



Analisis Dampak Cuaca *Ekstrem* di Samudra Hindia terhadap Kerusakan *Mainmast* pada Kapal MV Isa Golden

Hoyrol Fatah^{1*}, Mudiyanto², Dedy Kristiawan³

¹⁻³ Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal, Fakultas Vokasi Pelayaran, Universitas Hang Tuah, Indonesia

Email: officialhoyrol@gmail.com^{1*}, mudiyanto@hangtuah.ac.id², dedy.kristiawan@hangtuah.ac.id³

*Penulis Korespondensi: officialhoyrol@gmail.com

Abstract. This study, entitled "Analysis of the Impact of Extreme Weather in the Indian Ocean on Mainmast Damage Aboard MV ISA GOLDEN," examines the effects of extreme weather conditions on the Mainmast, which serves as a vital structural component supporting the vessel's navigation and communication systems. The study aims to analyze the impact of extreme weather on Mainmast damage and identify the most dominant factor contributing to its structural failure. A qualitative research method with a descriptive case study approach was employed. Data were collected through field observations, semi-structured interviews with the Captain, Chief Officer, Second Officer, and Boatswain, as well as document analysis, including operational records, incident reports, damage reports, the Planned Maintenance System (PMS), and technical documentation. The findings reveal that extreme weather conditions, characterized by strong winds, high waves, heavy rainfall, and continuous rolling and pitching motions, generated repetitive dynamic loads acting on the Mainmast. The most dominant factor contributing to the damage was the deterioration of structural strength caused by corrosion and material fatigue, which was further exacerbated by dynamic loading during the voyage, ultimately resulting in the structural failure of the Mainmast. This study provides empirical evidence of the relationship between extreme weather, dynamic loading, and ship structural reliability, while serving as a reference for improving inspection systems, preventive maintenance, and risk mitigation strategies to enhance maritime safety.

Keywords: Chief Officer; Extreme Weather; Mainmast; Material Fatigue; Sailing Safety.

Abstrak. Penelitian dengan judul "Analisis Dampak Cuaca *Ekstrem* di Samudra Hindia Terhadap Kerusakan *Mainmast* Pada Kapal MV ISA GOLDEN" Sebagai salah satu komponen vital yang menopang sistem navigasi dan komunikasi kapal. Penelitian bertujuan menganalisis dampak cuaca *ekstrem* terhadap kerusakan *Mainmast* serta mengidentifikasi faktor yang paling dominan menyebabkan kegagalan struktur tersebut. Metode yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif studi kasus. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara semi terstruktur dengan *Nakhoda*, *Chief Officer*, *Second Officer*, dan *Bosun*, serta analisis dokumen berupa catatan, berita acara, laporan kerusakan, *Planned Maintenance System* (PMS), dan dokumentasi teknis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cuaca *ekstrem* berupa angin kencang, gelombang tinggi, hujan lebat, serta gerakan *rolling* dan *pitching* menghasilkan beban dinamis yang bekerja secara berulang pada *Mainmast*. Faktor yang paling dominan penyebab kerusakan adalah penurunan kekuatan struktur akibat korosi dan kelelahan material yang kemudian diperparah oleh pembebanan dinamis selama pelayaran hingga menyebabkan *Mainmast* mengalami kegagalan struktur. Penelitian ini memberikan kontribusi empiris mengenai hubungan antara cuaca *ekstrem*, beban dinamis, dan keandalan struktur kapal, serta menjadi dasar dalam peningkatan sistem inspeksi, pemeliharaan preventif, dan mitigasi risiko untuk mendukung keselamatan pelayaran.

Kata kunci: Cuaca *Ekstrem*; Kelelahan Material; Keselamatan Berlayar; Perwira Utama; Tiang Utama.

