



P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638

# JOURNAL MARINE INSIDE

VOLUME 7, ISSUE. 2, DECEMBER 2025

Web: <https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/>

## Optimalisasi perawatan mesin jangkar berbasis praktik operasional untuk meningkatkan keandalan proses berlabuh pada Kapal MV. Trifosa

Astri Kustina Dewi, Pramudyasari Nur Bintari, Ryan Rezki Fahreza \*

Politeknik Pelayaran Banten

E-mail: [\\*ryanrezki664@gmail.com](mailto:ryanrezki664@gmail.com)

### ABSTRAK

Mesin jangkar (*anchor windlass*) merupakan peralatan vital dalam mendukung keselamatan dan kelancaran proses berlabuh kapal. Kegagalan fungsi mesin jangkar dapat menimbulkan keterlambatan operasional dan meningkatkan risiko kecelakaan pelayaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pelaksanaan perawatan mesin jangkar serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keandalan operasional mesin jangkar pada kapal MV. Trifosa. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pengumpulan data melalui observasi langsung di atas kapal, wawancara dengan awak kapal, serta studi dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perawatan mesin jangkar belum dilaksanakan secara optimal, yang ditandai dengan kurangnya pelumasan berkala, keterbatasan suku cadang dan pelumas khusus, serta belum terstrukturinya sistem perawatan terencana. Selain itu, perbedaan tingkat kompetensi teknis awak kapal turut memengaruhi kualitas perawatan yang dilakukan. Kondisi tersebut menyebabkan perawatan bersifat reaktif dan berpotensi menurunkan keandalan mesin jangkar saat digunakan. Penelitian ini merekomendasikan penerapan *Planned Maintenance System (PMS)* secara konsisten, peningkatan kompetensi awak kapal melalui pelatihan teknis berkelanjutan, serta penguatan koordinasi antara departemen dek dan mesin. Optimalisasi perawatan ini diharapkan mampu meningkatkan keandalan mesin jangkar, meminimalkan gangguan operasional, dan mendukung keselamatan pelayaran.

**Kata Kunci:** Mesin jangkar, perawatan kapal, keandalan peralatan, keselamatan pelayaran, *planned maintenance system*.

### ABSTRACT

The anchor windlass is a critical piece of ship machinery that plays a vital role in ensuring safe and efficient anchoring operations. Failure of this equipment may lead to operational delays and increased maritime safety risks. This study aims to evaluate the implementation of anchor windlass maintenance and to identify factors affecting its operational reliability on board MV. Trifosa. A qualitative descriptive approach was employed, with data collected through direct onboard observation, crew interviews, and documentation review. The findings indicate that anchor windlass maintenance has not been optimally implemented, as evidenced by insufficient routine lubrication, limited availability of spare parts and specialized lubricants, and the absence of a structured planned maintenance system. Variations in crew technical competence also contribute to inconsistent maintenance practices. These conditions result in reactive maintenance, which may reduce equipment reliability during anchoring operations. This study recommends the consistent implementation of a *Planned Maintenance System (PMS)*, continuous technical training for crew members, and improved coordination between deck and engine departments. Such maintenance optimization is expected to enhance anchor windlass reliability, minimize operational disruptions, and improve overall maritime safety.



Journal Marine Inside is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

**Keywords:** *Anchor windlass, ship maintenance, equipment reliability, maritime safety, planned maintenance system.*

Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v7i2.152>

|                          |                             |                          |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Disubmit pada 30/10/2025 | Direview pada 10/11/2025    | Direvisi pada 20/11/2025 |
| Diterima pada 30/11/2025 | Diterbitkan pada 01/12/2025 |                          |

## PENDAHULUAN

Transportasi laut merupakan tulang punggung perdagangan global, dengan lebih dari 80% volume perdagangan internasional diangkut melalui jalur laut. Keandalan operasional kapal menjadi faktor utama dalam menjamin keselamatan pelayaran dan efisiensi logistik. Berbagai studi menunjukkan bahwa kegagalan peralatan kapal, khususnya peralatan dek, berkontribusi signifikan terhadap keterlambatan operasi dan meningkatnya risiko kecelakaan laut [1-2].

