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

Bernavigasi saat menghadapi cuaca buruk di kapal MV ABM JINJU

Sandy Wahyu Purnomo, Mokhammad Zulkarnain, Muhammad Iqbal

Politeknik Pelayaran Banten
E-mail koresponden: Iqbalsafira2000@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh risiko keselamatan navigasi akibat hujan deras, kabut, angin kencang, serta jarak pandang terbatas. Kondisi tersebut dapat mengganggu pengamatan visual, memengaruhi haluan dan posisi kapal, serta meningkatkan risiko penyimpangan jalur, tubrukan, maupun kandas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak cuaca buruk terhadap keselamatan navigasi, mengkaji metode bernavigasi yang diterapkan mualim jaga, dan mengevaluasi penerapan SOP keselamatan di MV ABM Jinju. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif deskriptif dengan data yang diperoleh melalui observasi selama praktik laut, wawancara dengan mualim jaga dan perwira kapal, serta dokumentasi berupa logbook dan laporan cuaca. Data dianalisis melalui tahap reduksi data, penyajian data, penarikan kesimpulan, dan triangulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hujan deras dan kabut menyebabkan restricted visibility, sedangkan angin kencang menimbulkan leeway effect yang dapat menggeser posisi dan haluan kapal, terutama ketika kapal berada di alur pelayaran atau perairan dangkal. Mualim jaga mengendalikan risiko melalui peningkatan lookout, penggunaan radar, AIS, GPS, dan ECDIS, serta pemantauan posisi, haluan, kecepatan, dan jalur kapal secara berkelanjutan yang didukung komunikasi dengan nakhoda. Tindakan seperti mengurangi kecepatan, mengubah haluan, atau berlabuh jangkar pada posisi aman diterapkan sesuai kondisi aktual. Keselamatan navigasi saat cuaca buruk bergantung pada kesiapan dan kompetensi mualim jaga, penggunaan peralatan navigasi secara efektif, komunikasi yang baik, serta pelaksanaan SOP secara disiplin.

Kata Kunci: navigasi, cuaca buruk, keselamatan pelayaran, Mualim Jaga, SOP keselamatan.

ABSTRACT

This study was conducted in response to navigational safety risks caused by heavy rain, fog, strong winds, and restricted visibility. These conditions may disrupt visual lookout, affect the vessel's heading and position, and increase the risks of route deviation, collision, and grounding. This study aims to analyze the impact of adverse weather on navigational safety, examine the navigation methods applied by watchkeeping officers, and evaluate the implementation of navigational safety Standard Operating Procedures (SOPs) on board MV ABM Jinju. This research employed a descriptive qualitative method. The data were collected through observation during the author's sea practice, interviews with watchkeeping officers and deck officers, and documentation in the form of logbooks and weather reports. The data were analyzed through data reduction, data presentation, conclusion drawing, and triangulation. The results indicate that heavy rain and fog cause restricted visibility, while strong winds create a leeway effect that may shift the vessel's position and heading, particularly when navigating in shipping channels or shallow waters. Watchkeeping officers control these risks by enhancing lookout, using radar, AIS, GPS, and ECDIS, and continuously monitoring the vessel's position, heading, speed, and track, supported by effective communication with the master. Actions such as reducing speed, altering course, or anchoring in a safe position are taken according to the actual situation. Navigational safety during adverse weather conditions depends on the readiness and competence of watchkeeping officers, the effective use of navigational equipment, good communication, and disciplined implementation of safety SOP.

Keywords: *navigation, adverse weather, maritime safety, officer of the watch, safety SOP.*

INFORMASI ARTIKEL

Diterima	Direvisi	Disetujui	Diterbitkan
7 September 2026	20 November 2026	25 November 2026	26 Desember 2026

DOI: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.270

Cara Mengutip: Sandy Wahyu Purnomo, Mokhammad Zulkarnain, Muhammad Iqbal, "Bernavigasi saat menghadapi cuaca buruk di kapal MV ABM JINJU," Journal Marine Inside, vol. 8, no. 2, pp. 362–368, 2026, doi: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.270.

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.

