P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638
JOURNAL MARINE INSIDE
VOLUME 8, ISSUE 2, DECEMBER 2026
https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/

JENIS ARTIKEL: ARTIKEL PENELITIAN

Peran pelayanan pandu tunda dalam menunjang kegiatan berthing dan unberthing kapal PT. SLUP di TUKS Seaport Tanjung Tapa

Boedi Prihandono*, Asnawi, Ade Taopik Hidayatuloh, Dwi Endah Kurniasari, Dani Ardianto[1]

Politeknik Pelayaran Banten
E-mail koresponden: prihan1966@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pelaksanaan pelayanan pandu tunda, mengidentifikasi hambatan yang dihadapi di lapangan, serta merumuskan upaya pemecahan masalah guna meningkatkan keselamatan dan kelancaran operasional kapal. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif, dengan teknik pengumpulan data melalui observasi langsung, wawancara mendalam dengan subjek penelitian (seperti port captain, petugas pandu, nakhoda kapal tunda, radio operator, dan pihak terkait), serta studi dokumentasi (termasuk SOP perusahaan dan Assist Tug Daily Report). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan pelayanan pandu tunda di PT. SLUP mengacu pada Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku, meliputi tahapan persiapan komunikasi, pemeriksaan kondisi cuaca, arus, dan angin, koordinasi Pilot Boarding Ground (PBG), serta pemanfaatan assist tug dalam proses berthing dan unberthing. Meskipun demikian, beberapa hambatan masih kerap dijumpai, di antaranya faktor cuaca ekstrem (seperti kecepatan angin dan arus yang melampaui batas toleransi operasional), keterbatasan ruang gerak alur pelayaran, serta kendala koordinasi teknis antarpihak terkait. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi hambatan tersebut meliputi penundaan kegiatan demi keselamatan (safety first), optimalisasi komunikasi radio dan pemantauan AIS, serta peningkatan koordinasi yang intensif antara petugas pandu, nakhoda, crew kapal tunda, dan petugas mooring gang di dermaga.

Kata Kunci: Pelayanan Pandu Tunda, Berthing, Unberthing, Terminal Khusus (TUKS), Keselamatan Pelayaran.

ABSTRACT

This study aims to determine the implementation of towing and pilotage services, identify field obstacles encountered, and formulate problem-solving efforts to improve safety and smooth vessel operations. The research method used is descriptive qualitative, with data collection techniques through direct observation, in-depth interviews with research subjects (such as port captains, pilots, tugboat masters, radio operators, and related parties), as well as documentation studies (including company SOPs and Assist Tug Daily Reports). The results of the study indicate that the implementation of towing and pilotage services at PT. SLUP refers to the applicable Standard Operating Procedures (SOP), covering the stages of communication preparation, inspection of weather, current, and wind conditions, Pilot Boarding Ground (PBG) coordination, and the utilization of assist tugs in the berthing and unberthing processes. Nevertheless, several obstacles are still frequently encountered, including extreme weather factors (such as wind speed and currents exceeding operational tolerance limits), limited maneuvering space in the navigational channel, and technical coordination constraints among related parties. Efforts made to overcome these obstacles include postponing activities for the sake of safety (safety first), optimizing radio communication and AIS monitoring, and increasing intensive coordination between pilots, masters, tugboat crews, and mooring gang personnel at the pier.

Keywords: *Towing and Pilotage Services, Berthing, Unberthing, Special Terminal (TUKS), Maritime Safety.*

INFORMASI ARTIKEL

Diterima	Direvisi	Disetujui	Diterbitkan
3 November 2026	20 November 2026	25 November 2026	26 Desember 2026

DOI: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.312

Cara Mengutip: Boedi Prihandono, Asnawi, Ade Taopik Hidayatuloh, Dwi Endah Kurniasari, Dani Ardianto, "Peran pelayanan pandu tunda dalam menunjang kegiatan berthing dan unberthing kapal PT. SLUP di TUKS Seaport Tanjung Tapa," Journal Marine Inside, vol. 8, no. 2, pp. 369–374, 2026, doi: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.312.