Salah satu peralatan dek yang memiliki fungsi vital adalah mesin jangkar (*anchor windlass*), yang berperan penting dalam proses penurunan dan pengangkatan jangkar selama kegiatan berlabuh. Kegagalan fungsi windlass dapat menyebabkan jangkar larat, ketidakstabilan posisi kapal, serta potensi kecelakaan di area pelabuhan maupun perairan terbuka [3-4]. Investigasi keselamatan maritim menunjukkan bahwa kegagalan windlass umumnya disebabkan oleh keausan mekanis, kegagalan sistem hidrolik, kurangnya pelumasan, serta kesalahan prosedur pengoperasian [5].

Dalam sistem manajemen perawatan kapal, PMS telah diakui sebagai pendekatan standar untuk menjaga keandalan permesinan kapal. PMS memungkinkan perawatan dilakukan secara terjadwal, terdokumentasi, dan berbasis rekomendasi pabrikan serta regulasi internasional [6]. Penerapan PMS yang konsisten terbukti mampu menurunkan tingkat kegagalan peralatan dan meningkatkan kesiapan operasional kapal [7-8]. Namun, sejumlah penelitian mencatat bahwa implementasi PMS di kapal niaga masih belum efektif akibat keterbatasan waktu operasional, sumber daya, dan pengawasan teknis [9-10].

Seiring berkembangnya pendekatan pemeliharaan modern, Reliability-Centered Maintenance (RCM) diperkenalkan sebagai metode yang menitikberatkan analisis fungsi, mode kegagalan, serta konsekuensi kegagalan peralatan untuk menentukan strategi perawatan yang paling efektif [11]. Selain itu, Condition-Based Maintenance (CBM) memanfaatkan pemantauan kondisi aktual peralatan untuk memprediksi potensi kegagalan sebelum terjadi kerusakan fungsional [12]. Penerapan CBM dan RCM pada peralatan dek, termasuk windlass, terbukti mampu meningkatkan keandalan sistem dan memperpanjang umur pakai peralatan [13-14].

Meskipun demikian, adopsi pendekatan pemeliharaan berbasis data di sektor pelayaran masih menghadapi tantangan signifikan. Studi terbaru menunjukkan bahwa keterbatasan infrastruktur pemantauan, rendahnya integrasi data perawatan, serta kurangnya kompetensi analisis teknis awak kapal menjadi hambatan utama dalam penerapan pemeliharaan berbasis kondisi secara optimal [15]. Analisis keandalan berbasis data juga menegaskan bahwa kegagalan peralatan kapal sering kali berkorelasi dengan kurangnya sistem pengambilan

keputusan yang didukung data historis perawatan [16].

Selain faktor teknis, aspek manajemen dan kebijakan keselamatan pelayaran juga memegang peranan penting. Pendekatan risk-based maintenance direkomendasikan untuk memastikan bahwa sumber daya perawatan difokuskan pada peralatan dengan tingkat risiko tertinggi terhadap keselamatan kapal dan awak [17]. Penelitian lain menegaskan bahwa manajemen perawatan yang baik berkontribusi langsung terhadap peningkatan keselamatan pelayaran dan pengurangan kecelakaan kerja di atas kapal [18]. Hal ini sejalan dengan ketentuan International Safety Management (ISM) Code yang mewajibkan perusahaan pelayaran dan kapal untuk menjamin kesiapan teknis peralatan melalui sistem perawatan yang terdokumentasi dan berkelanjutan [19].

Lebih lanjut, perkembangan terkini dalam pemantauan kondisi dan diagnosis kerusakan mesin kapal menunjukkan bahwa integrasi teknologi pemantauan dengan sistem pemeliharaan kapal mampu meningkatkan efektivitas deteksi dini kegagalan peralatan [20]. Namun, penerapan teknologi tersebut pada peralatan dek seperti mesin jangkar masih relatif terbatas, terutama pada kapal niaga regional.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada evaluasi pelaksanaan perawatan mesin jangkar di kapal MV. Trifosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor teknis, operasional, dan sumber daya manusia yang memengaruhi keandalan mesin jangkar serta merumuskan rekomendasi optimalisasi perawatan berbasis PMS yang lebih sistematis dan aplikatif guna mendukung keselamatan pelayaran.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan studi kasus pada kapal MV. Trifosa. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai praktik aktual perawatan mesin jangkar (*anchor windlass*) serta faktor-faktor teknis dan operasional yang memengaruhi keandalannya dalam konteks operasional nyata di atas kapal. Metode kualitatif dinilai tepat untuk mengeksplorasi kesenjangan antara konsep perawatan terencana dan implementasinya di lapangan, khususnya dalam penerapan PMS, CBM, dan RCM pada peralatan dek kapal [21]. Pendekatan studi kasus memungkinkan analisis terfokus pada satu unit sistem (mesin jangkar) sehingga karakteristik teknis, pola perawatan, serta kendala operasional dapat diidentifikasi secara komprehensif dan kontekstual [22].

