

SISTIM PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN *WINDLASS*
DI *ACCOMODATION WORK BARGE FIORE 270 I*



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

STEPANUS

NIS: 25.09.102.030

AHLI TEKNIK TINGKAT I

PROGRAM DIKLAT PELAUT TINGKAT I
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASAR

2025

PERYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : STEPANUS

Nomor Induk Siswa : 25.09.102.030

Program Pelatihan : Ahli Teknik Tingkat I

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

SISTIM PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN *WINDLASS* DI
ACOMODATION WORK BARGE FIORE 270 I

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, 21 November 2025



STEPANUS

PERSETUJUAN SEMINAR
KARYA ILMIAH TERAPAN

Judul : SISTIM PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN
WINDLASS DI ACOMODATION WORK BARGE
FIORE 270 I
NAMA PASIS : STEPANUS
NOMOR INDUK SISWA : 25.09.102.030
PROGRAM DIKLAT : AHLI TEKNIK TINGKAT I

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan.

Makassar, 21 November 2025

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II



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

Ir. AKHMAD HARAHAHAP S. Si. T. M. T. M. Mar. E

Mengetahui:
Manager Diklat Teknis
Peningkatan dan Penjenjangan



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

SISTIM PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN *WINDLASS*
DI *ACCOMODATION WORK BARGE FIORE 270 I*

Disusun dan Diajukan Oleh:

STEPANUS
25.09.102.030
AHLI TEKNIK TINGKAT I

Telah di pertahankan di depan panitia Ujian KIT
Pada tanggal, 21 November 2025

Pembimbing I



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

Menyetujui:

Pembimbing II



Ir. AKHMAD HARAHA P. S. Si. T., M. T., M. Mar. E.

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 Karya Ilmiah Terapan (KIT) ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan bagi Perwira Siswa Jurusan Ahli Teknik Tingkat 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 Pembimbing I Penulisan KIT sekaligus Manager Diklat Teknis Peningkatan dan Penjenjangan Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
3. Ir. Akhmad Harahap S.Si.T., M.T., M.Mar.E selaku pembimbing II penulisan KIT Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
4. 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.
5. Rekan-rekan Pasis Angkatan XLVII Tahun 2025
6. 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, 21 November 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Stephanus', written in a cursive style.

STEPANUS

ABSTRAK

STEPANUS, 2025 SISTIM PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN WINDLASS DI ACCOMODATION WORK BARGE FIORE 270 I DI BIMBING OLEH SUYUTI DAN AKHMAD HARAHAHAP

Permasalahan kegagalan sistem *Hidrolik Windlass* pada *Accommodation Work Barge Fiore 270 I* di perairan Balongan, Indramayu mengakibatkan penurunan tekanan hidrolik yang signifikan selama proses pengangkatan jangkar. Analisis awal mengidentifikasi kerusakan *O-Ring* pada sambungan pipa hidrolik sebagai akar permasalahan utama, yang disebabkan oleh kombinasi faktor teknis dan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab kegagalan sistem, mengevaluasi dampak operasional yang ditimbulkan, serta merumuskan langkah perbaikan dan pencegahan yang komprehensif untuk meningkatkan keandalan sistem *windlass*.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap sistem *Hidrolik Windlass*, wawancara terstruktur dengan dua narasumber kunci yang terlibat langsung dalam operasi dan perawatan sistem, serta studi literatur terhadap regulasi internasional dan standar klasifikasi terkait. Metode analisis data menggunakan pendekatan kualitatif dengan verifikasi silang melalui pemeriksaan dokumen perawatan dan hasil inspeksi teknis. Instrumen penelitian meliputi peralatan ukur teknis yang terkalibrasi dan panduan observasi yang telah divalidasi.

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa kerusakan *O-Ring* disebabkan oleh beberapa faktor fundamental termasuk ketidaksesuaian material dengan lingkungan operasional, prosedur perakitan yang tidak tepat, serta kondisi beban dinamis yang melebihi kapasitas desain. Temuan penelitian menghasilkan rekomendasi perbaikan menyeluruh yang mencakup aspek teknis, manajemen perawatan, dan peningkatan kompetensi awak kapal untuk mencegah terulangnya insiden serupa di masa depan.

Kata Kunci: Sistem *Hidrolik Windlass*, Kerusakan *O-Ring*, *Preventive Maintenance*

ABSTRACT

STEPANUS, 2025 *WINDLASS OPERATION AND MAINTENANCE SYSTEM IN THE ACCOMMODATION WORK BARGE FIORE 270 I* GUIDED BY SUYUTI AND AKHMAD HARAHAP

The hydraulic *windlass system* failure incident on *Accommodation Work Barge Fiore 270 I* in Balongan waters, Indramayu resulted in a significant hydraulic *pressure* drop during the anchor lifting process. Preliminary *analysis* identified *O-Ring* damage in the hydraulic pipe connections as the main root cause, triggered by a combination of technical and operational factors. This study aims to analyze the causal factors of *system* failure, evaluate the resulting operational impacts, and *formulate comprehensive* corrective and *preventive* measures to enhance *windlass system reliability*.

Data collection was conducted through direct observation of the hydraulic *windlass system*, structured interviews with two key *informants* directly involved in *system* operation and *maintenance*, and literature study of international regulations and relevant *Classification* standards. *Data analysis* method employed a qualitative approach with cross-verification through examination of *maintenance* documentation and technical *inspection* results. Research instruments included calibrated technical measuring equipment and validated observation guidelines.

The research results revealed that *O-Ring* damage was caused by several fundamental factors including material incompatibility with the operational environment, improper assembly procedures, and dynamic load conditions exceeding *design* capacity. The research findings produced *comprehensive* repair recommendations covering technical aspects, *maintenance* management, and improvement of *crew* competency to prevent recurrence of similar incidents in the future.

Keywords: Hydraulic *Windlass System*, *O-Ring* Damage, *Preventive Maintenance*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Hipotesis	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Hidrolik <i>Windlass</i>	6
B. Faktor Manusia	16
C. Faktor Organisasi Diatas Kapal	19
D. Pekerjaan dan Lingkungan Kerja	22
E. Faktor Kapal	25
F. Faktor Manajemen Perusahaan	27
G. Faktor Luar Kapal	28
BAB III METODE PENGAMBILAN DATA	
A. Observasi/Pengamatan	30
B. Interview/Wawancara	30
C. Studi Pustaka	31
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
A. Lokasi Kejadian	32
B. Situasi dan Kondisi	32
C. Temuan	36
D. Urutan Kejadian	46
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	48
B. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	51
RIWAYAT HIDUP	58

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Keadaan Normal	35
Tabel 4.2 Kondisi Kerusakan	35
Tabel 4.3 Setelah Perbaikan	36
Tabel 4.4 Kronologi Kejadian	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem <i>Hidrolik Windlass</i>	7
Gambar 2.2 Pompa Hidrolik	14
Gambar 2.3 <i>Actuator</i> Hidrolik	15
Gambar 2.4 Katup Kontrol	15
Gambar 2.5 Sistem Pipa, Selang, dan <i>Sealing</i>	16
Gambar 4.1 Kerusakan <i>Windlass</i>	41
Gambar 4.2 kerusakan O-ring putus pada sambungan pipa <i>hidrolik</i>	42
Gambar 4. 3 Pergantian <i>O-Ring</i>	44

DAFTAR SINGKATAN

AHTS	Anchor Handling Tug Supply vessel
APD	Alat Pelindung Diri
BKI	Biro Klasifikasi Indonesia
COSWP	Code of Safe Working Practices for Merchant Seamen.
FKM	Fluoroelastomer
GPS	Global Positioning System
HNBR	Hydrogenated Nitrile Butadiene Rubber
ICS	International Chamber of Shipping
ILO	<i>International Labour Organization</i>
ISM	<i>Code International Safety Management Code</i>
JIC	Joint Industry Council
kN	<i>kilonewton</i>
LOTO	<i>Lockout-Tagout</i>
MEG	Mooring Equipment Guidelines
MLC	<i>Maritime Labour Convention</i>
NAS	National Aerospace Standard
NBR	Nitril Butadiene Rubber
OCIMF	Oil Companies International Marine Forum
OEM	<i>Original Equipment Maintenance Manual</i>
ORS	O-Ring Face Seal
PM	Peraturan Menteri
SOLAS	Safety of Life at Sea
STCW	<i>Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers</i>
tonf	metric tons of <i>force</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pengoperasian dan perawatan *windlass* merupakan komponen kritis pada sebuah *Accommodation Work Barge* seperti Fiore 270 I. *Windlass* berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan jangkar, yang sangat vital untuk menahan posisi kapal di perairan. Kelancaran operasi ini bergantung pada sistem hidrolik yang mendorongnya. Sistem hidrolik ini harus menjaga tekanan yang stabil agar tenaga yang dihasilkan cukup untuk mengangkat beban jangkar dan rantainya. Kerusakan pada sistem ini, sekecil apapun, dapat langsung mengganggu kinerja *windlass*. Oleh karena itu, pemantauan dan perawatan yang ketat sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya malfungsi yang dapat menghentikan operasi.

