

STRATEGI MANAJEMEN RISIKO DALAM PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR MARITIM UNTUK KESELAMATAN DAN PRODUKTIVITAS

Andi Babul Khair Heriana, Egi Sikala, Juswan

Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin

email: andibabul123@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merumuskan strategi manajemen risiko dalam pemeliharaan infrastruktur maritim guna meningkatkan keselamatan dan produktivitas operasional pelabuhan. Evaluasi difokuskan pada peran komponen infrastruktur, mencakup fasilitas, teknologi, dan prosedur operasional, terhadap efektivitas pengelolaan risiko. Pemeliharaan serta perbaikan infrastruktur maritim memiliki peran penting dalam menjamin kelancaran aktivitas pelabuhan sekaligus menjaga standar keselamatan. Namun, proses ini kerap menghadapi tantangan, seperti keterlambatan pekerjaan, kerusakan peralatan, serta faktor lingkungan yang berpotensi menurunkan produktivitas. Penelitian ini menerapkan pendekatan manajemen risiko melalui identifikasi potensi bahaya, analisis tingkat kemungkinan dan dampak, serta perumusan strategi mitigasi berdasarkan standar keselamatan maritim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan manajemen risiko yang terstruktur mampu mengurangi potensi kecelakaan kerja, menekan biaya tak terduga, serta meningkatkan keandalan infrastruktur dan efisiensi operasional pelabuhan. Strategi ini menunjukkan efektivitas dalam menyeimbangkan keselamatan dengan produktivitas melalui optimalisasi pengelolaan pemeliharaan infrastruktur. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa manajemen risiko bukan hanya instrumen penting dalam pemeliharaan infrastruktur maritim, melainkan juga pendekatan strategis untuk memastikan keberlanjutan produktivitas pelabuhan. Temuan ini memberikan kontribusi bagi pengembangan kebijakan pemeliharaan yang adaptif, berorientasi pada keselamatan, serta responsif terhadap dinamika lingkungan operasional maritim.

Kata Kunci: Keselamatan pelabuhan, manajemen risiko, pemeliharaan infrastruktur maritim, produktivitas operasional, strategi mitigasi.

Abstract

This study aims to formulate a risk management strategy in maritime infrastructure maintenance to improve port operational safety and productivity. The evaluation focuses on the role of infrastructure components, including facilities, technology, and operational procedures, in the effectiveness of risk management. Maritime infrastructure maintenance and repair play a crucial role in ensuring the smooth operation of port activities while maintaining safety standards. However, this process often faces challenges, such as work delays, equipment damage, and environmental factors that have the potential to reduce productivity. This study applies to a risk management approach through the identification of potential hazards, analysis of the level of likelihood and impact, and formulation of mitigation strategies based on maritime safety standards. The results show that the implementation of structured risk management can reduce the potential for work accidents, reduce unexpected costs, and improve infrastructure reliability and port operational efficiency. This strategy demonstrates effectiveness in



balancing safety with productivity through optimizing infrastructure maintenance management. Thus, this study confirms that risk management is not only an important instrument in maritime infrastructure maintenance but also a strategic approach to ensure sustainable port productivity. These findings contribute to the development of adaptive, safety-oriented maintenance policies that are responsive to the dynamics of the maritime operational environment.

Keywords: *Port safety, risk management, maritime infrastructure maintenance, operational productivity, mitigation strategies.*