### Kerangka Konseptual Penelitian

Kerangka metodologis penelitian ini mengintegrasikan tiga konsep utama pemeliharaan permesinan kapal, yaitu:

1. PMS sebagai dasar penjadwalan dan dokumentasi perawatan,
2. CBM sebagai pendekatan pemantauan kondisi aktual peralatan, dan
3. RCM sebagai kerangka analisis fungsi, mode kegagalan, serta dampak kegagalan mesin jangkar.

Integrasi PMS–CBM–RCM digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana perawatan mesin jangkar di MV. Trifosa telah dilaksanakan secara preventif dan berbasis keandalan, atau masih bersifat reaktif. Kerangka ini sejalan dengan praktik pemeliharaan modern yang direkomendasikan dalam literatur keandalan sistem kapal [23-24].

## Subjek dan Objek Penelitian

Objek penelitian adalah sistem mesin jangkar (*anchor windlass*) pada kapal MV. Trifosa, yang mencakup komponen mekanis, sistem penggerak, sistem pelumasan, serta prosedur pengoperasian dan perawatannya. Subjek penelitian meliputi awak kapal yang terlibat langsung dalam pengoperasian dan perawatan mesin jangkar, yaitu:

- Nakhoda,
- Mualim I,
- Mualim II,
- Mualim III, dan
- Bosun.

Pemilihan informan dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan peran, pengalaman, dan keterlibatan langsung dalam aktivitas perawatan dan pengoperasian windlass [25].

## Jenis dan Sumber Data

### *Data Primer*

Data primer diperoleh melalui:

1. Observasi langsung terhadap kondisi fisik mesin jangkar, pola pengoperasian, pelaksanaan pelumasan, serta aktivitas perawatan rutin dan korektif.
2. Wawancara semi-terstruktur dengan awak kapal untuk menggali pemahaman, pengalaman, dan persepsi mereka terhadap penerapan PMS, kendala perawatan, serta praktik berbasis kondisi yang dilakukan secara informal.
3. Dokumentasi teknis, meliputi *maintenance log book*, catatan kerusakan, dan jadwal perawatan yang tersedia di kapal.

Pendekatan ini sejalan dengan penelitian pemeliharaan berbasis praktik operasional kapal yang menekankan pentingnya data empiris lapangan [26].

### *Data Sekunder*

Data sekunder diperoleh dari:

1. Literatur ilmiah terkait PMS, CBM, dan RCM pada permesinan kapal,
2. Dokumen regulasi keselamatan pelayaran (ISM Code),
3. Manual pabrikan dan standar teknis peralatan jangkar.

## Teknik Pengumpulan Data

### *Observasi Teknis*

Observasi dilakukan dengan menggunakan daftar periksa (checklist) berbasis PMS untuk mengidentifikasi kesesuaian antara praktik perawatan aktual dengan standar perawatan terencana. Fokus observasi meliputi kondisi pelumasan, keausan komponen, indikasi korosi, serta kesiapan operasional windlass.

### *Wawancara Semi-Terstruktur*

Wawancara dilakukan untuk memperoleh data kualitatif mengenai:

1. Tingkat pemahaman awak kapal terhadap PMS,

2. Praktik pemantauan kondisi (CBM) yang dilakukan secara visual atau berbasis pengalaman,
3. Pengambilan keputusan perawatan ketika terjadi indikasi kegagalan.

Wawancara semi-terstruktur dipilih karena memberikan fleksibilitas eksplorasi isu teknis yang kompleks [27].

### **Studi Dokumentasi**

Studi dokumentasi digunakan untuk mengevaluasi konsistensi pencatatan perawatan, keteraturan jadwal PMS, serta histori kerusakan mesin jangkar sebagai dasar analisis keandalan [28].