AKSES TERBUKA, HAK CIPTA, DAN LISENSI
Hak cipta tetap pada penulis, dengan memberikan hak publikasi pertama kepada Journal Marine Inside. Artikel menggunakan lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0) sesuai perjanjian publikasi jurnal.
Journal Marine Inside is licensed under a Creative Commons Attribution-

PENDAHULUAN

Pelabuhan dan terminal khusus merupakan bagian penting dalam sistem transportasi laut karena mendukung kegiatan kedatangan, penyandaran, pelayanan, dan keberangkatan kapal. Kelancaran operasional kapal tidak hanya bergantung pada kesiapan dermaga, tetapi juga pada prosedur, sumber daya manusia, komunikasi, serta kondisi perairan. Salah satu layanan yang berperan dalam kegiatan tersebut adalah pelayanan pandu tunda, khususnya pada saat kapal melakukan penyandaran (berthing) dan pelepasan sandar (unberthing). Berthing merupakan proses manuver kapal dari perairan menuju dermaga, sedangkan unberthing adalah proses kapal meninggalkan dermaga untuk melanjutkan pelayaran. Kedua proses membutuhkan pengendalian arah dan kecepatan serta koordinasi antara petugas pandu, nakhoda, kapal tunda (assist tug), radio operator, dan petugas tambat. Pengaruh angin, arus, pasang surut, draft kapal, kedalaman alur, dan ruang manuver dapat meningkatkan risiko benturan atau kandas apabila tidak diperhitungkan secara tepat.

PT. Sinarmas LDA Usaha Pelabuhan (PT. SLUP) melaksanakan kegiatan operasional kepelabuhanan di TUKS Seaport Tanjung Tapa. Berdasarkan SOP perusahaan, pelayanan pandu tunda mencakup penerimaan informasi kapal, pemantauan posisi, pemeriksaan kondisi lingkungan, persiapan petugas, serta pengerahan assist tug. SOP juga memuat batas operasional angin maksimal 15 knot dan arus maksimal 4 knot; apabila kondisi melebihi batas tersebut, kegiatan dapat ditunda demi keselamatan. Kajian mengenai pemanduan dan penundaan kapal menekankan pentingnya kesiapan sarana bantu, kompetensi personel, dan pengendalian risiko dalam kegiatan olah gerak kapal [1].

Penggunaan tugboat membantu mengendalikan posisi kapal, terutama pada ruang manuver terbatas dan ketika pengaruh lingkungan mengganggu pergerakan kapal [2]. Ketentuan pemanduan dan penundaan kapal di Indonesia juga diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 57 Tahun 2015 [3]. Meskipun prosedur telah ditetapkan, kegiatan di lapangan masih berpotensi menghadapi cuaca yang berubah, keterbatasan alur, gangguan komunikasi, dan ketidaksiapan personel pendukung. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan pelaksanaan pelayanan pandu tunda dalam menunjang kegiatan berthing dan unberthing kapal di PT. SLUP TUKS Seaport Tanjung Tapa, mengidentifikasi hambatan yang terjadi, serta menguraikan upaya penanganannya.

Kajian operasi pelabuhan membahas penjadwalan pemanduan, alokasi tambatan, waktu tunggu, dan koordinasi kedatangan kapal [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]. Rujukan tersebut menyediakan kerangka pembanding; perbedaan konteks dan metode tidak memungkinkan hasil penelitian ini dianggap tervalidasi oleh penelitian tersebut. Kajian sandar dan tambat kapal membahas kondisi terbatas, pemantauan tambatan, respons terhadap angin dan gelombang, dan prediksi waktu sandar [13], [14], [15], [16], [17]. Rujukan tersebut menyediakan kerangka pembanding; perbedaan konteks dan metode tidak memungkinkan hasil penelitian ini dianggap tervalidasi oleh penelitian tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk menggambarkan pelaksanaan pelayanan pandu tunda berdasarkan kondisi operasional di PT. SLUP TUKS Seaport Tanjung Tapa. Fokus penelitian meliputi tahap persiapan, pelaksanaan berthing dan unberthing, koordinasi antar pihak, penggunaan assist tug, hambatan operasional, dan tindakan pengendalian keselamatan. Subjek penelitian adalah pihak-pihak yang terlibat atau memahami kegiatan pelayanan pandu tunda, antara lain Port Captain, petugas pandu, nakhoda kapal tunda, radio operator, serta pihak operasional terkait. Data primer diperoleh melalui observasi dan wawancara. Data sekunder diperoleh melalui dokumentasi perusahaan, terutama SOP sandar–lepas sandar, Assist Tug Daily Report, catatan operasional, dan dokumen pendukung lain yang relevan. Jumlah informan, rentang tanggal pengumpulan data, dan kriteria pemilihan Assist Tug Daily Report belum dijelaskan dalam catatan yang tersedia. SOP digunakan untuk menjelaskan prosedur yang ditetapkan perusahaan; observasi, wawancara, dan laporan harian digunakan untuk menggambarkan pelaksanaan. Temuan ini tidak merupakan audit kepatuhan seluruh manuver.