PENDAHULUAN

Infrastruktur maritim memiliki peranan krusial dalam mendukung kelancaran aktivitas di pelabuhan yang merupakan pusat dari perdagangan dan transportasi laut. Pemeliharaan infrastruktur ini bertujuan tidak hanya untuk mempertahankan fungsi dan keandalan fasilitas, tetapi juga untuk menjamin standar keselamatan yang tinggi, guna mencegah terjadinya kecelakaan dan gangguan dalam operasional. Namun, dalam pelaksanaannya, pemeliharaan sering dihadapkan pada sejumlah tantangan, seperti keterlambatan proyek, kerusakan alat, serta dampak dari faktor lingkungan yang dapat berpengaruh negatif terhadap produktivitas pelabuhan secara signifikan. Kondisi ini menunjukkan perlunya strategi pemeliharaan berbasis manajemen risiko yang lebih sistematis agar pelabuhan tetap berfungsi optimal dalam situasi penuh ketidakpastian. Ketahanan pelabuhan menyoroti kebutuhan mendesak untuk menggabungkan alat dan metode manajemen risiko yang holistik agar pelabuhan dapat meningkatkan kapasitas dalam memprediksi, mengantisipasi, serta merespon gangguan sehingga tetap beroperasi dengan optimal (Maritime Economics & Logistics, 2025).

Kajian tentang ketahanan dan manajemen risiko pada infrastruktur maritim telah banyak dibahas dalam literatur. Studi oleh Sieswerda (2024) menekankan perlunya strategi pemeliharaan berbasis risiko yang berkelanjutan untuk mengoptimalkan kinerja aset pelabuhan serta mengelola degradasi yang terjadi akibat penuaan dan tekanan lingkungan. Pendekatan ini memungkinkan pengelola pelabuhan untuk memprioritaskan pemeliharaan secara sistematis dengan analisis risiko yang terintegrasi pada berbagai tahap, sehingga anggaran dan sumber daya dapat digunakan secara efektif. Penelitian lain mengembangkan model dinamis multi-tahap untuk menganalisis redistribusi beban dalam jaringan pelabuhan dan dry port, yang menunjukkan perlunya analisis risiko berlapis untuk menghadapi potensi kegagalan rantai pasok yang kompleks (ScienceDirect, 2025). Studi kasus di Meizhou Bay Port memberikan gambaran praktis tentang strategi peningkatan resiliensi pelabuhan terhadap gangguan eksternal seperti perubahan iklim dan tekanan lingkungan, dengan mengintegrasikan aspek teknis, manajerial, dan kebijakan dalam kerangka pengelolaan risiko (Sustainability, 2024).

Meskipun penelitian terdahulu telah membahas aspek resiliensi dan manajemen risiko pelabuhan, sebagian besar kajian masih terfokus pada perspektif makro seperti jaringan logistik atau pada kasus tertentu. Belum banyak penelitian yang secara komprehensif mengaitkan manajemen risiko dengan strategi pemeliharaan infrastruktur maritim dalam kerangka operasional sehari-hari pelabuhan. Penelitian ini menawarkan kebaruan berupa pengembangan strategi manajemen risiko yang terintegrasi dengan pemeliharaan infrastruktur maritim pada level operasional pelabuhan. Pendekatan yang digunakan tidak hanya menekankan aspek pencegahan risiko, tetapi juga mengadopsi konsep resiliensi agar pelabuhan lebih adaptif terhadap ketidakpastian lingkungan dan potensi gangguan sistemik. Kontribusi ilmiah penelitian ini adalah menghadirkan kerangka kerja pemeliharaan berbasis risiko yang mampu menjembatani kesenjangan penelitian terdahulu melalui integrasi antara fasilitas, teknologi, dan prosedur operasional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang strategi manajemen risiko yang sistematis dalam pemeliharaan infrastruktur maritim demi meningkatkan keselamatan serta produktivitas

operasional pelabuhan. Penilaian akan difokuskan pada fungsi komponen infrastruktur, termasuk fasilitas, teknologi, dan prosedur operasional, dalam mendukung efektivitas pengelolaan risiko. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kebijakan pemeliharaan yang fleksibel, berfokus pada keselamatan, serta responsif terhadap perubahan dalam lingkungan operasional maritim, sehingga produktivitas pelabuhan dapat dipastikan tetap berkelanjutan.

