

Pengendalian Risiko Tumpahan Minyak pada Operasi Kapal di Perairan Terbatas Berbasis OSERRAT dan Analisis SWOT

Ipan Juanda¹, Ninin Gusdin², Lie, Ling Piao Alvin³

^{1,2,3} Magister Manajemen Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Sahid
E-mail: ipan.djuanda@gmail.com

Article History:

Received: 25 Februari 2026

Revised: 05 Maret 2026

Accepted: 12 Maret 2026

Keywords: Oil Spill, Maritime Risk Management, Environmental Preparedness, HIRADC, OSERRAT, SWOT

Abstract: Oil spills in restricted waters such as ports and offshore operational areas represent high-consequence environmental risks due to dense vessel traffic, the sensitivity of coastal ecosystems, and their proximity to socio-economic activities. This study aims to evaluate the operational risk level of oil spills and assess shipboard emergency response preparedness using the Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control (HIRADC) approach and the Oil Spill Emergency Response Readiness Assessment Tool (OSERRAT). Furthermore, the analytical results are integrated into a SWOT matrix to formulate evidence-based risk control strategies. The study was conducted on five operational vessels of PT X during the second semester of 2025 using a descriptive-qualitative approach supported by quantitative scoring. The HIRADC analysis indicates that bunkering and berthing/unberthing operations present high-risk levels. OSERRAT preparedness scores range from 22.89% to 51.11%, indicating inadequate readiness relative to the identified risk levels. SWOT analysis positions the organization in the Weakness Opportunity quadrant (IFE 3.30; EFE 3.65), suggesting that priority strategies should focus on strengthening internal capacity by leveraging regulatory and technological opportunities. This study proposes an integrative oil spill risk control model based on preparedness evaluation and strategic management, offering practical applicability for national shipping companies in supporting sustainable environmental governance.

PENDAHULUAN

Transportasi laut memainkan peran strategis dalam sistem logistik nasional dan global. Namun demikian, aktivitas ini membawa konsekuensi risiko lingkungan yang signifikan, khususnya potensi tumpahan minyak yang dapat menimbulkan dampak ekologis jangka panjang. Risiko tersebut semakin kompleks pada perairan terbatas seperti pelabuhan dan terminal offshore, di mana kepadatan lalu lintas kapal tinggi, ruang manuver terbatas, serta kedekatan dengan ekosistem pesisir dan pemukiman masyarakat (Geng, Jiang, Wang, & Li, 2021).

Secara internasional, pengendalian pencemaran laut akibat minyak diatur melalui instrumen seperti MARPOL, OPRC Convention, dan SOLAS. Ketiga instrumen tersebut mewajibkan kapal

memiliki sistem pencegahan dan tanggap darurat yang memadai, termasuk *Shipboard Oil Pollution Emergency Plan* (SOPEP). Di tingkat manajemen lingkungan, integrasi sistem tanggap darurat juga relevan dengan prinsip perbaikan berkelanjutan dalam ISO 14001 (Koundinya, Mondal, & Bose, 2022).

Meskipun kerangka regulasi telah tersedia, implementasi operasional sering kali menghadapi tantangan berupa keterbatasan peralatan, inkonsistensi pelaksanaan drill, serta kurangnya integrasi antara analisis risiko dan strategi manajerial. Banyak penelitian terdahulu menitikberatkan pada pemodelan sebaran minyak atau teknologi respons, namun masih terbatas yang mengintegrasikan identifikasi risiko operasional, evaluasi kesiapsiagaan internal, dan perumusan strategi organisasi secara sistematis (Nathanael et al., 2024).

Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan pendekatan integratif berbasis:

1. Identifikasi dan penilaian risiko operasional (HIRADC)
2. Evaluasi kesiapsiagaan tanggap darurat (OSERRAT)
3. Formulasi strategi pengendalian risiko (SWOT)

Pendekatan ini bertujuan menjembatani kesenjangan antara analisis teknis risiko dan kebijakan manajerial dalam konteks pengelolaan lingkungan maritim.