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki wilayah perairan yang luas dengan karakteristik cuaca dan kondisi laut yang dinamis, sehingga kegiatan pelayaran menghadapi tingkat risiko yang cukup tinggi, terutama saat menghadapi perubahan cuaca yang tidak menentu. Kondisi seperti angin kencang, hujan deras, kabut, gelombang tinggi, dan jarak pandang terbatas dapat memengaruhi kemampuan perwira jaga dalam melaksanakan pengamatan, menentukan posisi kapal, mempertahankan haluan, serta mengantisipasi bahaya navigasi. Dampak tersebut berpotensi menyebabkan kapal menyimpang dari jalur yang direncanakan dan meningkatkan risiko kecelakaan, baik saat berlayar di perairan terbuka maupun ketika melakukan olah gerak di alur pelayaran dan area jetty. Oleh karena itu, kesiapan perwira dan penerapan metode navigasi yang tepat menjadi penting untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh cuaca buruk.

Berdasarkan pengalaman penulis selama praktik di atas kapal MV ABM Jinju, tercatat dua kejadian cuaca buruk yang menunjukkan risiko terhadap keselamatan navigasi. Pada 17 Desember 2025 pukul 19.00 LT, saat berlayar dari Laut Makassar menuju Laut Jawa, kapal menghadapi kondisi *rough sea* disertai hujan deras, kabut, dan angin *fresh breeze* skala Beaufort 5 (17–21 knot atau ± 29–38 km/jam). Kondisi ini menyebabkan *restricted visibility* yang mengganggu pengamatan visual dari anjungan dan menyulitkan deteksi kapal lain serta bahaya navigasi di sekitar kapal. Pada 11 Januari 2026 pukul 10.00 LT, ketika MV ABM Jinju memasuki alur untuk *loading* di Jetty Kideco Grogot, Kalimantan Timur, terjadi kondisi mendung disertai angin kencang skala Beaufort 4 (11–16 knot atau ± 20–29 km/jam).

Berdasarkan prinsip *Bridge Resource Management* (BRM) dan tanggung jawab nakhoda sesuai SOLAS Chapter V, nakhoda memerintahkan persiapan penurunan jangkar di posisi aman. Bosun dan ABK dek menyiapkan peralatan jangkar, termasuk memeriksa *windlass brake*, melepas *securing devices*, dan siaga di stasiun jangkar, sementara nakhoda dan mualim jaga memantau posisi kapal terhadap dasar sungai dan tepi alur. Jangkar diturunkan di area aman sekitar 1 mil dari jetty dengan panjang rantai disesuaikan kedalaman dan arus, sehingga kapal dapat menahan posisi (*holding*) dan tidak terdorong angin ke perairan dangkal. Kapal menunggu hingga cuaca membaik sebelum melanjutkan manuver ke jetty, sehingga risiko kandas atau insiden lain dapat dihindari. Kedua kejadian ini menunjukkan bahwa cuaca buruk tidak hanya memengaruhi pelayaran di laut terbuka, tetapi juga meningkatkan risiko saat manuver di perairan terbatas.

Kedua kejadian tersebut menggambarkan bahwa cuaca buruk berpengaruh langsung terhadap pelaksanaan navigasi, khususnya dalam mempertahankan haluan, mengendalikan posisi kapal, menjaga jarak aman terhadap bahaya navigasi, dan meningkatkan kewaspadaan perwira jaga. Apabila tidak diantisipasi dengan metode navigasi yang tepat, kondisi ini dapat menimbulkan risiko seperti kapal keluar dari jalur, kandas, tubrukan, atau kecelakaan lainnya. Berdasarkan pengalaman di atas MV ABM Jinju, diperlukan kajian mengenai metode navigasi yang digunakan perwira saat menghadapi cuaca buruk serta langkah-langkah untuk mengurangi risiko terhadap keselamatan pelayaran. Kajian ini diharapkan memberikan gambaran mengenai penerapan metode navigasi yang tepat dalam kondisi cuaca buruk, sehingga risiko kecelakaan dapat diminimalkan dan keselamatan kapal, awak kapal, serta muatan tetap terjaga.