Pengumpulan data dilakukan dengan tiga teknik. Pertama, observasi terhadap persiapan pelayanan, komunikasi, kondisi lingkungan, pelaksanaan manuver, serta kesiapan tugboat dan petugas tambat. Kedua, wawancara semi-terstruktur untuk memperoleh informasi mengenai prosedur, pembagian tugas, kendala, dan langkah penanganan. Ketiga, dokumentasi untuk memeriksa kesesuaian informasi hasil observasi dan wawancara dengan prosedur serta laporan operasional. Analisis data dilakukan secara kualitatif melalui reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Informasi yang berkaitan dengan fokus penelitian dipilih dan dikelompokkan, kemudian disajikan secara deskriptif. Kesimpulan ditarik dengan membandingkan hasil observasi dan wawancara terhadap dokumen SOP serta laporan operasional. Data kedalaman aktual alur tidak dinyatakan sebagai angka temuan karena dokumen penelitian tidak menetapkan nilai kedalaman aktual yang dapat dipastikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Pelayanan Pandu Tunda

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelayanan pandu tunda dilaksanakan secara bertahap, dimulai dari persiapan pelayanan, pelaksanaan berthing atau unberthing, hingga evaluasi dan pencatatan. Persiapan mencakup penerimaan informasi kapal dari agen, pemeriksaan ship particulars dan draft, pemantauan posisi melalui AIS serta komunikasi radio atau kanal koordinasi, pemeriksaan kondisi cuaca dan arus, serta memastikan kesiapan assist tug dan personel yang bertugas. Pada tahap berthing, radio operator dan pihak terkait menyiapkan informasi kapal dan rencana sandar. Posisi kapal dipantau ketika mendekati area Pilot Boarding Ground (PBG). Petugas pandu kemudian naik ke kapal dan berkoordinasi dengan nakhoda mengenai rencana manuver, kondisi perairan, serta kebutuhan bantuan tugboat.

Pandu memberikan arahan terhadap arah dan kecepatan kapal, sedangkan assist tug membantu mendorong atau menarik kapal agar mendekati jetty secara terkendali. Setelah kapal berada pada posisi yang ditentukan, mooring gang mengamankan tali tambat. Pelaksanaan berthing memperhatikan kondisi lingkungan dan ketentuan khusus pada area jetty. SOP menyebutkan bahwa Jetty A1–A3 memperhatikan arah arus, Jetty B1 memperhatikan kondisi air pasang, sedangkan Jetty B2 memperhatikan kondisi air surut. Pengaturan ini menunjukkan bahwa pelaksanaan manuver perlu disesuaikan dengan kondisi perairan dan karakteristik lokasi sandar, bukan hanya mengikuti jadwal kedatangan kapal.

Pada tahap unberthing, petugas memastikan kesiapan kapal, assist tug, mooring gang, dan komunikasi. Setelah pandu berkoordinasi dengan nakhoda, tali tambat dilepaskan secara bertahap sesuai instruksi. Assist tug membantu mendorong atau menarik kapal menjauh dari jetty. Setelah kapal mencapai jarak aman, pandu mengarahkan kapal menuju area PBG dan proses pelayanan diselesaikan sesuai prosedur. Rangkaian ini memperlihatkan bahwa keselamatan bergantung pada keterpaduan tindakan seluruh pihak. Aktivitas assist tug juga dicatat dalam laporan operasional, termasuk assist berthing, assist unberthing, connect dan disconnect tug line, cast off, serta pick up dan drop pilot. Dokumentasi tersebut penting untuk menelusuri pelaksanaan pelayanan dan menjadi bahan evaluasi. Dengan demikian, pelayanan pandu tunda berkontribusi terhadap keselamatan olah gerak, pengurangan risiko benturan, dan kelancaran penggunaan jetty.