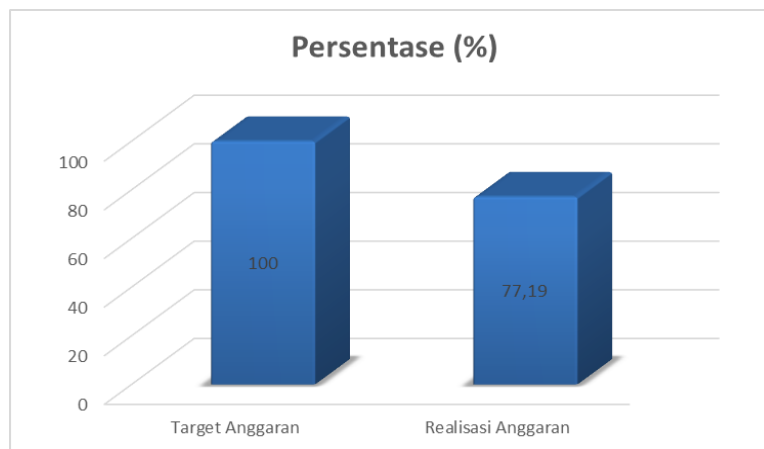
METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Pendekatan ini dilakukan dengan melakukan kajian literatur yang meliputi pengumpulan, pembacaan, pencatatan, serta pengorganisasian berbagai materi penelitian yang berkaitan dengan manajemen risiko, perawatan, dan perbaikan infrastruktur maritim. Pada tahap komunikasi, data diperoleh dengan mencari informasi dari sumber-sumber ilmiah, jurnal, dan publikasi online yang mengulas penerapan manajemen risiko di bidang maritim. Setelah itu, tahap penyusunan dilakukan, yaitu memproses dan menganalisis informasi yang telah diperoleh sehingga menghasilkan dokumen penelitian yang menjelaskan penerapan manajemen risiko dalam pemeliharaan dan perbaikan infrastruktur maritim. Hasil dari metode ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang mendalam tentang strategi manajemen risiko dalam pemeliharaan untuk meningkatkan keselamatan dan produktivitas infrastruktur maritim.

HASIL

Kebijakan dan Realisasi Anggaran Nasional: Analisis Renstra Ditjen Hubla 2020–2024 dan Evaluasi Paruh Waktu

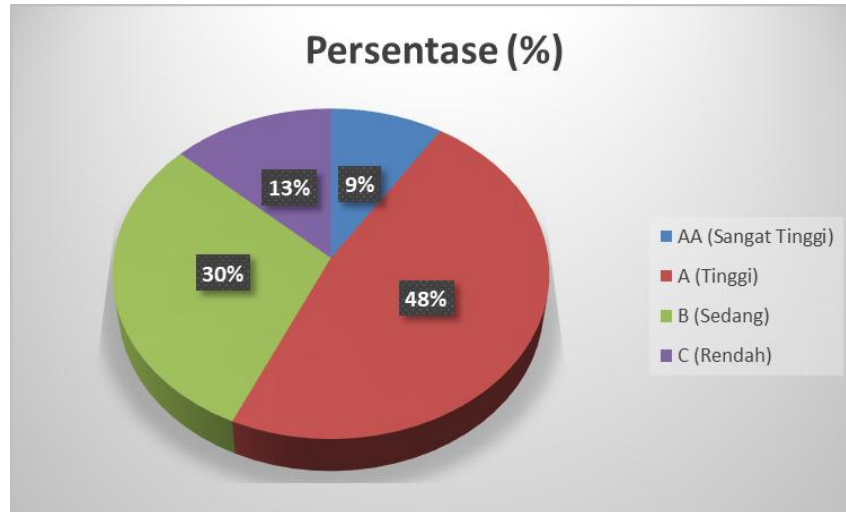
Renstra Ditjen Perhubungan Laut 2020–2024 menetapkan sasaran pembangunan infrastruktur pelabuhan, peningkatan kapasitas dermaga dan fasilitas navigasi, serta penguatan SDM dan regulasi pendukung. Dokumen ini menjadi acuan perencanaan nasional sektor pelayaran selama periode 2020–2024. Evaluasi paruh waktu Renstra (2022) menunjukkan bahwa realisasi APBN untuk program Ditjen Hubla periode 2020–2022 hanya mencapai **77,19%** dari kebutuhan estimasi. Meski demikian, sebagian besar indikator kinerja tetap tercapai di atas 95%. Kondisi ini menegaskan adanya gap pendanaan yang dapat mempengaruhi kecepatan pemeliharaan dan investasi infrastruktur pelabuhan.