Dalam konteks regulasi, semua sistem dan peralatan di kapal, termasuk *windlass*, harus mematuhi standar internasional yang ketat. Secara spesifik, SOLAS (Safety of Life at Sea) Chapter II-1, Regulasi 3, mewajibkan semua peralatan yang *essential* bagi keselamatan kapal untuk selalu dalam kondisi berfungsi dengan baik. Selain itu, klasifikasi seperti Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) memiliki aturan tersendiri, misalnya dalam *Rules for Classification and Construction, Volume II 'Ship Technology', Part 1 'Seagoing Ships', Chapter 14* yang mengatur instalasi kemudi dan *deck machinery*. Aturan-aturan ini menekankan pentingnya inspeksi berkala dan perawatan untuk mencegah kegagalan operasional yang dapat membahayakan keselamatan kapal dan awaknya.

Pada bulan Juni 2025, *Accommodation Work Barge* Fiore 270 I mengalami gangguan operasional saat berlabuh di perairan Balongan, Indramayu. Kapal dalam posisi berlabuh dan bersiap untuk melakukan perpindahan lokasi. Sesuai dengan rencana, kru di *deck* mulai mengoperasikan *windlass* untuk mengangkat jangkar. Proses pengangkatan jangkar pun dimulai seperti biasa. Namun, di tengah proses tersebut, ketika jangkar telah terangkat sekitar 20 meter dari dasar laut, sebuah masalah teknis mulai terlihat.

Saat proses pengangkatan jangkar berlangsung, seorang awak *deck* melihat adanya cairan yang merembes di sekitar area *windlass*. Setelah diamati lebih dekat, teridentifikasi bahwa cairan tersebut adalah oli hidrolik. Sumber rembesan tersebut berasal dari sambungan pipa hidrolik yang terhubung ke unit *windlass*. Oli hidrolik tersebut tidak mengucur deras, tetapi menetes secara konsisten, mengindikasikan adanya kebocoran pada segel atau komponen di dalam sambungan tersebut.

Bocornya oli hidrolik ini langsung berdampak pada kinerja sistem. Tekanan hidrolik yang semestinya stabil pada angka 120 - 160 bar untuk operasi normal, mulai mengalami penurunan. Tekanan tersebut terus merosot hingga mencapai level 100 bar. Penurunan tekanan ini menyebabkan tenaga yang dihasilkan sistem hidrolik untuk memutar *windlass* menjadi tidak maksimal. Akibatnya, proses pengangkatan jangkar yang seharusnya lancar menjadi tersendat dan tidak optimal karena tenaga angkat yang berkurang.

Setelah kejadian, dilakukan pemeriksaan mendalam untuk menemukan akar permasalahannya. Pemeriksaan difokuskan pada sambungan pipa hidrolik tempat terjadinya rembesan. Dari hasil pemeriksaan, ditemukan bahwa *O-Ring* yang berfungsi sebagai *seal* atau pencegah kebocoran pada sambungan pipa tersebut telah putus. Kerusakan pada *O-Ring* ini menyebabkan celah bagi oli hidrolik bertekanan untuk keluar. Selain itu, tekanan *gauge* yang terpasang juga menunjukkan tanda-tanda kerusakan dengan adanya oli yang menetes dari bodinya, meskipun kebocoran utama tetap berada pada sambungan pipa.

Kronologi kegagalan ini bermula dari kondisi *O-Ring* yang sudah tidak elastis atau terkikis, yang akhirnya putus saat sistem hidrolik diberi tekanan selama pengoperasian *windlass*. Begitu *O-Ring* putus, oli hidrolik langsung merembes keluar dari sambungan pipa. Kebocoran ini menyebabkan volume dan tekanan oli dalam sistem terus berkurang. Penurunan tekanan inilah yang pada akhirnya membuat *windlass* kehilangan tenaga untuk mengangkat jangkar secara optimal, sehingga proses pengangkatan terhambat. Berdasarkan pengalaman di atas, penulis tertarik untuk mengangkat masalah tersebut dan menuangkannya dalam

bentuk Karya Ilmiah Terapan (KIT) dengan judul "SISTIM PENGOPERASIAN DAN PERAWATAN *WINDLASS* DI *ACCOMODATION WORK BARGE FIORE 270 I*"

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan analisis insiden kegagalan pengoperasian *windlass* akibat kebocoran oli hidrolik di *Accommodation Work Barge Fiore 270 I*, dapat dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Apa faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan dan kegagalan *O-Ring* pada sambungan pipa *Hidrolik Windlass* yang berujung pada kebocoran dan penurunan tekanan *system Accommodation Work Barge Fiore 270 I*?
2. Apa dampak yang ditimbulkan dari penurunan tekanan hidrolik terhadap kelancaran operasional *barge Accommodation Work Barge Fiore 270 I*?
3. Upaya perbaikan dan langkah pencegahan seperti apa yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah kebocoran oli hidrolik dan kerusakan *O-Ring* yang sering terjadi pada sistem *windlass Accommodation Work Barge Fiore 270 I*?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, penelitian ini akan membatasi analisis pada bulan Juni 2025, *Accommodation Work Barge Fiore 270 I* mengalami gangguan operasional yang kritis di perairan Balongan, Indramayu, ketika sistem *windlass* mengalami kegagalan fungsi saat proses pengangkatan jangkar akibat munculnya rembesan oli hidrolik pada sambungan pipa, yang menyebabkan penurunan tekanan sistem secara signifikan dari 160 bar menjadi 100 bar dan mengakibatkan kinerja pengangkatan jangkar tidak optimal.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini Penelitian ini bertujuan

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan dan kegagalan *O-Ring* pada sambungan pipa *Hidrolik Windlass* yang berujung pada kebocoran dan penurunan tekanan sistem
2. Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari penurunan tekanan hidrolik terhadap kelancaran operasional *barge*
3. Untuk mengetahui Upaya perbaikan dan langkah pencegahan seperti apa yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah kebocoran oli hidrolik dan kerusakan *O-Ring* yang sering terjadi pada sistem *windlass*

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini adalah:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu di bidang teknik kelautan dan sistem permesinan kapal, khususnya dalam kajian sistem hidrolik pada peralatan deck *machinery*.
 - b. Menjadi referensi ilmiah dalam menganalisis penyebab kegagalan *O-Ring* dan kebocoran sistem hidrolik pada *windlass* berdasarkan pendekatan teknis dan standar perawatan kapal.
 - c. Memperkaya literatur akademik mengenai pola kerusakan berulang pada sistem hidrolik kapal kerja dan hubungan antara spesifikasi material dengan *performa* operasional.
 - d. Dapat dijadikan dasar teoritis bagi penelitian lanjutan terkait peningkatan keandalan dan umur pakai komponen pada sistem hidrolik kapal.
2. Manfaat Praktis
 - a. Menjadi pedoman bagi operator dan teknisi kapal dalam melakukan pemeriksaan, penggantian, dan perawatan preventif pada sistem *windlass* sesuai rekomendasi pabrikan.
 - b. Membantu perusahaan pelayaran menyusun prosedur perawatan

yang lebih sistematis dan terukur untuk mencegah kebocoran serta kerusakan komponen hidrolik.

- c. Mengurangi downtime operasional akibat kerusakan mendadak melalui penerapan jadwal perawatan berbasis jam kerja (*Running Hours*).
- d. Meningkatkan keselamatan kerja awak kapal selama proses penjangkaran dan operasi di deck melalui penerapan sistem kerja yang lebih aman dan terencana.

F. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, penulis mengambil hipotesis diduga

1. Faktor Penyebab kerusakan pada *windlass*:
 - a. *O-Ring* terbuat dari material yang tidak cocok dengan jenis oli hidrolik sehingga mudah retak dan bocor.
 - b. Komponen Tidak Sesuai *Part number* Komponen pengganti tidak sesuai dengan spesifikasi asli pabrikan sehingga menimbulkan ketidaktepatan kerja sistem.
 - c. *Running Hours* melebihi batas *Manual Book Windlass*.
2. Dampak yang ditimbulkan dari penurunan tekanan hidrolik dapat menghambat kelancaran operasional barge *Accommodation Work Barge Fiore 270 I* sehingga pekerjaan tidak maksimal, beroperasi melebihi jam kerja yang ditetapkan tanpa perawatan berkala, menyebabkan keausan dan penurunan kinerja.
3. Pelaksanaan perawatan sesuai manual book dapat menjadi solusi dan langkah pencegahan untuk mengatasi masalah kebocoran oli hidrolik dan kerusakan *O-Ring* yang sering terjadi pada sistem *windlass Accommodation Work Barge Fiore 270 I*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hidrolik *Windlass*

1. Sistem *Hidrolik Windlass* di Kapal

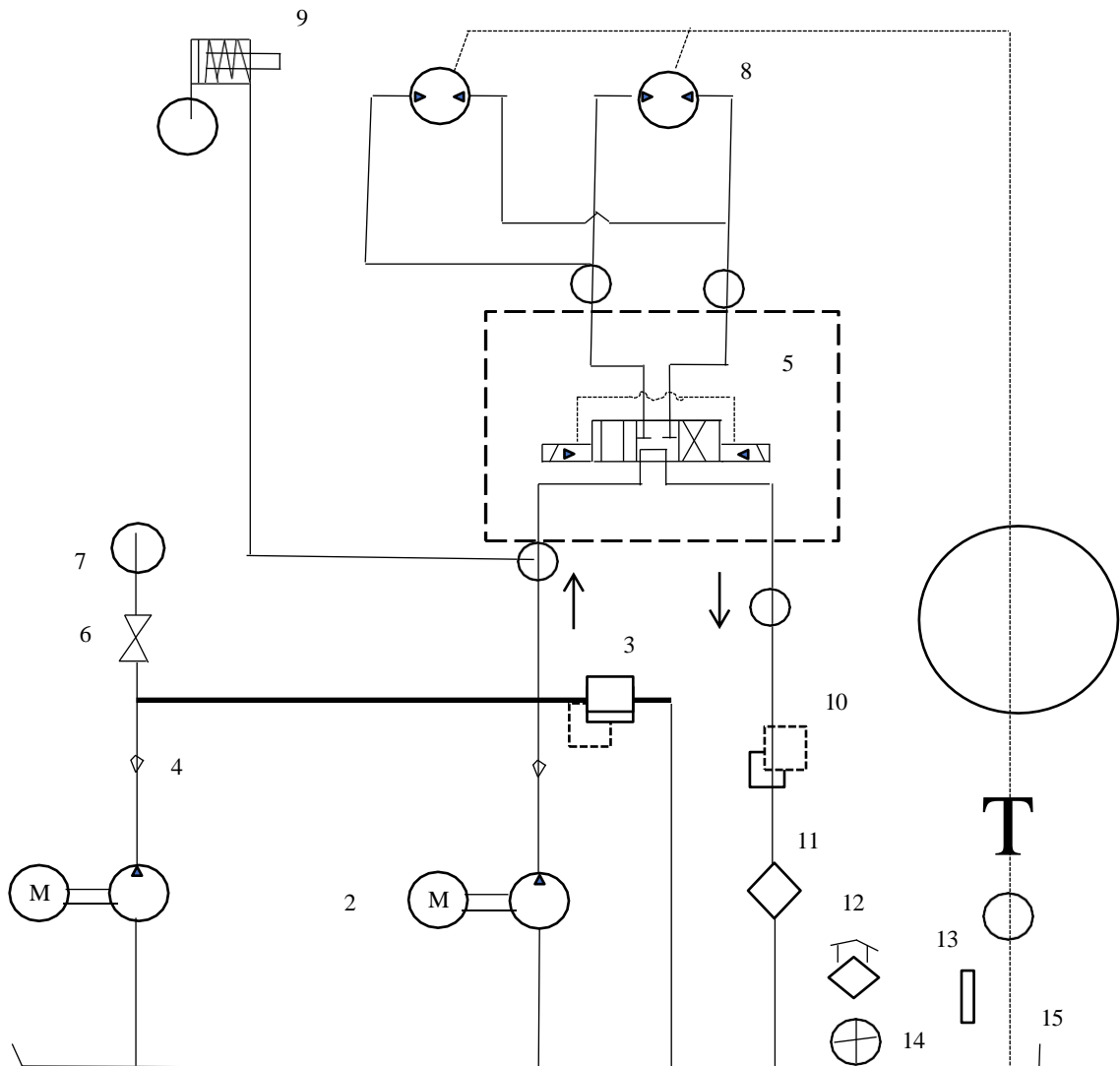
Sistem *Hidrolik Windlass* merupakan sistem vital yang berfungsi sebagai tenaga penggerak utama untuk operasi penjangkaran kapal. Sistem ini terdiri dari *power unit*, *Actuator* hidrolik, *control valve*, jaringan pipa dan selang, serta tangki *reservoir* yang saling terhubung. *power unit* berperan sebagai jantung sistem yang menghasilkan tekanan hidrolik, sementara *Actuator* berfungsi mengubah energi hidrolik menjadi gerakan mekanis untuk mengangkat dan menurunkan jangkar.

Menurut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) (2021), standar klasifikasi kapal, sistem *Hidrolik Windlass* harus mampu menjaga stabilitas tekanan dengan fluktuasi tidak lebih dari ± 0.5 bar dari set point yang ditentukan. Efisiensi sistem harus dipertahankan di atas 90% melalui pemeliharaan rutin dan *monitoring* berkala. *Performa* sistem sangat bergantung pada kondisi *sealing*, kualitas oli hidrolik, dan ketepatan perawatan yang dilakukan.

Fungsi Utama Sistem *Hidrolik Windlass*:

- a. Menyediakan tenaga yang terkendali untuk operasi pengangkatan dan penurunan jangkar
- b. Memastikan keselamatan operasi penjangkaran melalui pengaturan tekanan yang presisi
- c. Menjaga keandalan sistem dalam berbagai kondisi operasional dan lingkungan
- d. Mengoptimalkan umur pakai komponen melalui sistem pelumasan yang terintegrasi

Gambar 2.1 Sistem Hidrolik Windlass



Keterangan:

1. Sambungan Pipa atau titik uji tekanan
2. Pompa hidrolik motor listrik
3. Filter oli hidrolik
4. Directional control valve
5. Katup kontrol arah (control valve)
6. Check valve
7. Sambungan pipa/jalur aliran
8. Pressure gauge
9. Cylinder hidrolik
10. Flow control valve
11. Pressure relief valve
12. Pressure gauge
13. Check valve
14. Return valve
15. Reservoir tank

Sumber : *Manual Book Accommodation Work Barge Fiore 270 I*

2. Macam-macam windlass

Windlass / mesin jangkar adalah merupakan suatu sistem mesin derek jangkar yang dipasang dikapal guna keperluan mengangkat dan mengulur jangkar dan rantai jangkar melalui tabung jangkar / *hawse pipe* (Yudistira, 2014). Kegunaan utama dari *windlass* adalah sebagai penghubung atau penarik tali / rantai jangkar. *Windlass* mempunyai kemampuan untuk mengangkat jangkar pada kedalaman 30-60 meters. Menurut (Soejanto, 1991) Secara umum *windlass* dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

a. *Windlass* konstruksi vertikal

Vertikal windlass biasanya digunakan pada kapal angkutan laut. *Vertikal windlass* adalah *type windlass* yang mempunyai sumbu poros dari *wildcat* yang arahnya vertikal terhadap deck kapal. Biasanya motor penggerak dilengkapi gigi, rem dan permesinan lain yang letaknya dibawah *deck cuaca* dan hanya *wildcat* dan alat control saja yang berada diatas *deck cuaca*.