1. LATAR BELAKANG

Fenomena cuaca *ekstrem* di wilayah perairan global, khususnya Samudra Hindia, menunjukkan peningkatan risiko terhadap keselamatan dan operasional pelayaran. Gelombang tinggi, angin kencang, hujan lebat, serta perubahan kondisi cuaca yang terjadi secara cepat dapat memengaruhi stabilitas kapal dan memberikan beban dinamis terhadap struktur kapal. Kondisi tersebut menjadi tantangan bagi awak kapal dalam menentukan keputusan operasional, terutama antara melanjutkan pelayaran atau menunda perjalanan hingga kondisi laut lebih

aman. Fenomena atmosfer seperti siklon tropis, pola angin, dan Indian Ocean Dipole (IOD) turut berkontribusi terhadap terbentuknya kondisi gelombang tinggi di perairan selatan Jawa dan wilayah Samudra Hindia. Oleh karena itu, aspek keselamatan pelayaran perlu menjadi prioritas dalam perencanaan rute dan pelaksanaan operasional kapal.

Kondisi lingkungan laut yang *ekstrem* dapat memberikan pembebanan berulang dan fluktuatif pada struktur kapal akibat interaksi antara gelombang, angin, serta gerakan kapal seperti *rolling* dan *pitching*. Beban dinamis tersebut dapat menyebabkan konsentrasi tegangan pada bagian struktur tertentu dan memicu kelelahan material (*fatigue*), retakan mikro, deformasi, hingga kegagalan struktural apabila tidak terdeteksi sejak dini. Komponen seperti *Mainmast* memiliki tingkat kerentanan tertentu karena berfungsi sebagai penopang berbagai peralatan navigasi dan komunikasi serta menerima pengaruh beban angin, getaran, dan gerakan kapal selama pelayaran. Selain itu, fenomena *sagging* dan *hogging* akibat interaksi kapal dengan gelombang dapat menyebabkan perubahan distribusi tegangan secara siklik yang berpotensi mempercepat kerusakan struktural.

Salah satu kejadian yang menggambarkan risiko tersebut adalah insiden yang dialami MV ISA GOLDEN saat berlayar melintasi perairan selatan Cilacap, Samudra Hindia. Kapal menghadapi kondisi cuaca *ekstrem* berupa angin dengan kecepatan lebih dari 30 knot, gelombang setinggi 3–5 meter, hujan lebat, dan jarak pandang terbatas. Kondisi tersebut menyebabkan kerusakan pada bagian *Mainmast* kapal. Gerakan kapal yang tidak stabil dan pembebanan dinamis akibat kombinasi gelombang serta angin kuat diduga memberikan tekanan berlebih pada struktur *Mainmast* hingga menyebabkan deformasi dan kerusakan pada sebagian komponennya. Kejadian ini menunjukkan bahwa cuaca *ekstrem* memiliki potensi signifikan terhadap integritas struktural kapal dan dapat mengganggu keselamatan operasional, termasuk sistem navigasi dan komunikasi.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai hubungan antara cuaca *ekstrem* dan kerusakan struktur kapal, khususnya pada komponen *Mainmast*. Penelitian sebelumnya masih terbatas dalam mengintegrasikan kondisi lingkungan laut *ekstrem* dengan data operasional nyata, kronologi kejadian, *respons* operasional kapal, serta proses terjadinya kerusakan struktural secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan studi kasus MV ISA GOLDEN untuk menganalisis faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kerusakan *Mainmast* akibat cuaca *ekstrem*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman empiris mengenai mekanisme kerusakan struktur kapal serta menjadi dasar dalam penyusunan strategi mitigasi risiko, pemeliharaan struktur, dan peningkatan keselamatan operasional kapal di perairan dengan kondisi cuaca *ekstrem*.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 1. Faktor apa yang paling dominan menyebabkan kerusakan *Mainmast*? 2. Apa dampak cuaca *ekstrem* di Samudra Hindia terhadap kerusakan *Mainmast* di MV ISA GOLDEN?

2. KAJIAN TEORITIS

Cuaca *Ekstrem* Samudra Hindia

Cuaca *ekstrem* di wilayah laut merupakan kondisi atmosfer yang ditandai oleh peningkatan kecepatan angin, tinggi gelombang yang signifikan, serta fluktuasi tekanan udara yang terjadi secara intensif dalam periode tertentu. Fenomena ini kerap terjadi di kawasan Samudra Hindia sebagai akibat dari interaksi antara sistem angin monsun dan variabilitas iklim global (Sari et al., 2020), Fenomena osilasi atmosfer serta perubahan pola sirkulasi angin turut memberikan pengaruh terhadap meningkatnya intensitas badai di wilayah perairan. Kondisi tersebut berkontribusi pada terbentuknya gelombang laut dengan ketinggian yang lebih besar, sehingga menyebabkan perairan menjadi tidak stabil dan berisiko mengganggu keselamatan maupun kelancaran aktivitas pelayaran.