Gambar 1. Grafik Kolom (*Clustered Column*) membandingkan target 100% vs realisasi 77,19%. Menunjukkan adanya gap antara target anggaran dengan realisasi.

Analisis Kuantitatif Manajemen Risiko Operasional: Studi Kasus pada Pelabuhan Batubara

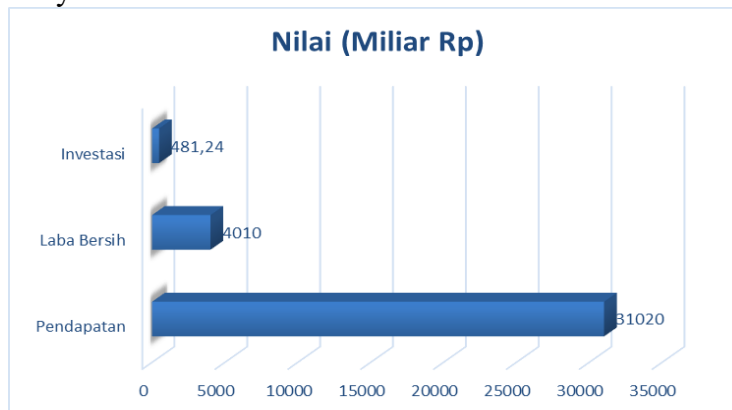
Studi lapangan pada unit operasional pelabuhan batubara (PT A) menemukan 499 bahaya teridentifikasi, terbagi dalam 8 kategori utama. Bahaya dominan adalah mekanis (28,54%) dan lingkungan kerja (26,22%). Berdasarkan matriks risiko, distribusi tingkat bahaya adalah AA (9,22%), A (47,90%), B (30,26%), C (13,23%). Data ini mengonfirmasi bahwa aktivitas bongkar muat memiliki beban risiko tinggi dan membutuhkan mitigasi prioritas.



Gambar 2. Grafik Pie chart menggambarkan proporsi setiap tingkat risiko. Risiko kategori A mendominasi dengan hampir 48% sehingga perlu prioritas mitigasi.

Kinerja Operator Pelabuhan Nasional: Studi Empiris PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) Tahun 2023

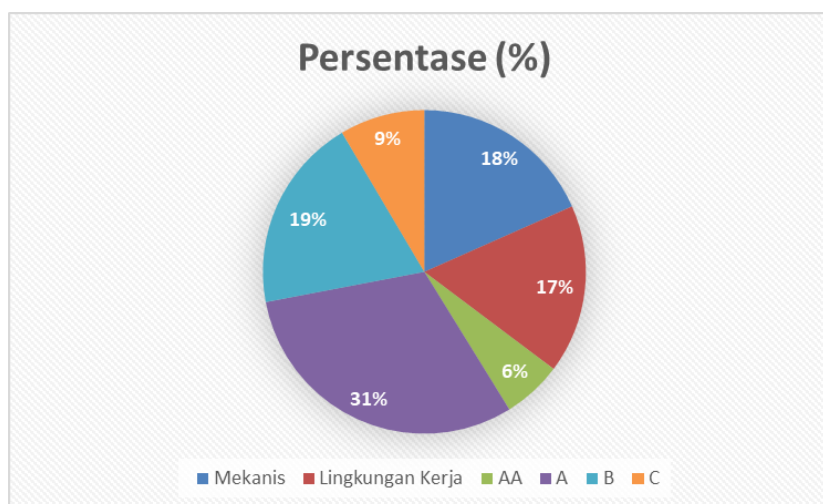
PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) sebagai operator utama pelabuhan nasional melaporkan dalam Annual Report 2023: Pendapatan operasi sekitar Rp31,02 triliun, Laba bersih sebesar Rp4,01 triliun, dan peningkatan throughput kapal/TEU. Realisasi fisik investasi di beberapa entitas anak juga signifikan, misalnya Rp481,24 miliar pada salah satu terminal. Angka ini membuktikan kapasitas finansial yang kuat, namun arah alokasi (apakah untuk pemeliharaan struktural atau ekspansi) perlu dianalisis lebih lanjut. Pendapatan dan investasi relatif besar, laba bersih jauh lebih kecil menunjukkan efisiensi dan kebutuhan optimalisasi biaya.