Beberapa penelitian terdahulu telah berupaya menganalisis risiko tumpahan minyak dari berbagai perspektif. Devi. (2017) misalnya, menganalisa implementasi *Bayesian Network* Untuk Perhitungan Probabilitas Pada Penilaian Risiko Pipa Bawah Laut Oleh Faktor Kapal, dengan fokus pada identifikasi faktor-faktor penyebab kecelakaan seperti tabrakan, kandas, dan kebocoran saat transfer muatan. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami probabilitas kejadian, namun lebih berorientasi pada pemodelan statistik kejadian masa lalu dan kurang menyentuh aspek evaluasi kesiapsiagaan internal kapal sebagai bagian dari upaya mitigasi.

Di sisi lain, kajian mengenai kesiapsiagaan tanggap darurat telah dilakukan oleh Supri et al. (2025) yang membandingkan tantangan manajemen keadaan darurat di lingkungan lepas pantai dan daratan. Studi ini menyoroti bahwa kesiapsiagaan di lingkungan maritim menghadapi kompleksitas unik seperti keterbatasan akses, kondisi lingkungan yang dinamis, dan ketergantungan pada sumber daya internal. Namun, penelitian tersebut bersifat umum pada manajemen darurat dan tidak secara spesifik mengintegrasikan hasil evaluasi kesiapsiagaan dengan analisis risiko operasional kapal untuk merumuskan strategi perbaikan.

Sementara itu, dalam konteks perumusan strategi manajemen risiko, Balogun et al. (2018) mengembangkan model tanggap darurat untuk tumpahan minyak lepas pantai dengan mengintegrasikan *Spatial Decision Support System* (SDSS), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), dan *Geographic Information System* (GIS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peta *Environmental Sensitivity Risk* (ESR) yang dihasilkan mampu mengakomodasi preferensi beragam dari berbagai pemangku kepentingan melalui proses agregasi prioritas, sehingga menciptakan konsensus mengenai sumber daya lingkungan mana yang paling prioritas untuk diselamatkan. Perumusan strategi manajemen risiko dalam penelitian ini difokuskan pada penyediaan satu peta operasional bersama yang memberikan kesadaran situasional yang konsisten bagi semua tim tanggap darurat. Dengan demikian, strategi yang dihasilkan tidak hanya memandu alokasi sumber daya yang terbatas ke area dengan prioritas tertinggi, tetapi juga secara signifikan meminimalkan potensi konflik dan keterlambatan respons akibat perbedaan kepentingan antar pihak yang terlibat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dengan dukungan analisis kuantitatif melalui skoring risiko dan kesiapsiagaan. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan secara komprehensif kondisi aktual sistem pengendalian risiko tumpahan minyak pada operasional kapal, sekaligus memberikan ukuran yang terstandar terhadap tingkat risiko dan kesiapsiagaan

.....

sehingga analisis bersifat naratif sekaligus terukur. Objek penelitian adalah lima kapal operasional PT X yang beroperasi di perairan terbatas pada Semester II Tahun 2025, dipilih secara purposif berdasarkan intensitas operasional dan potensi risiko tumpahan minyak yang signifikan di wilayah dengan kepadatan lalu lintas tinggi dan sensitivitas lingkungan pesisir (Noor et al., 2025).

Analisis risiko dilakukan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control* (HIRADC) yang mencakup identifikasi potensi bahaya pada setiap aktivitas operasional kapal (bunkering, sandar/lepas sandar, operasi mesin, dan pengelolaan sludge), penilaian tingkat risiko berdasarkan parameter kemungkinan (likelihood) dan dampak (severity) dengan matriks 5×5, serta evaluasi efektivitas pengendalian eksisting (Murtadha & Ratni, 2024).. Sementara itu, tingkat kesiapsiagaan tanggap darurat diukur menggunakan *Oil Spill Emergency Response Readiness Assessment Tool* (OSERRAT) yang mengevaluasi indikator seperti ketersediaan peralatan oil spill kit, kompetensi awak kapal, kejelasan prosedur, pelaksanaan drill, serta sistem dokumentasi dan pelaporan. Skor akhir diklasifikasikan ke dalam kategori rendah (<40%), sedang (40–70%), atau tinggi (>70%) untuk mengidentifikasi kesenjangan antara tingkat risiko operasional dan kapasitas respons aktual kapal (Jatmika et al., 2024).