Hal itu memberikan keuntungan, yaitu terlindunginya permesinan dari cuaca. Keuntungan lainnya adalah mengurangi masalah dari *relative deck defleksi* dan menyerdehanakan instalasi dan pelurusan dari *windlass*. Untuk menggulung tali tambat / *warping*, sebuah *capstan* disambungkan pada poros utama diatas *windlass*. *Windlass* vertikal mempunyai fleksibilitas yang tinggi dalam menarik jangkar dan pengaturan *mooring*.

b. *Windlass* konstruksi horizontal

Horizontal windlass biasanya digunakan pada kapal-kapal komersial. *Horizonyal windlass* merupakan *type windlass* yang mempunyai poros (poros dari *wildcat*, *gearbox* utama, dan *gypsy head*) yang horizontal dengan deck kapal. *Windlass* horizontal digerakkan oleh motor hidrolis dan motor listrik ataupun oleh mesin uap. *Windlass* jenis ini lebih murah dalam pemasangannya tapi dibutuhkan perawatan yang lebih sulit karena permesinannya yang berada diatas deck dan terkena langsung dengan udara luar

dan gelombang.

Berdasarkan alat penggeraknya, menurut wahyudin, 2011 *windlass* vertikal maupun horizontal terbagi menjadi beberapa 5 jenis penggerak diantaranya sebagai berikut :

a. *Electro hydraulic drive*

Merupakan gabungan dari *electric system* dan *hydraulic system*, yang mana di dalamnya terdapat beberapa bagian antara lain :

- 1) *Electric motor*
- 2) *Windlass speed*
- 3) *Hydraulic motor*
- 4) *Expansion and replenishment tank*
- 5) *Pressure relief valve*
- 6) *Hydraulic power unit.*

Windlass yang digunakan di atas kapal yaitu tipe 150KN dengan sistem electro hydraulic drive, adalah *anchor handling equipment* yang berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan jangkar kapal. Nilai 150 kN (*kilonewton*) menunjukkan kapasitas tarikan maksimum atau *pulling force windlass*, yang setara dengan sekitar 15 tonf (*metric tons of force*). *Windlass* ini umumnya digerakkan oleh sistem hidrolik dan dikendalikan dari *anchor control station* di *forecastle deck*.

1) Sistem Kerja *Windlass* 150KN

Windlass 150KN bekerja berdasarkan prinsip sistem hidrolik tertutup, di mana energi tekanan fluida digunakan untuk menghasilkan gaya putar pada *gypsy* (roda rantai jangkar). Proses kerja sistem ini terdiri dari beberapa tahap utama, mulai dari pengaliran fluida, pengaturan tekanan, hingga penggerakan mekanis pada *windlass drum*.

a) Tahap Awal – Penyediaan Tekanan Hidrolik

Operasi dimulai saat *hydraulic pump* pada *Hydraulic Power Unit (HPU)* diaktifkan. Pompa ini mengisap oli dari *oil reservoir* dan menekan fluida melalui *pressure line* hingga

mencapai tekanan kerja normal sekitar 160–180 bar.

Fluida kemudian melewati *filter unit* untuk memastikan kebersihan dan mencegah kerusakan pada komponen halus seperti *control valve* dan *hydraulic motor*. Tekanan sistem diawasi oleh *pressure gauge* yang terpasang di panel kontrol.

b) Tahap Pengaliran – Pengaturan Arah Fluida

Arah aliran oli dikendalikan oleh *Directional control valve*:

- (1) Saat operator memindahkan tuas ke posisi *heaving in*, fluida dialirkan menuju sisi input *hydraulic motor* dengan arah putaran untuk menaikkan rantai.
- (2) Sebaliknya, ketika tuas digeser ke posisi *paying out*, arah aliran dibalik sehingga *motor* berputar ke arah sebaliknya untuk menurunkan jangkar.

c) Tahap Penggerakan – Konversi Energi Tekanan ke Gerak Mekanik

Tekanan fluida yang masuk ke *hydraulic motor* dikonversi menjadi energi mekanik berupa putaran poros (*shaft rotation*). Putaran ini kemudian diteruskan ke *reduction Gearbox* untuk menurunkan kecepatan dan meningkatkan torsi sesuai kapasitas tarik 150 kN.

Tenaga putar dari *Gearbox* diteruskan ke *gypsy drum*, yang berfungsi menarik atau melepas rantai jangkar. Pada tahap ini, operator dapat mengamati pergerakan rantai secara langsung dari *forecastle deck* sambil memantau tekanan di panel.

d) Tahap Penguncian – Sistem Rem dan Clutch

Selama operasi, sistem *clutch mekanisme* dan *brake system* berperan penting:

- (1) *Clutch* berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan tenaga antara *hydraulic motor* dan *drum jangkar*. Jika *clutch* dilepas, maka *drum jangkar* tidak akan berputar karena tidak mendapat tenaga dari motor *hidrolik*.
- (2) *Brake system* (baik manual maupun hidrolik) digunakan untuk menahan rantai jangkar agar tetap diam. Saat

operasi dihentikan, *brake* dikencangkan agar jangkar tidak bergerak akibat beban atau arus laut.

e) Tahap Keamanan – Pengendalian Tekanan dan Proteksi Sistem

Untuk menjaga sistem tetap aman:

- (1) *Relief valve* akan membuka otomatis bila tekanan melebihi batas maksimum, mencegah kerusakan pada *hydraulic line*.
- (2) *Check valve* memastikan arah aliran tidak berbalik saat motor berhenti mendadak.
- (3) *Emergency stop valve* disediakan agar operator dapat segera menghentikan aliran oli jika terjadi kebocoran atau gangguan pada sistem.

Setelah operasi selesai, tekanan dalam sistem dikembalikan ke posisi *neutral* untuk mencegah beban berlebih pada *hydraulic pump*.

2) Prinsip Kerja *Windlass* 150KN

a) Mode Penurunan (*Paying Out*):

- (1) Operator membuka *clutch* dan mengendurkan *brake* secara bertahap.
- (2) Fluida hidrolik dialirkan ke *hydraulic motor* dalam arah yang membuat *gypsy* berputar menurunkan rantai.
- (3) Kecepatan penurunan dikontrol dengan *Flow control valve* agar jangkar turun perlahan.
- (4) Saat jangkar mencapai dasar laut, *brake* dikunci untuk menghentikan putaran.

b) Mode Pengangkatan (*Heaving In*):

- (1) *Clutch* dihubungkan, dan tekanan hidrolik diarahkan berlawanan arah.
- (2) *Hydraulic motor* memutar *gypsy* untuk menarik rantai dan jangkar ke atas.
- (3) *Pressure gauge* menunjukkan beban sistem, biasanya di kisaran 140–160 bar.

Saat jangkar mendekati *hawse pipe*, operator

memperlambat kecepatan dan mengaktifkan *brake system*.

b. *Electric Drive*

Electric drive System, *Electric drive* lebih sederhana dari pada *Electro Hydraulic Drive*, karena pada sistem ini *windlass* langsung digerakkan dengan menggunakan motor listrik yang tentunya terlebih dahulu dihubungkan dengan *reducer gear box*.

c. *Engine drive*

Pada *engine drive* sistem *windlass* digerakkan oleh *engine drive*. Keuntungan dari *engine drive* ini tidak tergantung pada kelistrikan yang ada pada kapal. Meskipun *auxiliary engine supply electric* pada kapal *off*, *windlass* tetap bisa dioperasikan.

d. *Steam drive system*

Steam drive system biasanya digunakan pada kapal-kapal jaman dahulu, terutama kapal besar. Pada *steam drive speed* ini sangat mudah di atur karena menggunakan *valve* pengatur steam yang masuk ke dalam piston, sebagai penggerak mekanisme *windlass*. *Steam drive* ini memerlukan sistem tambahan yaitu *boiler* sebagai penghasil steam sebagai fluida penggerak piston. *Steam drive* memerlukan *space* yang lebih luas, sehingga sudah jarang dipakai untuk kapal-kapal baru.

e. *Hand drive*

Pada sistem *hand drive* biasanya digunakan pada kapal-kapal kecil / boat, yang mana beban dari jangkar bisa di *handle* hanya dengan kekuatan tangan. Untuk kapal yang berukuran dibawah 200 GRT dapat menggunakan mesin derek manual, yang digerakkan dengan tangan. Jenis tenaga penggerak memiliki keuntungan yang berbeda, misalnya sistem uap memiliki kemampuan yang besar dan terhindar dari bahaya tegangan pendek, namun kapal harus memiliki ketel uap, biasanya untuk kapal besar sejenis tanker. Tenaga hidrolik sangat sensitif dan tidak memerlukan unit yang besar, namun instalasi pipa hidroliknya harus terlindungi untuk menghindari kerusakan dan

kebocoran, karena memiliki tekanan yang sangat besar maka apabila bocor sangat berbahaya.