Gambar 3. Bar chart (*horizontal*) membandingkan besaran pendapatan, laba bersih, dan investasi.

Transformasi Digital melalui Pemeliharaan Prediktif: Tinjauan Literatur 2024–2025

Literatur terbaru menunjukkan bahwa predictive maintenance (PdM) berbasis data dan machine learning pada aset pelabuhan (cranes, container handling equipment, sistem pompa) efektif menurunkan downtime dan biaya tak terduga. Studi MDPI (2024–2025) menekankan pentingnya pilot project PdM pada aset kritis dengan roadmap data yang jelas sebelum implementasi skala luas.



Gambar 4. Pie chart memperlihatkan distribusi bahaya (Mekanis, lingkungan kerja, kode AA, A, B dan C adalah tingkat resiko mulai dari sangat tinggi, tinggi, sedang dan rendah).

PEMBAHASAN

Kesenjangan kebijakan vs realisasi (risiko akibat keterbatasan anggaran)

Rencana strategis Direktorat Jenderal Hubungan Laut 2020-2024 mengembangkan kebijakan yang mencakup rehabilitasi pelabuhan, pengerukan alur pelayaran, pembaruan sistem navigasi, serta peningkatan kemampuan sumber daya manusia dan regulasi yang mendukung. Namun, realisasi anggaran negara untuk program ini selama tahun 2020 hingga 2022 hanya mencapai sekitar 77,19% dari kebutuhan yang diperkirakan. Kesenjangan pendanaan ini berdampak langsung pada penundaan pemeliharaan preventif, pergeseran fokus proyek ke proyek-proyek yang sangat penting, dan meningkatnya risiko kerusakan struktural, terutama di pelabuhan kecil dan menengah yang memiliki keterbatasan sumber daya teknis dan anggaran. Situasi ini menunjukkan bahwa tanpa adanya peningkatan realisasi anggaran menuju angka 90-100%, efektivitas strategi dalam manajemen risiko akan terhambat.

Dari identifikasi bahaya ke prioritas mitigasi (bukti kuantitatif kasus lokal)

Sebuah studi tentang pelabuhan batubara menemukan 499 bahaya yang tergolong ke dalam delapan kategori utama. Bahaya yang bersifat mekanis (28,54%) dan lingkungan kerja (26,22%) menjadi yang paling menonjol. Menurut matriks risiko, kategori risiko tinggi (“AA + A”) mencapai sekitar 57,12%, sedangkan kategori risiko sedang dan rendah masih cukup signifikan. Data ini menunjukkan bahwa sumber daya untuk mitigasi perlu difokuskan secara proporsional pada elemen-elemen yang paling berbahaya pada peralatan mekanis seperti crane, conveyor, dan sistem bongkar-muat serta kondisi lingkungan kerja seperti debu, penyebab drainase yang buruk, dan kebisingan. Oleh karena itu, penerapan strategi pemeliharaan berbasis risiko (RBM) yang mengalokasikan anggaran dan tenaga kerja

berdasarkan penilaian risiko menjadi sangat mendesak agar potensi risiko keselamatan dan operasional dapat dikurangi.