### **Teknik Analisis Data**

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

1. Reduksi Data. Data hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi diseleksi dan diklasifikasikan berdasarkan kategori PMS, CBM, dan RCM.
2. Analisis Berbasis RCM. Data dianalisis dengan mengidentifikasi fungsi utama mesin jangkar, mode kegagalan dominan, serta dampak kegagalan terhadap keselamatan dan operasional kapal, sebagaimana prinsip dasar RCM [29].
3. Analisis Kesesuaian PMS. Praktik perawatan aktual dibandingkan dengan prinsip PMS untuk menilai tingkat keterlaksanaan perawatan terencana.
4. Penarikan Kesimpulan. Kesimpulan dirumuskan berdasarkan pola temuan lapangan dan dikaitkan dengan teori serta penelitian terdahulu untuk menghasilkan rekomendasi operasional yang aplikatif.

Pendekatan analisis ini telah banyak digunakan dalam penelitian keandalan dan pemeliharaan sistem kapal [30].

### **Keabsahan Data**

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber (observasi, wawancara, dokumentasi) dan triangulasi metode, guna meningkatkan kredibilitas hasil penelitian dan meminimalkan bias subjektif peneliti [31].

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Gambaran Umum Kondisi Mesin Jangkar MV. Trifosa**

Berdasarkan hasil observasi langsung di atas kapal MV. Trifosa, mesin jangkar (*anchor windlass*) secara umum masih berfungsi, namun menunjukkan beberapa indikasi penurunan kinerja. Indikasi tersebut meliputi suara bising saat proses *heave up*, peningkatan getaran pada unit penggerak, serta respon pengangkatan jangkar yang relatif lambat dibandingkan kondisi normal. Kondisi ini menunjukkan adanya degradasi kinerja komponen mekanis yang berpotensi berkembang menjadi kegagalan fungsional apabila tidak ditangani secara sistematis.

Dalam kerangka RCM, kondisi tersebut mengindikasikan bahwa fungsi utama mesin jangkar—yaitu menaikkan dan menurunkan jangkar secara aman dan terkendali—belum sepenuhnya didukung oleh strategi perawatan yang berbasis keandalan. RCM menekankan bahwa penilaian kondisi peralatan harus berangkat dari fungsi, kegagalan fungsi, serta konsekuensi kegagalan terhadap keselamatan dan operasi kapal [24, 29].



**Gambar 1. MV. Trifosa.**

### **Identifikasi Fungsi dan Mode Kegagalan Mesin Jangkar (RCM Analysis)**

Berdasarkan pendekatan RCM, fungsi utama mesin jangkar pada MV. Trifosa meliputi:

1. Menurunkan jangkar dengan kecepatan dan kontrol yang aman,
2. Mengangkat jangkar secara efisien tanpa beban berlebih,
3. Menahan beban jangkar dan rantai saat kapal berlabuh.

Hasil observasi dan wawancara menunjukkan beberapa mode kegagalan dominan, antara lain:

1. Keausan roda gigi akibat pelumasan yang tidak optimal,
2. Peningkatan gesekan pada bantalan (*bearing*) akibat kontaminasi air laut,
3. Penurunan efektivitas sistem rem,
4. Ketergantungan pada inspeksi visual tanpa pengukuran kondisi teknis.

Mode kegagalan ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kegagalan windlass umumnya disebabkan oleh kombinasi faktor mekanis dan kurangnya perawatan preventif [13, 26]. Dalam perspektif RCM, kegagalan tersebut dikategorikan sebagai *age-related failures* dan *maintenance-induced failures* yang dapat dicegah melalui perawatan terencana dan pemantauan kondisi [24].

### **Evaluasi Penerapan PMS**

Hasil studi dokumentasi menunjukkan bahwa penerapan PMS pada mesin jangkar belum berjalan secara optimal. Jadwal perawatan tidak terdokumentasi secara rinci, dan beberapa kegiatan perawatan dilakukan berdasarkan pengalaman awak kapal, bukan berdasarkan interval atau jam operasi yang terstandar.