Struktur Kapal dan Main Mast

Struktur kapal dirancang untuk mampu menahan berbagai jenis beban, baik statis maupun dinamis, yang timbul akibat interaksi antara kapal dan lingkungan laut seperti gelombang, arus, dan angin. Beban dinamis terutama dari gelombang laut berperan besar dalam menghasilkan tegangan dan deformasi pada struktur kapal secara keseluruhan (Wulandari, 2021). Salah satu bagian penting dari struktur atas (*superstructure*) adalah *Mainmast*, yang berfungsi sebagai penopang peralatan navigasi seperti radar, antena komunikasi, dan lampu navigasi. Karena posisinya berada di bagian tertinggi kapal, *Mainmast* sangat rentan terhadap beban angin dan getaran akibat gerakan kapal, sehingga menerima kombinasi gaya tekan, tarik, dan momen lentur yang dapat mempengaruhi kekuatan serta stabilitasnya.

Teori Gelombang Laut

Gelombang laut yang kadang menjulang hingga empat sampai lima meter di perairan Laut Jawa dan Samudra Hindia memberikan tekanan dinamis yang signifikan pada struktur kapal, terutama *Mainmast* yang menopang radar, antena komunikasi, dan lampu navigasi, sehingga sambungan las dan titik penguatnya berisiko mengalami deformasi atau retakan akibat momen lentur dan gaya horizontal yang tidak selalu dapat diprediksi secara akurat, sementara faktor distribusi massa, bentuk lambung, dan kekakuan *superstructure* memengaruhi

sejauh mana tekanan gelombang bertransformasi menjadi tegangan struktural yang berdampak pada keselamatan navigasi dan komunikasi (Mahsuna et al., 2019).

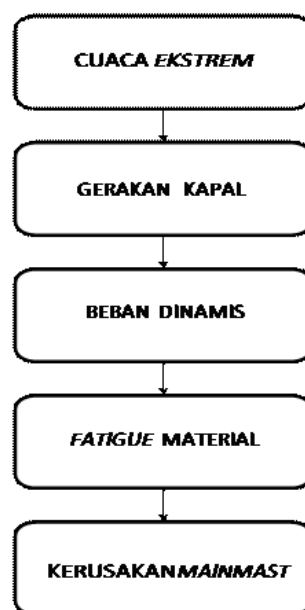
Teori Beban Dinamis (*Dynamic Load Theory*)

Gelombang laut tidak hanya menimbulkan tekanan statis pada kapal, tetapi juga menghasilkan beban dinamis yang kompleks, termasuk gaya tekan, tarik, dan momen lentur pada *Mainmast* dan superstruktur, sehingga sambungan las yang tampak kuat dalam kondisi normal dapat mengalami deformasi atau retakan saat kapal menghadapi gelombang *ekstrem* dengan distribusi tekanan yang tidak merata, di mana faktor-faktor seperti sudut datang gelombang, kecepatan kapal, dan interaksi hull dengan arus memengaruhi *respons* hidraelastic kapal sehingga prediksi numerik tentang tegangan rata-rata sering kali gagal menangkap lonjakan singkat yang berpotensi mengganggu fungsi navigasi dan komunikasi kapal (Chen et al., 2024).

Teori Fatigue Material

Teori *fatigue* material menjelaskan penurunan kekuatan material akibat pembebanan berulang (*cyclic loading*), meskipun tegangan masih di bawah batas luluh. Dalam kapal, *Mainmast* mengalami beban siklik dari gelombang laut, angin, getaran mesin, serta gerakan *rolling* dan *pitching*. Beban berulang ini dapat memicu retakan mikro pada sambungan las dan struktur vertikal *Mainmast*, yang berkembang seiring waktu hingga mengurangi kekuatan dan berpotensi menyebabkan kerusakan serius jika tidak diikuti inspeksi dan perawatan berkala (Perkapalan, 2020).