Peran operator skala nasional (apakah investasi seimbang ke pemeliharaan?)

PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) melaporkan bahwa pendapatan operasional pada tahun 2023 naik menjadi Rp31,02 triliun dan laba bersih sekitar Rp4,01 triliun. Namun, informasi yang tersedia untuk publik hingga saat ini masih belum memberikan rincian jelas mengenai proporsi pendapatan dan belanja modal yang dikhususkan untuk perawatan struktur dermaga dibandingkan untuk pengembangan kapasitas operasional atau fasilitas baru. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada kapasitas finansial yang cukup besar, terdapat ketidakjelasan mengenai fokus investasi yang dapat berdampak pada keselamatan dan produktivitas dalam jangka panjang. Sebagai contoh, investasi untuk memperluas kapasitas tanpa perawatan yang memadai dapat menyebabkan peningkatan kerusakan dan waktu tidak operasional, yang akan merugikan dari segi finansial dan operasional.

Nilai tambah predictive maintenance (PdM) & digitalisasi

Penelitian terkini mengenai perawatan berbasis prediksi (PdM) menunjukkan bahwa pemanfaatan data operasional, pembelajaran mesin, dan sensor IoT dapat mengurangi waktu henti yang tidak terduga serta meningkatkan efisiensi operasi. Sebagai ilustrasi, studi berjudul “Perawatan Prediktif Berbasis Pembelajaran Mesin di Pelabuhan Cerdas Menggunakan Data Sensor IoT” melaporkan bahwa terminal kontainer dapat mengurangi waktu kosong dan kegagalan peralatan yang tidak terduga dengan menerapkan model prediksi, yang mengarah pada penghematan biaya operasional dan peningkatan throughput. Namun, untuk menerapkan PdM di seluruh Indonesia, diperlukan peta jalan yang jelas mengenai pengembangan infrastruktur sensor, interoperabilitas data, sistem prediksi yang teruji, dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia termasuk pelatihan teknis dan analisis data. Di samping itu, kesuksesan PdM sangat tergantung pada konsistensi pencatatan data peralatan dan integrasi dengan sistem manajemen aset yang telah ada.

Aspek keamanan siber juga merupakan elemen penting karena adanya kemungkinan celah pada jaringan IoT bisa membawa risiko baru bagi operasional pelabuhan. Pengalaman global, seperti di pelabuhan Rotterdam dan Singapura, menunjukkan bahwa penerapan PdM harus melalui tahap uji coba yang bertahap sebelum diterapkan di seluruh fasilitas. Di Indonesia, proyek percontohan bisa dipusatkan pada peralatan bongkar muat berkapasitas besar, seperti quay crane, yang secara langsung mempengaruhi produktivitas. Kebijakan dari pemerintah perlu mendorong kerja sama antara pengelola pelabuhan, penyedia teknologi, dan lembaga penelitian untuk menjamin proses transfer pengetahuan berjalan dengan baik. Apabila syarat-syarat tersebut dapat dipenuhi, PdM berpotensi tidak hanya meningkatkan keselamatan dan efisiensi kerja, tetapi juga memperkuat daya saing logistik maritim Indonesia di level regional. Selain itu, keberhasilan pelaksanaan PdM dapat menjadi contoh transformasi digital di sektor maritim yang terukur dan berbasis data. Ini juga dapat membantu pencapaian sasaran nasional dalam efisiensi rantai pasokan dan pengurangan biaya logistik.

KESIMPULAN

Antara 2020–2025, strategi manajemen risiko dalam pemeliharaan infrastruktur maritim di Indonesia menunjukkan hubungan yang erat antara kebijakan nasional, kondisi operasional, dan kesiapan teknologi.