Hambatan Pelayanan Pandu Tunda

Hambatan pertama adalah kondisi cuaca dan arus. Angin di atas 15 knot atau arus di atas 4 knot dapat menyulitkan pengendalian kapal ketika mendekati maupun meninggalkan jetty. Dalam kondisi tersebut, manuver berisiko membutuhkan waktu lebih lama dan meningkatkan kemungkinan kapal bergerak tidak sesuai rencana. Oleh karena itu, batas operasional dalam SOP menjadi acuan untuk menilai apakah pelayanan dapat dilaksanakan atau harus ditunda.

Hambatan kedua berkaitan dengan keterbatasan ruang gerak dan kondisi alur pelayaran. Kapal dengan draft besar memerlukan perhatian lebih terhadap kedalaman dan ruang manuver. Perubahan dasar perairan akibat sedimentasi dapat memengaruhi ruang aman kapal. Namun, berdasarkan dokumen penelitian yang tersedia, kedalaman aktual alur dan kolam tidak dapat ditetapkan sebagai angka hasil penelitian. Pemantauan sounding dan data batimetri secara berkala diperlukan untuk mendukung keputusan operasional.

Hambatan ketiga adalah komunikasi dan koordinasi. Gangguan sinyal VHF pada titik tertentu atau keterlambatan penyampaian informasi dapat menimbulkan perbedaan pemahaman mengenai jadwal, posisi, dan instruksi olah gerak. Selain itu, keterlambatan kesiapan mooring gang atau penyesuaian waktu kedatangan assist tug dapat menimbulkan waktu tunggu. Kendala tersebut

memperlihatkan bahwa kesiapan teknis harus diimbangi dengan alur komunikasi yang jelas dan tepat waktu. Batas angin dan arus di atas merupakan ketentuan SOP lokasi studi, bukan ambang universal untuk semua kapal atau pelabuhan. Naskah belum menyajikan jumlah penundaan, tanggal kejadian, durasi, atau penyebab yang tercatat per layanan. Oleh karena itu, kendala tersebut diperlakukan sebagai kondisi yang dilaporkan, bukan statistik frekuensi penundaan.

Upaya Mengatasi Hambatan

Upaya pertama adalah menerapkan prinsip safety first melalui penundaan kegiatan apabila cuaca, angin, atau arus melampaui batas yang ditetapkan dalam SOP. Keputusan untuk menunda merupakan bentuk pengendalian risiko dan bukan semata-mata keterlambatan pelayanan. Kegiatan baru dilanjutkan setelah kondisi dinilai aman oleh pihak yang berwenang. Upaya kedua adalah memperkuat komunikasi dan koordinasi sebelum kapal tiba di PBG. Informasi kapal, rencana sandar, kondisi perairan, kebutuhan tugboat, serta kesiapan mooring gang perlu dikonfirmasi sejak awal. Komunikasi menggunakan VHF dan kanal koordinasi pendukung, termasuk pemantauan AIS, dapat membantu memastikan bahwa setiap pihak memiliki informasi yang sama. Upaya berikutnya adalah melakukan pemeriksaan dan perawatan berkala terhadap assist tug, mesin, alat komunikasi, dan fasilitas pendukung di jetty.