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif. Tujuannya adalah menggambarkan cara mualim jaga di MV ABM Jinju menerapkan navigasi ketika menghadapi cuaca buruk. Data penelitian berasal dari pengalaman langsung penulis selama praktik laut di atas kapal. Analisis berfokus pada pemahaman tindakan navigasi dalam kasus tersebut, bukan pada generalisasi statistik.

Sumber Data

Penelitian ini menggunakan sumber data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan langsung dari sumbernya melalui observasi dan wawancara dengan mualim jaga di MV ABM Jinju saat kapal menghadapi cuaca buruk, berupa catatan lapangan, rekaman wawancara, dan deskripsi tindakan navigasi perwira jaga yang menggambarkan perilaku, keputusan, serta alasan di balik setiap langkah navigasi dalam bentuk uraian kualitatif. Data sekunder diperoleh dari sumber tertulis yang sudah ada, seperti buku, jurnal, *logbook* kapal, dan dokumen terkait cuaca buruk serta prosedur navigasi, yang digunakan untuk memperkuat pemahaman konteks penelitian dan sebagai bahan pembanding dalam triangulasi data. Dua kejadian yang dilaporkan terjadi pada 17 Desember 2025 dan 11 Januari 2026. Kedua kejadian tersebut menjadi fokus pembahasan, bukan keseluruhan kejadian cuaca buruk selama praktik laut. Jumlah perwira yang diwawancarai, kriteria pemilihan informan, rentang observasi lengkap, serta identitas entri logbook belum dirinci dalam dokumentasi penelitian. Risiko tubrukan dan kandas dibahas sebagai potensi bahaya, bukan sebagai kecelakaan yang dilaporkan terjadi dalam kedua kejadian tersebut.

Teknik Pengumpulan Data

Untuk memastikan data yang dikumpulkan menggambarkan realitas di lapangan, penelitian ini menggunakan tiga teknik pengumpulan data, yaitu observasi, wawancara, dan dokumentasi, yang saling melengkapi sehingga informasi diperoleh dari berbagai sudut pandang. Observasi dilakukan dengan mengamati langsung aktivitas navigasi mualim jaga saat kapal menghadapi cuaca buruk, termasuk keputusan, komunikasi antarperwira, dan tindakan konkret untuk menjaga keselamatan kapal, sehingga penulis dapat memahami fenomena secara nyata dan mengurangi risiko interpretasi yang bias.

Wawancara dilaksanakan secara mendalam terhadap mualim jaga dan perwira lain yang terlibat dalam proses navigasi dengan pertanyaan terbuka, memungkinkan narasumber menjelaskan pengalaman, alasan, dan pertimbangan mereka saat mengambil keputusan di tengah cuaca buruk, serta menggali informasi yang tidak terlihat saat observasi, seperti motivasi dan pola pikir di balik tindakan navigasi. Dokumentasi dilakukan melalui pengumpulan dokumen pendukung seperti *logbook* kapal, laporan cuaca, foto, video, dan arsip relevan lainnya untuk melengkapi data dari observasi dan wawancara, sekaligus sebagai bahan *cross-check* dalam triangulasi data.

Teknik Analisis Data

Analisis data bertujuan memberikan gambaran tentang navigasi mualim jaga di MV ABM Jinju saat menghadapi cuaca buruk. Penelitian menggunakan model analisis kualitatif Miles dan Huberman. Pada tahap reduksi, catatan lapangan dan wawancara dipilih, disederhanakan, dan dikelompokkan sesuai fokus penelitian. Data kemudian disajikan secara naratif untuk memperlihatkan pola, tema, dan hubungan antarfenomena. Kesimpulan ditarik berdasarkan penyajian data dan diverifikasi melalui pencocokan dengan data asli serta triangulasi sumber dan teknik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi cuaca buruk menimbulkan risiko terhadap keselamatan navigasi di MV ABM Jinju melalui dua mekanisme utama, yaitu restricted visibility akibat hujan deras dan kabut, serta leeway effect yang disebabkan oleh angin kencang. Restricted visibility mengganggu pengamatan visual (lookout) dari anjungan sehingga mualim jaga harus meningkatkan intensitas pengawasan dan melengkapi pengamatan visual dengan pengamatan berbasis instrumen seperti radar, AIS, dan GPS/ECDIS. Sementara itu, leeway effect menyebabkan penyimpangan haluan dan posisi kapal dari jalur yang direncanakan, terutama ketika kapal berada di alur pelayaran atau perairan dengan kedalaman terbatas, sehingga meningkatkan risiko kapal keluar dari alur aman, mendekati perairan dangkal, mengalami tubrukan, atau kandas. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa cuaca buruk dapat mengurangi visibilitas dan memengaruhi stabilitas serta manuver kapal, sehingga memerlukan adaptasi dalam pelaksanaan navigasi.