Kerangka Pikir



Gambar 1. Kerangka pemikiran.

3. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif studi kasus. Pemilihan metode tersebut tidak hanya ditujukan untuk mendeskripsikan kerusakan *Mainmast* pada kapal MV ISA GOLDEN, tetapi juga untuk menelusuri bagaimana cuaca *ekstrem* di wilayah Samudra Hindia memengaruhi kondisi struktur kapal melalui rangkaian peristiwa yang terjadi selama pelayaran. Fokus penelitian diarahkan pada pemahaman situasi secara mendalam, terutama terhadap hubungan antara kondisi lingkungan laut, *respons* gerakan kapal, serta munculnya kerusakan pada bagian *Mainmast* yang menerima beban dinamis secara terus-menerus. Pendekatan kualitatif digunakan karena permasalahan yang dikaji tidak cukup dijelaskan hanya melalui angka atau data teknis semata.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di atas kapal MV ISA GOLDEN, yaitu kapal yang beroperasi pada rute domestik Indonesia. Lokasi penelitian difokuskan pada area kapal yang berkaitan langsung dengan objek kajian, khususnya bagian *Mainmast* sebagai *struktur* penopang peralatan navigasi dan komunikasi. Waktu penelitian dilakukan selama masa praktik laut peneliti di kapal MV ISA GOLDEN. Adapun kejadian utama yang menjadi fokus penelitian terjadi pada tanggal Desember 2025 sampai dengan Februari 2026.

Sumber Data

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder yang digunakan secara terpadu untuk menganalisis pengaruh cuaca *ekstrem* di Samudra Hindia terhadap kerusakan *Mainmast* pada kapal MV ISA GOLDEN. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan awak kapal yang meliputi kondisi cuaca, gerakan *rolling* dan *pitching*, kondisi fisik *Mainmast*, kronologi kerusakan, serta tindakan penanganan yang dilakukan. Data pendukung berupa tinggi gelombang, arah dan kecepatan angin, posisi kapal, serta kondisi sea state digunakan untuk menganalisis keterkaitan antara kondisi lingkungan laut dan beban dinamis pada struktur *Mainmast*. Data sekunder diperoleh dari dokumen operasional dan teknis kapal, laporan kerusakan, *Planned Maintenance System* (PMS), catatan perawatan *Mainmast*, dokumentasi foto, serta literatur ilmiah yang relevan. Kedua jenis data tersebut dibandingkan dan dianalisis secara terpadu untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara kondisi cuaca *ekstrem*, dinamika gerakan kapal, dan kerusakan struktural *Mainmast* pada MV ISA GOLDEN.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik Observasi

Observasi dilakukan dengan mengamati kondisi kapal, khususnya bagian *Mainmast*, serta situasi operasional kapal saat menghadapi cuaca *ekstrem*. Jenis observasi yang digunakan adalah observasi nonpartisipatif. Dalam observasi ini, peneliti melakukan pengamatan terhadap fenomena yang terjadi tanpa terlibat langsung dalam pengambilan keputusan operasional kapal. Observasi dilakukan dengan mencatat kondisi lapangan, mendokumentasikan kerusakan, serta membandingkan temuan lapangan dengan data logbook dan laporan teknis kapal.

Studi Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan dokumen tertulis, catatan operasional, dan bukti visual yang berkaitan dengan kerusakan *Mainmast*. Dokumentasi digunakan sebagai data pendukung untuk memperkuat hasil observasi dan wawancara. Dokumen yang dikumpulkan meliputi logbook kapal, *voyage report*, laporan kerusakan, catatan perawatan, dokumen PMS (*Planned Maintenance System*), foto kerusakan *Mainmast*, serta catatan lain yang berkaitan dengan kondisi cuaca dan tindakan penanganan. Dokumentasi berfungsi untuk merekonstruksi kronologi kejadian, memvalidasi keterangan informan, dan memperkuat analisis mengenai hubungan antara cuaca *ekstrem* dan kerusakan struktur kapal.