Untuk mesin jangkar dengan tenaga motor listrik, biasanya digunakan untuk kapal berukuran menengah, sistem ini banyak disukai oleh pemilik kapal - kapal pesiar karena bersih. Namun kapal harus memiliki pembangkit listrik khusus (*Generator Khusus*) untuk penggerak mesin jangkar (harus dipisahkan dengan instalasi listrik lain). Tenaga penggerak tersebut dengan melalui poros cacing (*Worm Gear*) akan menggerakkan poros utama mesin jangkar, selain itu pada mesin jangkar dilengkapi sistem kopling untuk melepas dan mengaktifkan kerja tenaga penggerak dengan poros utama.

Mesin jangkar harus ditempatkan pada posisi digeladak haluan kapal sehingga memudahkan pengoperasian penurunan dan penaikan jangkar. Pada pemasangan mesin *jangkar* di geladak kapal, plat geladak didaerah pondasi mesin jangkar harus diperkuat dengan penebalan plat serta konstruksi pondasi yang kuat. Mesin jangkar harus dilengkapi dengan sistem rem, untuk memperlambat putaran poros dan memberhentikan penurunan rantai jangkar dan jangkar.

3. Pendukung Sistem Hidrolik 150KN

Sistem hidrolik *Windlass 150KN* bekerja dengan sirkuit tertutup yang mencakup:

- a) *Hydraulic Pump* – Menghasilkan tekanan hingga ± 180 bar.
- b) *Oil Reservoir* – Menyimpan oli hidrolik (biasanya tipe *ISO VG 46*).
- c) *Filter Unit* – Menyaring *partikel* agar tidak menyumbat sistem.
- d) *Relief Valve* – Melindungi sistem dari tekanan berlebih.
- e) *Directional Valve* – Mengatur arah aliran fluida untuk *heaving* atau *paying out*.
- f) *Pressure Control dan Safety Valve* – Menjaga tekanan dalam batas aman.

4. Komponen Utama Sistem *Hidrolik Windlass*

a. Power Unit dan Pompa Hidrolik

Power unit merupakan sumber tenaga sistem yang terdiri

dari motor listrik/penggerak dan pompa hidrolik. Unit ini bertanggung jawab menghasilkan tekanan dan aliran oli yang diperlukan untuk mengoperasikan *windlass*.

Karakteristik *power Unit*:

- 1) Terdiri dari pompa piston aksial dengan efisiensi volumetrik tinggi
- 2) Dilengkapi dengan *pressure Relief control valve* untuk proteksi sistem
- 3) Memiliki sistem pendingin oli terintegrasi
- 4) Dirancang untuk tekanan kerja hingga 350 bar sesuai standar klasifikasi

Gambar 2.2 Pompa Hidrolik



Sumber : *Accommodation Work Barge Fiore 270 I*

b. *Actuator* Hidrolik dan Motor Hidrolik

Actuator hidrolik berfungsi mengubah energi tekanan hidrolik menjadi gerakan rotasi untuk memutar *gypsy wheel* dan *wildcat*. Motor hidrolik bertanggung jawab langsung terhadap penggerakan mekanisme *windlass*.

Karakteristik *Actuator*:

- 1) Menggunakan motor hidrolik torsi tinggi dengan efisiensi mekanis
- 2) Dilengkapi dengan *brake system* hidrolik yang terintegrasi
- 3) Memiliki *bearing* yang dirancang untuk beban *impact* dan *shock load*
- 4) Dibuat dari *material high-strength steel* dengan *heat treatment*

Gambar 2.3 *Actuator Hidrolik*

Sumber : *Accommodation Work Barge Fiore 270 I*

c. Sistem Kontrol dan Katup Hidrolik

Sistem kontrol berfungsi mengatur arah, tekanan, dan aliran oli hidrolik sesuai kebutuhan operasi. Katup-katup hidrolik memastikan sistem bekerja dengan aman dan terkendali.

Karakteristik Sistem Kontrol:

- 1) Menggunakan *Directional control valve* dengan *pilot operated system*
- 2) Dilengkapi dengan *pressure control valve* untuk pengaturan tekanan presisi
- 3) Memiliki *flow control valve* untuk kecepatan operasi yang stabil
- 4) Dirancang dengan *safety factor* 4:1 sesuai standar keselamatan

Gambar 2.4 Katup Kontrol



Sumber : *Accommodation Work Barge Fiore 270 I*

d. Sistem Pipa, Selang, dan *Sealing*

Jaringan perpipaan dan sistem *sealing* merupakan komponen kritis yang memastikan integritas sistem hidrolik. Sistem ini harus mampu menahan tekanan operasional tanpa kebocoran.

Karakteristik Sistem Pipa dan *Sealing*:

- 1) Menggunakan pipa steel seamless dengan rating tekanan sesuai standar
- 2) Dilengkapi dengan *fitting* tipe *flens* dengan *O-Ring seal*
- 3) Memiliki selang hidrolik fleksibel dengan *reinforcement wire braid*
- 4) Menggunakan *O-Ring* material khusus yang tahan tekanan dan temperatur tinggi

Gambar 2.5 Sistem Pipa, Selang, dan *Sealing*



Sumber : *Accommodation Work Barge Fiore 270 I*

B. Faktor Manusia

Pengetahuan yang dimaksud mencakup pemahaman mendalam mengenai komponen-komponen kritis sistem hidrolik, seperti spesifikasi teknis *O-Ring* yang benar (termasuk material dan ukuran), prosedur pengencangan sambungan pipa yang tepat untuk mencegah kerusakan *seal*, serta kemampuan untuk mengidentifikasi tanda-tanda awal keausan komponen sebelum berkembang menjadi kegagalan fungsi. Keterampilan praktis yang diperlukan meliputi teknik perakitan yang benar, kalibrasi *pressure gauge*, dan kemampuan melakukan *Troubleshooting* dasar ketika ditemukan anomaly pada tekanan sistem. Kurangnya kompetensi ini dapat menyebabkan kesalahan dalam pemasangan komponen atau ketidakmampuan mendeteksi potensi kegagalan sejak dini.

Regulasi internasional secara eksplisit menekankan pentingnya kualifikasi dan kompetensi awak kapal. Konvensi STCW (*Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers*) Manila

Amendments 2010, khususnya Tabel A-III/1, dengan jelas mensyaratkan bahwa *personel* yang bertugas di bidang teknik harus memiliki pengetahuan dan pemahaman mengenai perawatan dan perbaikan permesinan deck, termasuk peralatan bongkar muat seperti *windlass*. Pengetahuan ini harus mencakup sistem kontrol, sistem hidrolik, dan prosedur keselamatan operasional. Implementasi dari regulasi ini mengharuskan perusahaan untuk memastikan bahwa kru telah menerima pelatihan yang memadai dan tersertifikasi.

Lebih lanjut, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. PM 48 Tahun 2021 tentang Pengawakan Kapal Niaga, pada pasal yang mengatur tentang kualifikasi dan kompetensi awak kapal di bagian mesin, menegaskan kembali kewajiban memiliki sertifikat keahlian dan pelatihan yang sesuai dengan tugasnya. Peraturan ini merupakan turunan dari STCW yang bertujuan untuk memastikan tenaga kerja di kapal memiliki standar kompetensi yang diakui secara global. Kegagalan dalam memenuhi standar kompetensi ini dapat dianggap sebagai pelanggaran terhadap regulasi keselamatan pelayaran.

Keterampilan yang Harus Dimiliki Kru dalam Perawatan *Windlass* dan Sistem Hidrolik :

1. Keterampilan Inspeksi *Visual* dan Identifikasi Cacat
 - a. Mampu melakukan pemeriksaan *visual* menyeluruh pada seluruh komponen sistem *Hidrolik Windlass*, termasuk pipa, sambungan, selang, dan *seal*.
 - b. Terampil mengidentifikasi tanda-tanda awal keausan atau kerusakan pada *O-Ring*, seperti:
 - 1) *Swelling* (membengkak) akibat ketidakcocokan dengan fluida hidrolik.
 - 2) *Compression Set* (kehilangan elastisitas permanen).
 - 3) *Abrasion* (aus akibat gesekan).
 - 4) *Nicking* atau *Cutting* (lecet atau terpotong).
 - c. Dapat mengenali indikasi kebocoran minor, seperti noda oli atau debu yang menempel pada area basah, sebelum berkembang menjadi kebocoran signifikan.