Prioritas dan Tantangan dalam Pemeliharaan Infrastruktur Maritim Awalnya, rencana kebijakan negara melalui Renstra Ditjen Hubla periode 2020–2024 memfokuskan pada perawatan dermaga, jalur kapal, dan alat navigasi. Tetapi, anggaran yang dipakai hanya sekitar $\pm 77,19\%$ (2020–2022), yang bisa menyebabkan penundaan perawatan rutin. Perbedaan ini menunjukkan bagaimana kurangnya dana bisa langsung mempengaruhi keamanan pelayaran dan kelancaran kegiatan di pelabuhan.

Berikutnya, penelitian di pelabuhan batubara menemukan 499 potensi bahaya, dengan lebih dari setengahnya (kategori AA + A) berisiko tinggi sampai sangat tinggi. Hasil ini menyoroti pentingnya perawatan berbasis risiko (RBM) yang mengutamakan peralatan penting seperti crane, konveyor, dan sistem bongkar muat. Melalui cara ini, rencana perawatan bukan hanya mencegah kecelakaan kerja tetapi juga memastikan kelancaran pengiriman barang.

Kemudian, kinerja perusahaan pelabuhan negara (PT Pelindo) menunjukkan kemampuan keuangan yang besar (pendapatan 2023 sebesar Rp31,02 triliun dengan laba Rp4,01 triliun). Namun, perlu diteliti lebih lanjut tentang pembagian anggaran untuk modal (CAPEX) dan biaya operasional (OPEX) untuk perawatan infrastruktur. Peningkatan produktivitas dalam jangka panjang hanya dapat dipertahankan jika sebagian besar investasi digunakan untuk perawatan struktur dan pembaruan sistem.

Terakhir, informasi dari dunia internasional (2024–2025) tentang perawatan prediktif (PdM) menunjukkan potensi besar dalam mengurangi waktu henti, biaya tak terduga, serta meningkatkan kinerja. Penerapan PdM di pelabuhan penting di Indonesia (contohnya Tanjung Priok, Belawan, Makassar) bisa menjadi langkah konkret untuk menyatukan aspek keselamatan dengan efisiensi secara bersamaan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa strategi pengelolaan risiko dalam perawatan infrastruktur maritim tidak hanya bertujuan untuk mencegah kecelakaan, tetapi juga sebagai kunci peningkatan produktivitas pelabuhan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Susanto, A. Subhan, and T. A. Astiti, “Implementasi Sistem Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Unit Operasional Pelabuhan Batubara PT A,” *Jurnal K3 & Manajemen Industri (JKMI)*, 2025.
- [2] A. S. Kalafatelis, et al., “Towards Predictive Maintenance in the Maritime Industry: A Component-Based Overview,” *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 13, no. 3, 2025.
- [3] “Ditjen Hubla Susun Reviu Renstra 2020–2024,” *Maritimnews*, 13 Oct. 2022.
- [4] Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, *Rencana Strategis Direktorat Jenderal Perhubungan Laut 2020–2024*. Kementerian Perhubungan RI, 2020.
- [5] Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, *Laporan Kinerja Instansi Pemerintah (LKIP) Ditjen Hubla Tahun 2024*. Kementerian Perhubungan RI, 2024.
- [6] D. Simion, I. Postolache, B. Fleacă, and E. Fleacă, “AI-Driven Predictive Maintenance in Modern Maritime Transport — Enhancing Operational Efficiency and Reliability,” *Applied Sciences*, vol. 14, no. 20, 2024.
- [7] H. Luthfiyah, “Pengaruh Infrastruktur Pelabuhan terhadap Manajemen Risiko dan Efektivitas Logistik,” *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 10, 2024.
- [8] International Organization for Standardization, *ISO 31000:2018 Risk management Guidelines*. ISO, 2018.
- [9] L. Leoni, “On risk-based maintenance: A comprehensive review,” *Reliability Engineering & System Safety*, 2021.
- [10] PT Pelabuhan Indonesia (Persero), *Annual Report 2023*. Pelindo, 2024.