Wawancara

Wawancara dilakukan kepada informan yang memiliki pengetahuan dan keterlibatan langsung dengan kejadian kerusakan *Mainmast*. Informan dalam penelitian ini meliputi *Nakhoda*, *Mualim & Bosun* yang mengetahui kondisi kapal saat menghadapi cuaca *ekstrem*. Jenis wawancara yang digunakan adalah wawancara semi-terstruktur.

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik analisis data dilakukan menggunakan model analisis interaktif yang terdiri atas tahapan reduksi data, penyajian data, penarikan kesimpulan, dan verifikasi data. Proses analisis dilaksanakan secara berkelanjutan sejak tahap awal pengumpulan data hingga penelitian selesai dilakukan. Setiap data yang diperoleh dianalisis secara sistematis dan bertahap sesuai dengan fokus penelitian, yaitu menganalisis dampak cuaca *ekstrem* terhadap kerusakan *Mainmast* pada kapal MV ISA GOLDEN. Pendekatan ini digunakan agar hasil analisis mampu menggambarkan hubungan antara kondisi cuaca *ekstrem*, gerakan kapal, beban dinamis, dan kerusakan struktur *Mainmast* secara lebih mendalam dan terarah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Konteks Penelitian

MV ISA GOLDEN merupakan kapal niaga jenis Bulk Carrier yang dioperasikan untuk mengangkut muatan curah kering (*dry bulk cargo*), seperti batu bara dan pupuk. Kapal ini berlayar di bawah bendera Indonesia dan terdaftar pada Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) sebagai lembaga klasifikasi yang bertugas menjamin kelayakan konstruksi, permesinan, serta keselamatan operasional kapal sesuai dengan ketentuan nasional maupun standar internasional. *Mainmast* atau tiang *mast* merupakan salah satu komponen struktur bagian atas kapal (*superstructure*) yang memiliki fungsi sangat penting dalam menunjang keselamatan pelayaran. Pada MV ISA GOLDEN, *Mainmast* dipasang di bagian atas anjungan (*bridge top*) dengan konstruksi rangka baja berbentuk tubular (*truss structure*) yang dirancang mampu menahan beban statis maupun beban dinamis selama kapal beroperasi.

Hasil Observasi

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan secara langsung selama pelaksanaan praktik laut (PRALA) di atas MV. ISA GOLDEN, diketahui bahwa kerusakan *Mainmast* merupakan salah satu bentuk kegagalan struktur kapal yang dipengaruhi oleh kombinasi faktor lingkungan dan kondisi *material*. Hasil observasi menunjukkan bahwa faktor cuaca *ekstrem* bukan merupakan satu-satunya penyebab kerusakan. Berdasarkan Berita Acara *Mainmast* Anjungan Patah disebutkan bahwa setelah dilakukan pemeriksaan terhadap bagian *Mainmast* yang roboh, diketahui kondisi *Mainmast* telah mengalami keropos akibat korosi.

Hasil Wawancara

Berdasarkan hasil wawancara dengan Nakhoda, Chief Officer, Second Officer, dan Boatswain MV ISA GOLDEN, dapat disimpulkan bahwa kerusakan *Mainmast* dipengaruhi oleh kombinasi cuaca *ekstrem*, gelombang tinggi, angin kencang, serta gerakan *rolling* dan *pitching* yang menimbulkan beban dinamis berulang pada struktur. Faktor korosi dan usia operasional kapal turut meningkatkan kerentanan struktur terhadap kerusakan. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan cuaca secara berkelanjutan, penerapan *Planned Maintenance System* (PMS), serta inspeksi rutin terhadap sambungan las, baut, dan kondisi struktur *Mainmast* untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan menjaga keselamatan pelayaran.

Studi Dokumentasi

Dokumentasi dimanfaatkan dalam penelitian ini sebagai data pendukung yang berfungsi memperkuat hasil analisis yang diperoleh dari observasi dan wawancara. Seluruh dokumen tersebut dihimpun peneliti selama menjalani praktik laut (prala) di atas kapal MV

ISA GOLDEN sehingga memiliki keterkaitan langsung dengan peristiwa yang menjadi fokus penelitian.