Kejadian	Kondisi
Tanggal 11 Januari 2026, pukul 10.00 LT, saat MV ABM Jinju memasuki alur untuk loading di Jetty Kideco Grogot, Kalimantan Timur	Mendung disertai angin kencang (Beaufort 4, 11–16 knot), kapal hampir terdorong menuju perairan dangkal

Untuk mengendalikan risiko tersebut, mualim jaga menerapkan empat metode utama, yaitu meningkatkan pengawasan (*lookout*), memanfaatkan peralatan navigasi (radar, AIS, GPS, ECDIS), memantau posisi dan haluan secara berkelanjutan, serta meningkatkan komunikasi dan koordinasi dengan nakhoda. Metode-metode ini merupakan bentuk adaptasi terhadap kondisi aktual yang dihadapi kapal dan bertujuan mempertahankan situasi kapal tetap terkendali serta mengurangi kemungkinan kecelakaan. Penerapan metode ini didukung oleh pelaksanaan SOP keselamatan navigasi yang konsisten, mencakup pemantauan cuaca, pemeriksaan kesiapan peralatan navigasi, peningkatan *lookout*, pemantauan posisi dan haluan, komunikasi dengan nakhoda, serta tindakan pengendalian kapal seperti pengurangan kecepatan, perubahan haluan, atau *anchoring* di posisi aman. Evaluasi terhadap dua kejadian cuaca buruk yang diamati menunjukkan bahwa SOP telah dilaksanakan sesuai prosedur, dengan pemantauan cuaca dilakukan sejak awal, peralatan navigasi dimanfaatkan secara optimal, *lookout* ditingkatkan saat kondisi memburuk, posisi dan haluan dipantau terus-menerus, komunikasi dengan nakhoda berjalan cepat dan jelas, serta tindakan pengendalian kapal diambil sesuai situasi. Kejadian Desember menggambarkan kebutuhan pengamatan yang ditingkatkan ketika jarak pandang menurun, sedangkan kejadian Januari menggambarkan keputusan nakhoda untuk menunda pendekatan dan menunggu di posisi aman. Dalam jarak pandang terbatas, penerapan COLREG perlu memperhatikan pengamatan yang layak, kecepatan aman dan ketentuan khusus Rule 19, dengan radar sebagai alat bantu dan bukan pengganti lookout. Data tidak memungkinkan estimasi kuantitatif besarnya leeway maupun penurunan risiko kecelakaan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa keselamatan navigasi saat cuaca buruk tidak hanya ditentukan oleh faktor cuaca itu sendiri, tetapi juga oleh kesiapan dan kompetensi mualim jaga dalam mengantisipasi perubahan kondisi, mengoptimalkan penggunaan peralatan navigasi, melaksanakan pengawasan secara efektif, menjaga komunikasi dan koordinasi dengan nakhoda, serta menjalankan SOP secara konsisten. Implikasi dari temuan ini adalah pentingnya peningkatan pelatihan dan kedisiplinan awak kapal dalam penerapan SOP, serta pemeliharaan dan pemanfaatan peralatan navigasi secara optimal untuk mengurangi risiko kecelakaan saat cuaca buruk. Keterbatasan penelitian ini terletak pada fokus kajian yang hanya pada MV ABM Jinju dalam periode tertentu, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan dengan hati-hati.