2. Keterampilan Perakitan dan Pengencangan yang Presisi (*Torquing*)
 - a. Memahami dan mampu menerapkan prosedur pengencangan yang benar pada sambungan berulir (*threaded connections*) dan *flange*.
 - b. Terampil menggunakan alat ukur torsi (*torque wrench*) untuk mencapai nilai pengencangan yang sesuai dengan spesifikasi pabrikan, guna mencegah:
 - 1) *Under-Torquing*: Sambungan longgar yang menyebabkan kebocoran.
 - 2) *Over-Torquing*: Merusak ulir, menyebabkan distorsi pada *O-Ring*, atau bahkan memecahkan komponen.
 - c. Mampu memasang *O-Ring* dengan benar, memastikannya tidak terjepit, terpelintir (*twisted*), atau tergores selama proses perakitan.
3. Keterampilan Membaca dan Memahami Diagram Sistem serta Manual Teknis
 - a. Mampu membaca dan menginterpretasikan Diagram Sirkuit Hidrolik (*Hydraulic Circuit Diagram*) untuk memahami aliran kerja, komponen, dan hubungannya.
 - b. Terampil merujuk pada Manual Perawatan dari Pabrikan (*OEM Maintenance Manual*) untuk menemukan informasi kritis seperti:
 - 1) Spesifikasi teknis *O-Ring* (material, ukuran).
 - 2) Tipe dan viskositas oli hidrolik yang direkomendasikan.
 - 3) Nilai tekanan kerja normal dan maksimal.
 - 4) *Interval* dan prosedur perawatan yang ditetapkan.
4. Keterampilan menganalisa *Troubleshooting* Sistemik
 - a. Memiliki kemampuan untuk melacak akar penyebab suatu masalah secara sistematis, tidak hanya mengganti bagian yang rusak.
 - b. Mampu menganalisis penurunan tekanan hidrolik dengan memeriksa berbagai kemungkinan penyebab, mulai dari *reservoir* oli, pompa, katup pengatur, *Actuator*, hingga kebocoran pada berbagai titik sambungan.

- c. Dapat membedakan antara gejala yang disebabkan oleh kegagalan komponen mekanis, kontaminasi oli, atau masalah pada sistem kontrol.
5. Keterampilan menjalankan Prosedur Keselamatan Kerja (*Safety Practices*)
- a. Terlatih dalam *Lockout-Tagout* (LOTO) untuk mengisolasi energi (listrik dan hidrolik) pada *windlass* sebelum memulai pekerjaan perawatan atau perbaikan, guna mencegah kecelakaan *startup* yang tidak terduga.
 - b. Selalu menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang tepat, seperti sarung tangan dan pelindung mata, saat menangani oli hidrolik dan komponen *under pressure* untuk mencegah cedera.
 - c. Menyadari bahaya yang ditimbulkan dari oli hidrolik bertekanan tinggi, yang dapat menyusup ke dalam kulit (*injection injury*) atau menyebabkan kebakaran jika terkena permukaan panas.

C. Organisasi diatas kapal

Beban kerja yang berlebihan, dikombinasikan dengan pembagian jam kerja yang tidak memperhatikan waktu istirahat yang cukup, dapat menyebabkan kelelahan kronis pada awak kapal. Kelelahan ini berdampak langsung pada penurunan kognitif dan fisik, yang memengaruhi kemampuan seorang Engineer atau *Engine crew* untuk melaksanakan tugas perawatan dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Dalam konteks perawatan sistem *windlass* yang membutuhkan presisi, seperti pemasangan *O-Ring* dan pengencangan sambungan hidrolik, kelelahan dapat menyebabkan kesalahan prosedural yang tidak terdeteksi.

Regulasi internasional telah secara khusus mengatur hal ini untuk mencegah dampak buruk kelelahan. Konvensi *International Labour Organization (ILO) Maritime Labour Convention (MLC)*, 2006, sebagaimana telah diamendemen, menetapkan batasan ketat mengenai jam kerja dan jam istirahat minimum bagi pelaut. Secara spesifik, Peraturan 2.3 – Jam kerja dan jam istirahat, menyatakan bahwa jam kerja

tidak boleh melebihi 14 jam dalam periode 24 jam maupun 72 jam dalam 7 hari, dan pelaut harus memiliki periode istirahat minimum 10 jam dalam periode 24 jam (ILO, 2006: 35). Standar ini dirancang untuk memastikan bahwa awak kapal memiliki waktu pemulihan yang cukup untuk menjaga kewaspadaan operasional.

Di tingkat nasional, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. PM 40 Tahun 2022 tentang Pengawakan Kapal Niaga, pada Bagian Kelima mengenai Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, mengadopsi dan memperkuat ketentuan MLC tersebut. Peraturan ini mewajibkan Nakhoda dan Perusahaan untuk memastikan pembagian jam kerja dan istirahat dipatuhi, serta mendokumentasikannya dalam Daftar Pembagian Waktu Kerja dan Waktu Istirahat. Jika dalam praktiknya terjadi pelampauan jam kerja yang sistematis tanpa kompensasi istirahat yang memadai, maka perusahaan telah melanggar regulasi keselamatan ini dan menciptakan kondisi organisasi yang berisiko tinggi.

Tugas Dan Tanggung Jawab Kru Terkait Perawatan *Windlass*

1. *Chief Engineer*

- a. Perencanaan dan Pengawasan: Bertanggung jawab penuh atas perencanaan, penjadwalan, dan pengawasan keseluruhan pelaksanaan perawatan sistem *windlass* dan permesinan *deck* lainnya. Tugasnya adalah memastikan semua pekerjaan perawatan dan perbaikan dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan oleh pabrikan (OEM) dan standar klasifikasi.
- b. Sumber Daya dan Analisis: Memastikan ketersediaan suku cadang, seperti *O-Ring* dan *seal* hidrolik yang sesuai spesifikasi, serta alat ukur yang terkalibrasi seperti *torque wrench*. Ia juga bertugas menganalisis laporan insiden, termasuk kegagalan berulang pada *O-Ring*, untuk mengidentifikasi akar penyebab sistemik dan mengambil tindakan korektif jangka panjang.
- c. Kepatuhan Regulasi: Bertanggung jawab memastikan bahwa semua aktivitas perawatan di ruang mesin dan sistem hidrolik mematuhi peraturan internasional (SOLAS, MARPOL) dan peraturan klasifikasi yang relevan.

2. Second Engineer

- a. Pelaksanaan Teknis: Memimpin pelaksanaan langsung pekerjaan perawatan dan perbaikan pada sistem *windlass*, termasuk pembongkaran, pemeriksaan, dan perakitan komponen hidrolik seperti pompa, katup, dan sambungan pipa.
- b. Supervisi dan Kualitas: Mensupervisi *Rating* yang membantu dalam pekerjaan, memastikan setiap tahapan perakitan - terutama pemasangan *O-Ring* dan pengencangan sambungan dengan torsi yang tepat - dilakukan dengan benar untuk mencegah kegagalan prematur.
- c. Diagnosa dan Pelaporan: Melakukan diagnosa awal terhadap masalah seperti penurunan tekanan hidrolik atau kebocoran oli. Kemudian, melaporkan temuan, analisis, dan kebutuhan suku cadang kepada *Chief Engineer* untuk tindakan lebih lanjut.

3. Oiler / Juru Minyak (Rating yang Membantu)

- a. Bantuan dan Inspeksi Rutin: Membantu *Second Engineer* dalam pekerjaan perawatan, seperti membersihkan komponen, mengangkat alat, dan mengganti oli hidrolik. Melakukan inspeksi *visual* rutin harian atau mingguan untuk mendeteksi tanda-tanda awal kebocoran oli, kerusakan selang, atau kelonggaran sambungan mekanis pada *windlass*.
- b. *Housekeeping* dan Pemantauan: Memastikan area sekitar *windlass* dan sistem hidrolik bersih dari oli tumpah dan kotoran. Memantau level dan kondisi oli hidrolik di tangki *reservoir* serta melaporkan setiap keanehan kepada *Second Engineer*.

4. Chief Officer / Mualim I

- a. Koordinasi dan Komunikasi: Sebagai penanggung jawab operasional di deck, bertugas melakukan koordinasi dengan *Chief Engineer* mengenai jadwal perawatan dan kondisi teknis *windlass*. Melaporkan setiap gangguan kinerja atau anomaly yang diamati selama operasi penjangkaran (seperti suara tidak normal atau gerakan yang tersendat) kepada pihak mesin secara tertulis dan lisan.