Kondisi ini menunjukkan bahwa PMS belum sepenuhnya berfungsi sebagai sistem pengendali perawatan, melainkan hanya sebagai referensi umum. Penelitian sebelumnya menegaskan bahwa PMS yang tidak didukung dokumentasi dan pengawasan yang konsisten cenderung gagal mencegah degradasi peralatan secara bertahap [7, 23]. Dalam konteks RCM, kelemahan PMS ini meningkatkan probabilitas kegagalan fungsi mesin jangkar pada situasi kritis.

### **Analisis Praktik CBM**

Hasil wawancara dengan awak kapal menunjukkan bahwa praktik CBM belum diterapkan secara formal. Pemantauan kondisi mesin jangkar masih terbatas pada:

1. Pemeriksaan visual,
2. Pendengaran suara tidak normal,
3. Pengalaman subjektif awak kapal.



Pendekatan ini memang dapat mendeteksi indikasi awal kerusakan, namun belum cukup untuk memprediksi degradasi komponen secara kuantitatif. Literatur menyebutkan bahwa CBM yang efektif memerlukan indikator kondisi yang terukur, seperti getaran, temperatur, dan analisis pelumas, guna mendukung keputusan perawatan berbasis data [12, 28].

Ketiadaan CBM yang terstruktur pada MV. Trifosa menyebabkan kegiatan perawatan lebih bersifat reaktif, yaitu dilakukan setelah muncul gangguan yang memengaruhi kinerja windlass. Hal ini memperkuat temuan bahwa gap antara konsep CBM dan implementasi lapangan masih cukup besar pada kapal niaga regional [15-16].

### **Analisis Faktor Sumber Daya Manusia dan Organisasi**

Dari aspek sumber daya manusia, hasil wawancara menunjukkan adanya perbedaan tingkat pemahaman teknis antar awak kapal terkait perawatan mesin jangkar. Sebagian awak memahami pentingnya pelumasan dan inspeksi rutin, namun belum memiliki pemahaman menyeluruh mengenai prinsip PMS dan RCM.

Dalam perspektif RCM, kompetensi teknis awak kapal merupakan faktor kunci dalam memastikan keberhasilan sistem perawatan berbasis keandalan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa keterbatasan pelatihan dan transfer pengetahuan teknis menjadi salah satu penyebab utama kegagalan implementasi sistem pemeliharaan modern di kapal [18, 25]. Kondisi ini juga berdampak pada kualitas pencatatan PMS dan pengambilan keputusan perawatan.

### **Dampak Kegagalan Mesin Jangkar terhadap Keselamatan dan Operasional**

Berdasarkan analisis RCM, kegagalan mesin jangkar memiliki konsekuensi keselamatan dan operasional yang tinggi, khususnya saat kapal berlabuh di perairan terbatas atau dalam kondisi cuaca buruk. Kegagalan *heave up* atau *holding power* dapat menyebabkan kapal kehilangan posisi, meningkatkan risiko tabrakan, dan menghambat jadwal pelayaran.

Penelitian dan laporan keselamatan maritim menegaskan bahwa kegagalan peralatan dek, termasuk windlass, merupakan faktor risiko signifikan dalam insiden pelayaran [5, 18]. Oleh karena itu, RCM mengklasifikasikan mesin jangkar sebagai *safety-critical equipment* yang memerlukan prioritas tinggi dalam sistem perawatan kapal [29-30].

### **Implikasi Temuan terhadap Optimalisasi Perawatan Mesin Jangkar**

Berdasarkan hasil analisis, optimalisasi perawatan mesin jangkar di MV. Trifosa perlu diarahkan pada:

1. Penguatan PMS melalui penjadwalan perawatan berbasis jam operasi dan dokumentasi yang konsisten,
2. Penerapan CBM secara bertahap dengan indikator kondisi sederhana (misalnya checklist getaran dan temperatur),
3. Pendekatan RCM untuk mengidentifikasi mode kegagalan kritis dan menentukan prioritas perawatan,
4. Peningkatan kompetensi awak kapal melalui pelatihan teknis berkelanjutan.