Namun, temuan ini memberikan kontribusi penting bagi pemahaman mengenai praktik navigasi saat cuaca buruk dan dapat menjadi acuan bagi pengembangan prosedur keselamatan navigasi di kapal-kapal lain yang beroperasi dalam kondisi serupa. Penelitian rute kapal membahas penghindaran kondisi cuaca berat dan integrasi perilaku kapal di gelombang dalam perencanaan rute [1], [2]. Rujukan tersebut menyediakan kerangka pembanding; perbedaan konteks dan metode tidak memungkinkan hasil penelitian ini dianggap tervalidasi oleh penelitian tersebut. Literatur keselamatan navigasi membahas pelatihan tim anjungan, faktor manusia, kelelahan, dan evaluasi risiko tubrukan [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10]. Rujukan tersebut menyediakan kerangka pembanding; perbedaan konteks dan metode tidak memungkinkan hasil penelitian ini dianggap tervalidasi oleh penelitian tersebut.

Penelitian rute kapal membahas penghindaran kondisi cuaca berat dan integrasi perilaku kapal di gelombang dalam perencanaan rute [11], [12], [13], [14], [15]. 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. Kajian radar dan AIS membahas indikator CPA, penggunaan ARPA untuk penghindaran tubrukan, serta keterbatasan interpretasi instrumen [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26]. 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.

KESIMPULAN

Penelitian di MV ABM Jinju menyimpulkan bahwa cuaca buruk seperti hujan deras, kabut, dan angin kencang menimbulkan risiko terhadap keselamatan navigasi melalui dua mekanisme utama, yaitu restricted visibility yang mengganggu pengamatan visual lookout dari anjungan, serta leeway effect yang menggeser posisi dan haluan kapal dari jalur yang direncanakan, terutama saat kapal berada di alur sempit atau perairan dangkal. Dampak tersebut meningkatkan risiko penyimpangan haluan, keluar dari jalur pelayaran, tubrukan, dan kandas apabila tidak diantisipasi dengan tindakan navigasi yang tepat. Untuk mengendalikan risiko ini, mualim jaga menerapkan metode berupa peningkatan intensitas lookout, optimalisasi penggunaan radar, AIS, dan GPS/ECDIS, pemantauan posisi dan haluan secara

berkelanjutan, serta peningkatan komunikasi dan koordinasi dengan nakhoda untuk mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat.

Pelaksanaan SOP keselamatan navigasi meliputi pemantauan kondisi cuaca, pemeriksaan kesiapan peralatan navigasi, peningkatan lookout saat visibilitas terbatas, pemantauan posisi dan haluan terus-menerus, komunikasi dengan nakhoda apabila kondisi berpotensi membahayakan, serta tindakan pengendalian kapal sesuai situasi aktual seperti mengurangi kecepatan, mengubah haluan, atau anchoring darurat. Secara keseluruhan, keselamatan navigasi saat cuaca buruk tidak hanya ditentukan oleh faktor cuaca itu sendiri, tetapi lebih bergantung pada kesiapan dan kompetensi mualim jaga dalam mengantisipasi perubahan kondisi, memanfaatkan peralatan navigasi secara optimal, menjaga efektivitas lookout, melakukan koordinasi yang baik, serta menjalankan SOP secara konsisten

.

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): Sandy Wahyu Purnomo: konseptualisasi, metodologi, analisis formal, penulisan draf awal. Mokhammad Zulkarnain; Muhammad Iqbal: 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 observasi, wawancara dan dokumentasi navigasi cuaca buruk.

PERSETUJUAN PARTISIPAN

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

KETERSEDIAAN DATA

Data penelitian meliputi observasi, wawancara dan dokumentasi navigasi cuaca buruk. 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.