- b. Operasi dan Pelaporan: Memastikan *windlass* dioperasikan sesuai prosedur yang benar oleh *Boatswain* dan ABK *deck* untuk menghindari *shock load* dan beban berlebihan yang dapat mempercepat kerusakan komponen. Bertanggung jawab mendokumentasikan setiap insiden operasional di *Deck Logbook*.

5. *Boatswain* / Mandor Kapal

- a. Operasional Harian: Memimpin ABK *deck* dalam operasi harian penurunan dan pengangkatan jangkar. Bertanggung jawab memastikan bahwa prosedur operasi standar (SOP) untuk penggunaan *windlass* diikuti dengan ketat.
- b. Inspeksi Mekanikal Deck: Melakukan inspeksi *visual* harian pada bagian mekanis *windlass* yang terlihat, seperti rantai jangkar, *gypsy*, dan rem. Melaporkan setiap kelainan, seperti suara bising, bau terbakar, atau kebocoran oli yang terlihat, kepada *Chief Officer* dengan segera.

6. *Able Bodied Seaman* (AB) / Kelasi Dek

- a. Pelaksana Operasi: Melaksanakan perintah *Boatswain* dalam mengoperasikan *windlass* selama kegiatan penjangkaran, dengan memantau prosesnya dan waspada terhadap indikasi masalah.
- b. Laporan Langsung: Bertindak sebagai "mata dan telinga" di lapangan. Jika mendeteksi kebocoran, suara tidak wajar, atau kinerja *windlass* yang lemah selama operasi, wajib melaporkannya segera kepada *Boatswain* atau *Chief Officer*.

D. Faktor Pekerjaan dan Lingkungan Kerja

Regulasi klasifikasi kapal secara jelas mengatur kewajiban terkait peralatan dan pemeliharaan. Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol. III mengenai Fasilitas Bangunan, pada bagian yang mengatur tentang *Deck Machinery*, menekankan pentingnya pemasangan, operasi, dan perawatan yang dilakukan sesuai dengan petunjuk pabrik pembuat. Petunjuk pabrik (*Original Equipment Manufacturer (OEM) manual*) hampir selalu mensyaratkan penggunaan alat yang tepat, termasuk torque wrench, untuk perakitan yang benar. Dengan demikian, ketiadaan alat yang disyaratkan oleh manual tersebut dapat diartikan sebagai kegagalan dalam mematuhi standar perawatan yang ditetapkan oleh badan

klasifikasi, yang merupakan bagian dari kewajiban statutory kapal.

Lebih lanjut, Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 41 Tahun 2022 tentang Pengawakan, Pendidikan dan Pelatihan, serta Sertifikasi Awak Kapal, pada bagian yang mengatur tentang kewajiban perusahaan, menyiratkan tanggung jawab untuk menyediakan sumber daya yang memadai bagi operasi kapal yang aman. Sumber daya ini tidak hanya terbatas pada manusia, tetapi juga mencakup peralatan pendukung yang diperlukan untuk melaksanakan tugas-tugas teknis, termasuk perawatan. Kegagalan perusahaan dalam menyediakan *torque wrench* atau alat spesifik lainnya yang diperlukan untuk perawatan *windlass* dapat dianggap sebagai bentuk pengabaian kewajiban penyediaan sarana keselamatan pelayaran.

Alat Yang Dibutuhkan Untuk Perawatan Sistem *Hidrolik Windlass*:

1. Alat Ukur Torsi Presisi (*Torque Wrench*)

- a. Fungsi: Untuk mencapai nilai pengencangan yang akurat pada baut, mur, dan sambungan berulir lainnya sesuai spesifikasi pabrikan.
- b. Spesifikasi: Harus memiliki rentang torsi yang sesuai dengan kebutuhan sambungan hidrolik (biasanya dalam satuan *Newton-meter/Nm* atau *Foot-pound/Ft-lb*) dan terkalibrasi secara berkala.
- c. Pentingnya: Mencegah *over-Torquing* yang dapat merusak ulir, mendistorsi *O-Ring*, atau memecahkan komponen, serta mencegah *under-Torquing* yang menyebabkan sambungan longgar dan kebocoran.

2. Kunci Pipa Hidrolik (*Hydraulic fitting Wrenches*)

- a. Fungsi: Khusus dirancang untuk membuka dan mengencangkan sambungan pipa hidrolik (seperti JIC, ORS, BSP) tanpa merusak permukaan *fitting*.
- b. Ciri: Memiliki rahang yang rata dan tidak meninggalkan bekas seperti kunci pas biasa. Tersedia dalam berbagai ukuran yang sesuai dengan diameter *fitting* di kapal.
- c. Pentingnya: Menjaga integritas permukaan sambungan hidrolik, mencegah kebocoran yang disebabkan oleh *fitting* yang cacat atau tergores.

3. Kit Perkakas *O-Ring* (*O-Ring Tool Kit*)
 - a. Pengait *O-Ring* (*O-Ring Pick*): Untuk melepas *O-Ring* yang lama dari alur (*groove*) dengan aman tanpa merusak dinding alur.
 - b. Penyisip *O-Ring*: Membantu memasang *O-Ring* baru ke dalam alurnya dengan benar, mencegah *O-Ring* terpelintir (*twisted*) atau tergulung.
 - c. Pentingnya: Memastikan *O-Ring* terpasang secara optimal di dalam alurnya, menciptakan *seal* yang rapat dan mencegah kerusakan selama pemasangan.
4. *Pressure Gauge* yang Terkalibrasi dan Alat Tes Tekanan
 - a. Fungsi: Untuk memonitor dan mengukur tekanan kerja aktual sistem hidrolik, memverifikasi kebenaran pembacaan *pressure gauge* utama yang terpasang.
 - b. Spesifikasi: Harus memiliki rentang tekanan yang sesuai (misalnya 0-10 bar untuk sistem bertekanan kerja 160 Bar) dan akurasi yang tinggi.
 - c. Pentingnya: Mendiagnosis masalah tekanan dengan akurat, membedakan antara kegagalan pompa, kebocoran, atau kerusakan pada *pressure gauge* utama.
5. *Cleaning Solvent* dan *Lint-Free Cloth*
 - a. Fungsi: Membersihkan alur *O-Ring*, sambungan, dan komponen hidrolik lainnya dari kotoran, debu, dan sisa oli lama sebelum pemasangan komponen baru.
 - b. Spesifikasi: Solvent yang tidak meninggalkan residu dan khusus untuk sistem hidrolik. Kain yang tidak meninggalkan serat (*lint-free*).
 - c. Pentingnya: Mencegah kontaminan masuk ke dalam sistem hidrolik yang dapat menyumbat katup atau merusak pompa, serta memastikan permukaan *seal* bersih untuk hasil terbaik.
6. *Flashlight/Headlamp* dan *Mirror Inspection*
 - a. Fungsi: Memberikan pencahayaan yang memadai dan melihat area yang sulit dijangkau (*blind spot*) pada sistem *windlass* yang padat.
 - b. Pentingnya: Membantu melakukan inspeksi *visual* yang lebih teliti untuk mendeteksi retak rambut, kebocoran kecil, atau tanda-tanda keausan yang sering terlewatkan.

7. *Hydraulic Hand Pump* (untuk kapal yang tidak memiliki sistem tes terpusat)

- a. Fungsi: Untuk memberikan tekanan hidrostatis pada sistem yang sedang diperbaiki guna menguji kebocoran setelah perbaikan atau penggantian *seal*, sebelum sistem dioperasikan penuh.
- b. Pentingnya: Memungkinkan testing kebocoran yang aman dan terkendali, mencegah terjadinya kebocoran besar dan pemborosan oli saat sistem dinyalakan.

E. Faktor Kapal

Perawatan pada sistem yang kompleks dan kritis seperti *windlass* tidak boleh bersifat reaktif, yaitu hanya dilakukan setelah terjadi kerusakan. Sistem hidrolik memerlukan pendekatan perawatan preventif dan prediktif yang terstruktur, yang mencakup inspeksi berkala, penggantian komponen berdasarkan jam operasi (*service hours*), dan *monitoring* kondisi (*condition monitoring*). Kegagalan dalam menerapkan program perawatan yang komprehensif akan menyebabkan deteksi dini terhadap keausan komponen seperti *O-Ring* terlewatkan, sehingga kegagalan fungsional di lapangan tidak dapat dihindari.