Pendekatan integratif PMS–CBM–RCM ini sejalan dengan praktik terbaik pemeliharaan permesinan kapal yang direkomendasikan dalam literatur internasional dan regulasi keselamatan pelayaran [23-24, 29]. Ringkasan hasil analisis RCM, evaluasi PMS, serta rekomendasi perawatan mesin jangkar disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Analisis terpadu perawatan mesin jangkar berbasis RCM–PMS–CBM di MV. Trifosa.**

| <b>Fungsi Utama Mesin Jangkar</b>        | <b>Mode Kegagalan Dominan</b>        | <b>Penyebab Utama</b>                      | <b>Dampak Operasional &amp; Keselamatan</b>                       | <b>Kondisi Praktik Saat Ini</b>            | <b>Rekomendasi Perawatan (RCM–PMS–CBM)</b>                                                      |
|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mengangkat jangkar ( <i>heave up</i> )   | Suara bising dan pengangkatan lambat | Pelumasan tidak optimal, keausan roda gigi | Keterlambatan proses labuh, risiko kegagalan saat kondisi darurat | Pelumasan tidak terjadwal, inspeksi visual | Pelumasan berkala berbasis jam operasi (PMS) dan inspeksi kondisi suara/getaran sederhana (CBM) |
| Menurunkan jangkar ( <i>letting go</i> ) | Gerakan tidak stabil                 | Gesekan tinggi dan kontaminasi korosi      | Risiko kerusakan komponen dan kontrol labuh tidak optimal         | Pembersihan tidak rutin                    | Pembersihan dan inspeksi terjadwal, pengendalian korosi (PMS)                                   |
| Menahan beban jangkar                    | Rem tidak bekerja optimal            | Keausan kampas rem, penyetelan tidak tepat | Jangkar larat dan risiko tabrakan                                 | Penyetelan hanya saat gangguan muncul      | Inspeksi dan penyetelan rem terjadwal, prioritas tinggi (RCM)                                   |
| Sistem transmisi & bantalan              | Getaran berlebih                     | Keausan bearing dan kurangnya pelumasan    | Penurunan keandalan mesin jangkar                                 | Tidak ada pemantauan kondisi               | Pemeriksaan temperatur dan getaran sederhana sebagai indikator awal (CBM)                       |
| Sistem perawatan & dokumentasi           | Perawatan bersifat reaktif           | PMS tidak terdokumentasi konsisten         | Potensi kegagalan berulang                                        | Catatan perawatan tidak lengkap            | Penguatan pencatatan PMS dan evaluasi berkala berbasis RCM                                      |

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis berbasis RCM, dapat disimpulkan bahwa perawatan mesin jangkar (*anchor windlass*) di kapal MV. Trifosa belum dilaksanakan secara optimal dan masih cenderung bersifat reaktif. Kondisi ini ditunjukkan oleh adanya indikasi penurunan kinerja mesin, seperti suara bising saat proses *heave up*, respon pengangkatan yang melambat, serta keausan komponen akibat pelumasan dan inspeksi yang tidak konsisten. Penerapan PMS belum berjalan efektif karena kurangnya penjadwalan berbasis jam operasi dan dokumentasi perawatan yang terstruktur. Selain itu, CBM belum diterapkan secara formal dan masih bergantung pada inspeksi visual serta pengalaman subjektif awak kapal. Berdasarkan analisis RCM, mesin jangkar termasuk peralatan kritis keselamatan sehingga kegagalannya berpotensi menimbulkan risiko operasional dan keselamatan pelayaran yang signifikan.

### Saran

Untuk meningkatkan keandalan mesin jangkar dan keselamatan operasi berlabuh, disarankan agar operator kapal memperkuat penerapan PMS melalui penjadwalan perawatan