Pembahasan

Berdasarkan hasil observasi, kerusakan *Mainmast* pada MV ISA GOLDEN tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan dipengaruhi oleh akumulasi beban dinamis akibat cuaca *ekstrem* berupa angin kencang, gelombang tinggi, serta gerakan *rolling* dan *pitching* kapal. Pembebanan berulang tersebut menyebabkan akumulasi tegangan (*fatigue*) pada bagian struktur yang rentan dan diperburuk oleh faktor usia operasional, korosi, kondisi material, serta pemeliharaan struktur. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa penerapan prosedur keselamatan belum sepenuhnya menghilangkan risiko kerusakan ketika kapal menghadapi kondisi lingkungan laut yang *ekstrem*. Dengan demikian, kerusakan *Mainmast* merupakan hasil interaksi antara faktor lingkungan, beban dinamis, dan kondisi struktural kapal yang berlangsung secara bertahap hingga menyebabkan penurunan integritas struktur.

Faktor yang paling dominan menyebabkan kerusakan Mainmast

Berdasarkan analisis dan data empiris dari hasil penelitian MV ISA GOLDEN, serta didukung oleh hasil observasi, wawancara dan dokumentasi berikut adalah analisis mendalam yang mengaitkan temuan lapangan dengan teori. Pembahasan ini menjelaskan keterkaitan antarfaktor yang paling dominan penyebab kerusakan *Mainmast*, khususnya yang diakibatkan oleh tekanan angin yang konsisten, hempasan gelombang, pergerakan kapal

Dampak cuaca ekstrem di Samudra Hindia terhadap kerusakan Mainmast di MV ISA GOLDEN

Berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara informan, serta tinjauan laporan teknis, kegagalan struktural pada *Mainmast* MV ISA GOLDEN diidentifikasi sebagai fenomena multivariabel. Kerusakan tersebut merupakan implikasi dari interaksi kompleks antara faktor operasional dan kondisi lingkungan. Dari berbagai variabel yang dikaji, determinan utama kegagalan berpusat pada akumulasi tegangan akibat beban dinamis cuaca *ekstrem* (faktor *eksternal*) yang teramplifikasi oleh degradasi mekanis *material* akibat korosi (faktor *internal*).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, cuaca *ekstrem* di Samudra Hindia memberikan dampak signifikan terhadap kerusakan *Mainmast* MV ISA GOLDEN melalui pembebanan dinamis akibat angin kencang, gelombang tinggi, serta gerakan *rolling* dan *pitching* yang berlangsung berulang. Kerusakan tidak hanya menyebabkan patahnya *Mainmast*, tetapi juga menimbulkan

kerusakan pada railing, papan nama kapal, dan wire antenna radio SSB sehingga mengurangi keandalan sistem komunikasi dan navigasi. Faktor dominan penyebab kerusakan merupakan interaksi antara beban dinamis akibat cuaca *ekstrem* dan degradasi material akibat korosi yang menurunkan kekuatan struktur. Penanganan dilakukan melalui pengamanan darurat dan rencana penggantian *Mainmast*, sedangkan upaya mitigasi meliputi inspeksi berkala, pengujian ultrasonik untuk mendeteksi penipisan material, serta penyesuaian kecepatan dan haluan kapal saat menghadapi cuaca *ekstrem* guna mencegah kerusakan serupa dan meningkatkan keselamatan pelayaran.