Pemantauan kedalaman melalui sounding atau data batimetri juga perlu dilakukan secara periodik. Selain itu, evaluasi laporan harian seperti Assist Tug Daily Report dan Daily Look Book dapat digunakan untuk meninjau kendala yang terjadi serta menentukan perbaikan prosedur dan kebutuhan peningkatan kompetensi personel. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pelayanan pandu tunda di PT. SLUP telah mengacu pada SOP perusahaan dan mengandalkan koordinasi antara pandu, nakhoda, assist tug, radio operator, serta mooring gang. Keandalan pelayanan tetap dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan kesiapan semua unsur pendukung. Konsistensi penerapan SOP, komunikasi yang efektif, pemeliharaan sarana, dan evaluasi operasional menjadi faktor penting untuk menjaga keselamatan serta kelancaran berthing dan unberthing. Evaluasi layanan selanjutnya dapat menggunakan proporsi tugboat siap operasi, jumlah gangguan komunikasi, waktu tunggu menurut penyebab, serta kelengkapan laporan manuver. Indikator ini merupakan usulan pemantauan, bukan hasil pengukuran penelitian. Keputusan operasi tetap mengacu pada SOP dan penilaian pihak yang berwenang.

SIMPULAN

Pelayanan pandu tunda di PT. SLUP TUKS Seaport Tanjung Tapa dilaksanakan melalui tahap persiapan, pemeriksaan kondisi lingkungan, koordinasi di PBG, penggunaan assist tug, pelaksanaan manuver, dan pencatatan kegiatan. Dalam proses berthing, pandu mengarahkan olah gerak kapal dengan dukungan tugboat hingga kapal berada pada posisi sandar. Dalam proses unberthing, tugboat membantu kapal menjauh dari jetty sampai mencapai jarak aman. Seluruh proses membutuhkan koordinasi antara petugas pandu, nakhoda, radio operator, kru tugboat, dan mooring gang. Hambatan utama meliputi cuaca dan arus yang melampaui batas operasional, keterbatasan ruang gerak dan potensi perubahan kedalaman alur, gangguan komunikasi, serta ketidaksesuaian waktu kesiapan personel pendukung. Penanganan dilakukan melalui penundaan operasi ketika kondisi tidak aman, penguatan koordinasi sebelum kapal tiba, pemeliharaan sarana bantu, pemantauan kondisi alur, dan evaluasi laporan operasional. Perusahaan disarankan menjaga konsistensi penerapan SOP serta meningkatkan kesiapan komunikasi, tugboat, dan personel untuk mendukung keselamatan dan kelancaran pelayanan.

Kajian operasi pelabuhan membahas penjadwalan pemanduan, alokasi tambatan, waktu tunggu, dan koordinasi kedatangan kapal [18], [19], [20], [21], [22], [23], [32]. Konteks dan rancangan setiap penelitian tersebut berbeda. Literatur ini memberikan kerangka pembanding untuk memahami topik yang dikaji. Hasil penelitian ini tetap harus ditafsirkan berdasarkan bukti yang tersedia dalam studi ini. Literatur keselamatan navigasi membahas pelatihan tim anjungan, faktor manusia, kelelahan, dan evaluasi risiko tubrukan [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31]. Konteks dan rancangan setiap penelitian tersebut berbeda. Literatur ini memberikan kerangka pembanding untuk memahami topik yang dikaji. Hasil penelitian ini tetap harus ditafsirkan berdasarkan bukti yang tersedia dalam studi ini.

DEKLARASI DAN INFORMASI TAMBAHAN

ORIGINALITAS DAN PENGAJUAN EKSKLUSIF

Para penulis diminta mengonfirmasi bahwa naskah ini asli, belum pernah diterbitkan, dan tidak sedang diajukan ke jurnal lain.

KONTRIBUSI PENULIS

Usulan CRediT (untuk persetujuan penulis): Boedi Prihandono: konseptualisasi, metodologi, analisis formal, penulisan draf awal. Asnawi; Ade Taopik Hidayatuloh; Dwi Endah Kurniasari; Dani Ardianto: investigasi, validasi, serta peninjauan dan penyuntingan naskah.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak terdapat konflik kepentingan yang dilaporkan.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan atau hibah khusus dari pihak luar, sesuai informasi yang tersedia.

PERSETUJUAN ETIK

Penelitian menggunakan data pelayanan pandu tunda, observasi dan dokumen operasional. Nomor persetujuan etik atau keputusan pengecualian belum dilaporkan.

PERSETUJUAN PARTISIPAN

Naskah melaporkan keterlibatan partisipan. Prosedur persetujuan partisipan sudah didokumentasikan dan dikonfirmasi oleh penulis.