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] Cai, Y., & Wen, Y. Q.. (2014). Ship route design for avoiding heavy weather and Sea conditions. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.08.04.09

[2] Han, Z., Zhou, Y., Zhang, J., & Wu, D.. (2025). A ship weather routing optimization method incorporating ship seakeeping model. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.19.01.13

[3] 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

[4] 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

[5] 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

[6] 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

[7] 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

[8] 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

[9] 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

[10] 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

[11] Kytariolou, A., & Themelis, N. (2022). Ship routing optimisation based on forecasted weather data and considering safety criteria. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463322000613
[12] Kaster, H. B. (1965). Ship weather routing in the Pacific. *Navigation*. https://doi.org/10.1002/j.2161-4296.1965.tb02119.x
[13] Abdalsalam, M., & Szlapczynska, J. (2025). Towards improved ship weather routing through Multi-Objective optimization with high performance computing support. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.19.01.12
[14] Motte, R. (1983). Ship-based weather routing using dynamical meteorology. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463300039837
[15] Husain, F. (2023). Efektifitas kerja bangunan pemecah gelombang pelabuhan Soekarno-Hatta dalam mereduksi tinggi gelombang datang. *2, 46-51*. https://doi.org/10.25042/jrt2k.122023.01
[16] Wakabayashi, N., Makino, H., Ito, M., & Shiotani, S.. (2011). Development of radar ARPA simulator software using AIS data for ship data. *The Journal of Japan Institute of Navigation*. https://doi.org/10.9749/jin.124.87
[17] Wawruch, R.. (2020). Comparative Analysis of the Usefulness of AIS and ARPA for Anti-collision Purposes. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.14.04.13
[18] Wawruch, R.. (2018). Comparative Study of the Accuracy of AIS and ARPA Indications. Part 1. Accuracy of the CPA Indications. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.12.03.02
[19] Mara, T. D.. (1969). Marine collision avoidance: Human factor considerations for the development and operation of an effective merchant marine radar. *Navigation*. https://doi.org/10.1002/j.2161-4296.1969.tb01627.x
[20] Tijardovic, I.. (2008). The use of AIS for collision avoidance. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463308005055
[21] Chen, P. (2018). Pattern knowledge discovery of ship collision avoidance based on AIS data analysis. *International Journal of Performability Engineering*. https://doi.org/10.23940/ijpe.18.10.p22.24492457
[22] Stitt, I. P. A. (2004). AIS and collision avoidance – a sense of déjà vu. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463304002760
[23] Vestre, A., Bakdi, A., Vanem, E., & Engelhardtsen, Ø. (2021). AIS-based near-collision database generation and analysis of real collision avoidance manoeuvres. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463321000357
[24] Scripture, F. R. (1966). Marine radar collision avoidance system requirements. *Navigation*. https://doi.org/10.1002/j.2161-4296.1966.tb02172.x
[25] Wikkenhauser, G. (1967). A radar display for collision avoidance. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463300024620
[26] Vendrell, J. (1976). Rate and ratio in radar collision avoidance. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s037346330004337x
[27] Badan Meteorologi, Klimatologi, & Geofisika. (2024). Informasi cuaca maritim Indonesia. *BMKG*. https://maritim.bmkg.go.id
[28] Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
[29] Farhan, M. (2023). *Analisis navigasi kapal MV Pacific bulk pada kondisi cuaca ekstrem di perairan laut cina selatan [skripsi, politeknik pelayaran Surabaya]*.
[30] International Maritime Organization. (1972). *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs), as Amended*. IMO.
[31] International Maritime Organization. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 (SOLAS), as Amended*. IMO.
[32] International Maritime Organization. (2010). *STCW including 2010 manila amendments: STCW Convention and STCW code*. IMO.
[33] International Maritime Organization. (2017). *International Convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, 1978, as amended (STCW Convention and STCW code): Consolidated edition 2017*. IMO.
[34] International Maritime Organization. (2019). *International safety management code (ISM code), 2018 edition*. IMO.
[35] International Maritime Organization. (2024a). *SOLAS consolidated edition 2024*. IMO.
[36] International Maritime Organization. (2024b). *SOLAS chapter V: Safety of navigation*. IMO.
[37] International Maritime Organization. (2024c). Navigation. IMO.
[38] International Maritime Organization. (2025). *STCW Convention and STCW code: Consolidated edition 2017—supplement january 2025*. IMO.
[39] Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2020). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook (4th ed.)*. SAGE Publications.
[40] Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
[41] Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kualitatif*. Alfabeta.
[42] Yasin. (2021). *Penerapan alat navigasi di atas kapal untuk meningkatkan keselamatan pelayaran. [Skripsi]. Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar*.