Regulasi secara eksplisit mewajibkan dilakukannya perawatan yang memadai. SOLAS Bab I, Regulasi 11, mewajibkan bahwa kapal dan peralatannya dirawat secara memadai untuk menjamin keselamatannya. Selain itu, *ISM Code (International Safety Management Code)* Bagian 10.1 mewajibkan perusahaan untuk menetapkan prosedur untuk inspeksi rutin terhadap peralatan kapal dan sistem yang *critical* bagi keselamatan. Kode ini menekankan pendekatan terencana dan terdokumentasi, di mana setiap temuan selama inspeksi harus dicatat dan ditindaklanjuti. Tidak adanya jadwal penggantian *O-Ring* yang proaktif atau catatan inspeksi hidrolik yang teratur dapat dianggap sebagai ketidakpatuhan terhadap persyaratan *ISM Code*. Program Perawatan Sistem *Hidrolik Windlass*:

1. Perawatan Rutin (Harian/Mingguan)

- a. Inspeksi *Visual* Kebocoran: Memeriksa seluruh sambungan pipa, selang, *fitting*, dan komponen hidrolik lainnya untuk mendeteksi tanda-tanda kebocoran oli, noda basah, atau akumulasi debu yang

menempel pada oli.

- b. Pemeriksaan Level dan Kondisi Oli: Mengecek level oli dalam *reservoir* dan memeriksa kontaminasi (warna, bau, adanya air) sesuai dengan interval yang ditetapkan pabrikan.
- c. Pemeriksaan Tekanan Kerja: Memantau tekanan sistem saat operasi normal dan membandingkannya dengan parameter standar.

2. Perawatan Berkala (Bulanan/Tahunan)

- a. Penggantian *O-Ring* dan *Seal* Berjadwal: Mengganti semua *O-Ring* dan *seal* pada sambungan hidrolik berdasarkan jam operasi (*service hours*) atau sesuai rekomendasi pabrikan, terlepas dari kondisi fisiknya.
- b. Kalibrasi Instrumen: Melakukan kalibrasi *pressure gauge*, *sensor* suhu, dan *torque wrench* secara berkala untuk memastikan akurasi pengukuran.
- c. Pembersihan Sistem: Membersihkan filter oli, saringan pernapasan (*breather*), dan mengganti oli hidrolik sesuai interval yang ditentukan.

3. Pemantauan Kondisi (*Condition monitoring*)

- a. Analisis Oli Berkala: Mengambil sampel oli hidrolik secara rutin untuk dianalisis di laboratorium guna mendeteksi kontaminasi, keausan logam, dan degradasi oli.
- b. Pemantauan Getaran: Memasang *vibration monitoring* pada pompa hidrolik dan motor untuk mendeteksi abnormalitas mekanis sejak dini.
- c. Pencatatan *Trend* Tekanan: Mencatat dan menganalisis data tekanan operasional untuk mengidentifikasi perubahan *trend* yang mengindikasikan masalah *developing*.

4. Prosedur Perakitan yang Tepat

- a. Pembersihan Sebelum Perakitan: Memastikan semua komponen dan area kerja bersih dari kotoran dan kontaminan sebelum perakitan.
- b. Penggunaan Tool Khusus: Menggunakan *torque wrench* yang terkalibrasi dan kunci *fitting* hidrolik yang tepat untuk semua pekerjaan perakitan.

- c. Pelumasan *O-Ring*: Melumasi *O-Ring* dengan oli hidrolik yang bersih sebelum pemasangan untuk mencegah kerusakan selama instalasi.

5. Dokumentasi dan Pelaporan

- a. Pencatatan Perawatan: Mendokumentasikan semua aktivitas perawatan, penggantian komponen, dan temuan inspeksi dalam *logbook* perawatan.
- b. Sistem Pelaporan Cepat: Membuat mekanisme pelaporan segera untuk setiap temuan *abnormal* atau kegagalan kecil sebelum berkembang menjadi masalah besar.
- c. Update Manual dan Spesifikasi: Memastikan manual teknis dan spesifikasi komponen (termasuk *part number O-Ring*) selalu tersedia dan mutakhir.

F. Faktor Manajemen Pelayaran

Kebijakan organisasi dalam konteks ini mencakup prosedur tertulis, standar operasional, dan alokasi anggaran yang jelas untuk program pemeliharaan preventif. Sebuah kebijakan yang lemah atau tidak diimplementasikan dengan konsisten akan menciptakan variasi dalam pelaksanaan perawatan di lapangan, dimana setiap kapal dalam armada mungkin menerapkan standar perawatan yang berbeda-beda. Kebijakan yang tidak memadai seringkali terlihat dari tidak adanya jadwal penggantian komponen kritis seperti *O-Ring* berdasarkan jam operasi, atau ketiadaan prosedur standar untuk inspeksi dan pengujian sistem hidrolik secara berkala.

Regulasi internasional secara tegas mewajibkan perusahaan untuk memiliki sistem manajemen yang terstruktur melalui *ISM Code (International Safety Management Code)*. *ISM Code* Bagian 10 mensyaratkan perusahaan untuk menetapkan prosedur untuk inspeksi rutin terhadap peralatan kapal, identifikasi kemungkinan situasi darurat, dan program pemeliharaan untuk kapal serta peralatannya. Lebih khusus, *ISM Code* Bagian 10.2 mewajibkan perusahaan untuk menetapkan langkah-langkah yang memastikan peralatan kapal dirawat sesuai dengan rekomendasi pabrikan, standar klasifikasi, dan peraturan nasional serta

internasional. Tidak adanya kebijakan organisasi yang jelas dan terdokumentasi mengenai perawatan sistem *windlass* dapat dianggap sebagai pelanggaran terhadap kewajiban ini.

Menurut Anderson dan Lee (2023: 145), efektivitas kebijakan organisasi dalam keselamatan maritim tidak hanya diukur dari kelengkapan dokumennya, tetapi juga dari konsistensi implementasi dan monitoringnya. Mereka berargumen bahwa kebijakan yang baik harus disertai dengan mekanisme audit internal yang teratur untuk memastikan bahwa prosedur di kapal dilaksanakan sesuai dengan yang telah ditetapkan. Tanpa mekanisme verifikasi ini, kebijakan hanya akan menjadi dokumen tanpa makna yang tidak memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan keselamatan.

G. Faktor Dari Luar Kapal

Regulasi internasional secara implisit mengakui pengaruh kondisi lingkungan melalui ketentuan dalam SOLAS (Safety of Life at Sea) dan konvensi IMO lainnya. SOLAS Bab V, Regulasi 30, mewajibkan kapten untuk mempertimbangkan segala informasi cuaca yang tersedia dalam perencanaan rute pelayaran dan operasi kapal. Meskipun tidak secara eksplisit menyebut perawatan peralatan, prinsip ini menekankan kewajiban untuk mengantisipasi dan menghadapi kondisi cuaca yang dapat membahayakan keselamatan kapal. Dalam konteks operasi work barge yang sering bekerja di lokasi tetap, kemampuan untuk memprediksi dan merespons perubahan kondisi cuaca menjadi sangat kritis untuk menentukan waktu yang aman dalam melakukan operasi penjangkaran.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam "*Rules for Classification and Construction*" mencantumkan persyaratan khusus untuk peralatan deck harus dirancang dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan operasional. BKI mensyaratkan bahwa semua peralatan deck, harus mampu menahan beban operasional maksimum yang mungkin terjadi dalam kondisi cuaca tertentu di area operasi. Namun, regulasi ini tidak secara detail mengatur bagaimana kondisi lingkungan yang fluktuatif dapat mempengaruhi program perawatan. Hal ini menciptakan celah

dimana perusahaan dan awak kapal harus memiliki kebijakan sendiri yang responsif terhadap kondisi operasional aktual.

Dampak dari kondisi cuaca yang buruk terhadap sistem *windlass* bersifat kumulatif dan progresif. Setiap kali kapal mengalami gerakan dinamis yang signifikan, sistem penjangkaran menerima beban kejutan (*shock load*) yang dapat melebihi kapasitas desain normal. Beban-beban ini ditransmisikan melalui rantai jangkar ke *windlass* dan akhirnya ke sistem hidroliknya. Fluktuasi tekanan yang tajam dan berulang dalam sistem hidrolik ini menciptakan kondisi yang ideal untuk kegagalan *seal*, dimana *O-Ring* mengalami siklus kompresi dan dekompresi yang mempercepat keausan material. Dalam jangka panjang, efek kumulatif dari kondisi operasional ini dapat mengurangi umur pakai komponen secara signifikan dibandingkan dengan kondisi operasi normal.