KETERSEDIAAN DATA

Data penelitian meliputi data pelayanan pandu tunda, observasi dan dokumen operasional. Permintaan akses data pendukung dapat diajukan kepada penulis korespondensi, dengan memperhatikan izin dan kerahasiaan data.

PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN

ChatGPT (OpenAI) digunakan untuk membantu penyuntingan bahasa, struktur, pemeriksaan konsistensi, dan penyesuaian format naskah. Data, hasil, interpretasi, dan substansi ilmiah menjadi tanggung jawab para penulis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Sinarmas LDA Usaha Pelabuhan, pihak operasional TUKS Seaport Tanjung Tapa, serta dosen pembimbing Politeknik Pelayaran Banten yang telah mendukung proses penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini. Informasi dan dokumentasi yang diberikan menjadi bahan penting dalam penyusunan artikel.

INDEPENDENSI EDITORIAL

Penelaahan dan keputusan editorial dilaksanakan secara independen sesuai kebijakan Journal Marine Inside. Keterlibatan penulis dalam tim editorial perlu diungkapkan dan dikelola melalui pengunduran diri dari penanganan naskah sendiri.

HAK CIPTA DAN LISENSI

Hak cipta tetap pada penulis; Journal Marine Inside memperoleh hak publikasi pertama. Ketentuan yang dicantumkan pada template adalah lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Republik Indonesia. (2008). Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran.

[2] Paulauskas, V., et al. (2021). Tugboat operations and navigational safety in modern ports. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 15*(3), 541–548.

[3] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan menteri perhubungan nomor PM 57 tahun 2015 tentang pemanduan dan penundaan kapal*.

[4] Fan, H., Zhang, T.-H., Zhao, J., & Yue, L.-J.. (2025). Berth allocation and tugboat scheduling problem for tidal ports with compound channels: The case of Tianjin port. *Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2025.120744

[5] Idris, M., Sulistiono, A., Karubaba, O. C., Adiputra, I. K. H. P., & Syah, I. Z.. (2026). Mooring, pilotage, and towage services supporting vessel operations at Tanjung emas port, Semarang. *Jurnal Venus*. https://doi.org/10.48192/vns.v14i1.848

[6] Jia, S., Li, C.-L., & Xu, Z.. (2020). A simulation optimization method for deep-sea vessel berth planning and feeder arrival scheduling at a container port. *Transportation Research Part B: Methodological*. https://doi.org/10.1016/j.trb.2020.10.007

[7] Fei, P., Ning, W., Li, K., Xu, X., Chu, X., & Liu, C.. (2026). Coordinated vessel arrival time prediction and berth allocation optimization for efficient port operations. *Journal of Marine Science and Engineering*. https://doi.org/10.3390/jmse14080758

[8] Zheng, H., Wang, Z., & Duan, S.. (2025). Integrated optimization of vessel sequencing and bulk carrier berth allocation with shifting in a comprehensive port. *Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119891

[9] Fadiansyah, M. R., Purnomo, P., & Kusumawati, E.. (2022). Pengaruh waiting time dan berth occupancy ratio terhadap integrated port time di PT Pertamina trans kontinental cabang plaju. *Meteor STIP Marunda*. https://doi.org/10.36101/msm.v15i2.234

[10] Kahraman, S., & Zorba, Y.. (2018). Situational awareness analysis of port pilotage services. *Journal of ETA Maritime Science*. https://doi.org/10.5505/jems.2018.48569

[11] Makhado, N., Paepae, T., Sejeso, M., & Harley, C.. (2025). Berth allocation and quay crane scheduling in port operations: A systematic review. *Journal of Marine Science and Engineering*. https://doi.org/10.3390/jmse13071339

[12] Lee, D.-H., & Qiu Wang, H.. (2010). Integrated discrete berth allocation and quay crane scheduling in port container terminals. *Engineering Optimization*. https://doi.org/10.1080/03052150903406571

[13] Paulauskas, V., & Paulauskas, D.. (2025). Ship mooring methodology designed for ship berthing in extremely limited conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*. https://doi.org/10.3390/jmse13030575

[14] Sakakibara, S., & Kubo, M.. (2007). Ship berthing and mooring monitoring system by pneumatic-type fenders. *Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2006.07.006