yang jelas, terdokumentasi, dan berbasis jam operasi serta rekomendasi pabrikan. Penerapan CBM perlu dilakukan secara bertahap dengan memanfaatkan indikator kondisi sederhana, seperti pemeriksaan getaran, temperatur, dan kondisi pelumas. Selain itu, prinsip RCM perlu diterapkan dalam penentuan prioritas perawatan dengan fokus pada mode kegagalan yang berdampak besar terhadap keselamatan. Peningkatan kompetensi teknis awak kapal melalui pelatihan berkelanjutan serta penguatan koordinasi antara departemen dek dan mesin juga menjadi langkah penting untuk memastikan sistem perawatan berjalan efektif dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karatuğ, Ç., Arslanoğlu, Y., & Soares, C. G. (2023). Review of maintenance strategies for ship machinery systems. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 22(5), 1–15. <https://doi.org/10.1080/20464177.2023.2180831>.
- [2] Ölçer, A. I., Ballini, F., & Cariou, P. (2018). Maintenance management and safety in maritime transportation. *Maritime Policy & Management*, 45(4), 456–471. <https://doi.org/10.1080/03088839.2017.1405454>.
- [3] Nugroho, P. A., Rohman, M. A., & Rohmah, N. (2019). Terlepasnya jangkar kiri pada saat berlabuh jangkar di anchorage area Pelabuhan Tanjung Intan Cilacap. *Jurnal Dinamika Bahari*, 9(2), 2359–2375.
- [4] Wilson, J. (2021). *Sistem perawatan dan pengoperasian mesin jangkar (windlass) pada kapal KN SAR Sadewa 231*. Karya Tulis.
- [5] Marine Accident Investigation Branch. (2010). *Hydraulic windlass failures*. UK: MAIB. <https://www.gov.uk/maib>.
- [6] International Maritime Organization. (2022). *International Safety Management (ISM) Code*. London: IMO.
- [7] Setiyanto, W. (2015). Optimalisasi perawatan anchor handling dan towing winch dengan planned maintenance system (PMS). *Skripsi*, Politeknik Pelayaran Banten.
- [8] Nugroho, P. A. C., Wiweko, A., & Siregar, M. S. (2024). Plan maintenance system pada main switch board di kapal. *ATRIA: Jurnal Multidisiplin Riset Ilmiah*, 1(1), 7–14.
- [9] Pransiska, E., Nur, M., & Mutiara, S. (2021). Peranan sistem manajemen keselamatan kapal dalam mendukung kelancaran kerja. *Journal of Maritime and Education*, 3(1), 230–237.
- [10] Tjahjono, E. B., Umasangadji, F., & Fatmawati, O. (2021). Analisis sistem prosedur penggunaan peralatan keselamatan kerja di atas kapal. *Prosiding Seminar Pelayaran dan Teknologi Terapan*, 3(1), 26–34.
- [11] Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance* (2nd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [12] Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>.
- [13] Kumar, S., & Mishra, P. K. (2021). Application of FMEA for reliability improvement of marine auxiliary machinery. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/jmse9040371>.
- [14] Nguyen, T. P., Yang, Z., Wang, J., & Garbatov, Y. (2020). Risk-based maintenance strategies for ship systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 193, 106657. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2019.106657>.
- [15] Daya, A., & Gao, J. (2024). Data-driven reliability analysis for marine machinery systems. *Machines*, 12(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/machines12010045>.
- [16] Wang, H., & Zhang, Y. (2023). Condition monitoring and fault diagnosis of marine machinery: A review. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 22(3), 1–18.

- <https://doi.org/10.1080/20464177.2022.2134567>.
- [17] Maione, F., Ricci, R., & Russo, S. (2024). A machine learning framework for condition-based maintenance in industrial systems. *Algorithms*, 17(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/a17020089>.
  - [18] Soares, C. G., & Garbatov, Y. (2020). Maintenance and reliability of ship machinery systems. *Ocean Engineering*, 213, 107678. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107678>.
  - [19] IEC. (2019). *IEC 60300-3-11: Application guide—Reliability centered maintenance*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
  - [20] Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
  - [21] Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications* (6th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
  - [22] Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
  - [23] Flick, U. (2018). *An introduction to qualitative research* (5th ed.). London: Sage.
  - [24] Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
  - [25] Khetagurov, M. (2012). *Marine auxiliary machinery and systems*. Moscow: Peace Publisher.
  - [26] Bayu, I. (2020). Sistem pengoperasian dan perawatan windlass di SPOB Seroja VIII. *Skripsi*, AMNI Semarang.
  - [27] Chella, C. (2017). Optimalisasi strategi kesadaran awak kapal terhadap kepedulian penggunaan APD. *Tesis*, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
  - [28] Edwin, H. N. (2017). Optimalisasi olah gerak kapal menghadapi cuaca buruk. *Diploma Thesis*, Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
  - [29] Arikunto, S. (2006). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
  - [30] Moleong, L. J. (2018). *Metodologi penelitian kualitatif*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
  - [31] Sujarweni, V. W. (2014). *Metodologi penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.