Berdasarkan hasil penelitian, perusahaan pelayaran disarankan untuk meningkatkan inspeksi dan pemeliharaan preventif *Mainmast* melalui penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) berbasis kondisi, pemeriksaan ketebalan material dengan Ultrasonic Thickness Measurement (UTM), serta pengawasan terhadap korosi, sambungan las, baut, dan dudukan peralatan. Awak kapal perlu meningkatkan pemantauan cuaca dan melakukan inspeksi *Mainmast* sebelum dan setelah menghadapi cuaca *ekstrem* serta segera melaporkan setiap indikasi kerusakan. Bagi pendidikan pelayaran dan akademisi, hasil penelitian ini dapat dijadikan studi kasus dalam pembelajaran keselamatan dan konstruksi kapal. Sementara itu, peneliti selanjutnya diharapkan mengembangkan kajian menggunakan pendekatan kuantitatif atau numerik, seperti Finite Element Analysis (FEA), analisis tegangan, pengujian material, dan pengukuran laju korosi untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh cuaca *ekstrem* terhadap keandalan struktur kapal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada seluruh crew MV ISA GOLDEN atas bantuan, dukungan, serta kesediaannya dalam memberikan informasi dan berbagi pengalaman selama pelaksanaan penelitian di lapangan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II atas arahan, masukan, dan bimbingan yang telah diberikan selama proses penelitian. Selain itu, penghargaan disampaikan kepada Universitas Hang Tuah atas dukungan dan bantuan administratif yang turut menunjang kelancaran hingga terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- (2021). Gelombang tinggi di perairan Selatan Jawa selama periode monsun timuran. *Jurnal Enggano*, 6(1), 147–164.
- Arleiny, A., Kurnia, R., Nurmala, E., Fauzi, A., & Raihannah, P. (2025). Pengaruh perubahan cuaca terhadap olah gerak MV. Palung Mas. *ALTAIR: Jurnal Transportasi dan Bahari*, 2(1), 10–18. <https://doi.org/10.62554/yf0eh376>
- Hidayah, T., Zakki, A. F., & Trimulyono, A. (2015). Analisa fatigue kapal bulk carrier 77627 DWT menggunakan prosedur Common Structural Rules for Bulk Carrier (CSR). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 3(1), 164–172.
- Mahsuna, O., Widagdo, S., & Bintoro, R. S. (2019). Tinggi gelombang di perairan pesisir Selatan Jawa. *Journal of Tropical Marine Research*, 1(2), 45–56.
- Miranda, L. J. K., Helmi, M., Hariyadi, H., Wirasatriya, A., & Purwanto, P. (2021). Studi pergerakan gelombang Kelvin berdasarkan analisis SLA (*Sea Level Anomaly*) di Samudra Hindia. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(3), 224–229. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i3.11225>
- Nurudin, F., & Hasanudin, H. (2020). Desain kapal bulk carrier guna pemenuhan kebutuhan batubara PLTU Sudimoro Pacitan. *Jurnal Teknik ITS*, 9(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i1.51448>
- Oktaviani, D., Handoyo, G., Helmi, M., & Wirasatriya, A. (2021). Karakteristik upwelling pada periode Indian Ocean Dipole (IOD) positif di perairan Selatan Jawa Barat. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(4), 23–30.
- Perkapalan, J. T. (2020). Analisa fatigue pada kapal tanker 6500 DWT berdasarkan. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(4), 588–599.
- Putranto, T., & Purwanto, D. B. (2018). Analisa gerakan rolling kapal akibat beban gelombang laut pada kapal bulk carrier. *Teknik*, 39(2), 99–105. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39n2.15783>
- Ramadhanty, W., F., Muslim, K., Rochaddi, B., Ismunarti, D., & Haryo, D. (2021). Barat Sumatera, IOD, temperatur, salinitas, massa air. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3, 1–12.
- Retika, F., Sugianto, D. N., & Widiaratih, R. (2024). Analisis terjadinya gelombang tinggi akibat pola pergerakan angin terkait keselamatan pelayaran di perairan Utara Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(4), 334–343. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v6i4.24678>
- Sari, Y. N., Wirasatriya, A., Kunarso, K., Rochaddi, B., & Handoyo, G. (2020). Variabilitas arus permukaan di perairan Samudra Hindia Selatan Jawa. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i1.6785>
- Suci, I. M., Muhammad, A., Arafat, A., Sagita, R., & Michael, A. (2020). Studi penelaahan beberapa metode pada analisis kekuatan kapal. *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 3(1), 19–25. <https://doi.org/10.62012/sensistek.v3i1.13235>
- Sutryani, H., Rikardo, D., & Galib, I. (2022). Optimalisasi olah gerak kapal dalam pelayaran menghadapi cuaca buruk di kapal. *Journal Marine Inside*, 4(1), 55–64. <https://doi.org/10.62391/ejmi.v4i1.43>

Wulandari, A. I. (2021). Respon struktur bottom kapal di bawah pengaruh gelombang sagging-hogging. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 9(2), 108–114.
<https://doi.org/10.32487/jtt.v9i2.1152>