[15] Zhu, Y., Li, X., Liu, X., Wen, M., & Chen, D.. (2026). Extreme response prediction and mooring control of a large outfitting ship under typhoon-induced wind-wave conditions using multidimensional environmental contours. *Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2026.128301
[16] Pham, T. Y., & Nguyen, P. N.. (2025). A Data-Driven framework for predicting ship berthing time and optimizing port operations at Tan Cang Cat Lai Port, Vietnam. *Case Studies on Transport Policy*. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2025.101441
[17] Sawaragi, T., Kubo, M., & Aoki, S.-I.. (1984). New mooring system to reduce ship motions and berthing energy. *Coastal Engineering in Japan*. https://doi.org/10.1080/05785634.1984.11924395
[18] Bi, Y., & Li, W. F. (2013). Multi-port and multi-berth integrated scheduling based on container port cluster. *Journal of Computer Applications*. https://doi.org/10.3724/sp.j.1087.2012.00448
[19] Malau, A. G. (2020). Analysis of factors affecting waiting time with turn round time ship in port of Bontang, Indonesia. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. https://doi.org/10.5373/jardcs/v12i1/20201921
[20] Shahpanah, A., Hashemi, A., Nouredin, G., Zahraee, S. M., & Helmi, S. A. (2014). Reduction of ship waiting time at port container terminal through enhancement of the tug/pilot machine operation. *Jurnal Teknologi*. https://doi.org/10.11113/jt.v68.2931
[21] Radmilovich, Z. R. (1992). Ship-berth link as bulk queueing system in ports. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1061/(asce)0733-950x(1992)118:5(474)
[22] Paulauskas, V., Paulauskas, D., & Paulauskas, V. (2025). Port sustainability and probabilistic assessment of ship moorings at port terminal quays. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su17208973
[23] Samosir, J. (2020). Queuing analysis for the pilotage services at the port of Tanjung Priok (Indonesia port corporation). *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. https://doi.org/10.5373/jardcs/v12sp3/20201260
[24] Hwang, T., & Youn, I.-H.. (2021). Navigation situation clustering model of Human-Operated ships for Maritime autonomous surface ship collision avoidance tests. *Journal of Marine Science and Engineering*. https://doi.org/10.3390/jmse9121458
[25] Taylor, D. H.. (1998). Rules and regulations in Maritime collision avoidance: New directions for bridge team training. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463397007686
[26] Fang, M.-C., Tsai, K.-Y., & Fang, C.-C.. (2017). A simplified simulation model of ship navigation for safety and collision avoidance in heavy traffic areas. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463317000923
[27] Zhang, J., Hu, Q., & Liao, B.. (2019). Ship collision avoidance decision model and simulation based on collision circle. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.13.02.08
[28] Cho, Y., Han, J., & Kim, J.. (2022). Efficient COLREG-Compliant collision avoidance in Multi-Ship encounter situations. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. https://doi.org/10.1109/tits.2020.3029279
[29] Li, Y., Cheng, Z., Yip, T. L., Fan, X., & Wu, B.. (2021). Use of HFACS and Bayesian network for human and organizational factors analysis of ship collision accidents in the Yangtze River. *Maritime Policy & Management*. https://doi.org/10.1080/03088839.2021.1946609
[30] Jepsen, J. R., Zhao, Z., & Van Leeuwen, W. M. A.. (2015). Seafarer fatigue: A review of risk factors, consequences for seafarers' health and safety and options for mitigation. *International Maritime Health*. https://doi.org/10.5603/imh.2015.0024
[31] Maharaj, A., Miller, K., Davis, D., & Sutherland, M.. (2025). Geostatistical analysis of maritime accidents: Identifying contributory factors and risk patterns in maritime navigation. *The International Hydrographic Review*. https://doi.org/10.58440/ihr-31-2-a10
[32] Aryanti, N. A. P., Pamujianto, S., Dekanawati, V., Widiyanto, H., & Nainggolan, N. N. (2026). Digitalisasi tata kelola pelabuhan dengan menganalisis efektivitas sistem inaportnet dalam proses clearance in dan clearance out pada pelabuhan kawasan perdagangan bebas. *Journal Marine Inside, 8*(1), 71–78. https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i1.195