Hasil analisis HIRADC dan OSERRAT kemudian diintegrasikan dalam kerangka analisis SWOT untuk merumuskan strategi pengendalian risiko yang komprehensif. Faktor internal (kekuatan dan kelemahan) diidentifikasi dari kondisi kesiapsiagaan dan efektivitas sistem pengendalian, sedangkan faktor eksternal (peluang dan ancaman) dianalisis berdasarkan dinamika regulasi, perkembangan teknologi, dan tekanan eksternal lainnya. Penilaian faktor menggunakan matriks *Internal Factor Evaluation* (IFE) dan *External Factor Evaluation* (EFE) untuk menentukan posisi organisasi dalam kuadran SWOT sebagai dasar penentuan strategi prioritas (Shadiq et al., 2023). Untuk menjamin validitas, dilakukan triangulasi data melalui observasi lapangan, wawancara dengan personel operasional dan HSSE, serta telaah dokumen seperti prosedur operasional standar, laporan inspeksi, dan catatan pelaksanaan drill (Uzza et al., 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Risiko Operasional

Hasil analisis risiko menggunakan pendekatan HIRADC menunjukkan bahwa tingkat risiko operasional pada lima kapal yang diteliti berbeda menurut karakteristik aktivitasnya. Aktivitas bunkering memperoleh nilai likelihood 4 dan severity 5, sehingga menghasilkan skor risiko 20 yang termasuk kategori tinggi. Aktivitas sandar dan lepas sandar memperoleh skor risiko 16 (L = 4; S = 4), juga dalam kategori tinggi. Sementara itu, operasi mesin dan pengelolaan sludge masing-masing memperoleh skor risiko 9 (L = 3; S = 3), yang termasuk kategori sedang (Devi & Widajati, 2025).

Tabel 1. Hasil Penilaian Risiko Operasional Berdasarkan Parameter *Likelihood* dan *Severity*

Aktivitas	Likelihood	Severity	Risk Level
Bunkering	4	5	High
Sandar/Lepas Sandar	4	4	High
Operasi Mesin	3	3	Medium
Pengelolaan Sludge	3	3	Medium

Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas yang melibatkan transfer bahan bakar dalam volume besar dan berlangsung dalam kondisi operasional dinamis memiliki tingkat risiko pencemaran yang lebih tinggi dibandingkan aktivitas operasional internal yang relatif stabil. Secara ilmiah, tingginya risiko pada aktivitas bunkering dapat dijelaskan melalui mekanisme kegagalan sistem transfer fluida, termasuk potensi kebocoran pada *valve*, *hose*, dan sambungan pipa, serta

kemungkinan *overflowing* akibat kesalahan prosedural. Dalam sistem yang beroperasi di bawah tekanan, kegagalan kecil dapat menyebabkan pelepasan hidrokarbon dalam jumlah signifikan.

Kondisi perairan terbatas memperbesar potensi dampak lingkungan karena proses dispersi alami minyak menjadi lebih lambat dibandingkan perairan terbuka. Arus yang terbatas dan kedekatan dengan garis pantai meningkatkan risiko akumulasi kontaminan pada area sensitif. Oleh karena itu, severity pada aktivitas bunkering dinilai sangat tinggi ($S = 5$), karena potensi dampak ekologisnya dapat meluas dan mempengaruhi kualitas perairan, biota, serta aktivitas sosial-ekonomi di sekitarnya.

Risiko tinggi pada aktivitas sandar dan lepas sandar juga dapat dijelaskan melalui aspek navigasional. Dalam ruang manuver yang terbatas, probabilitas kesalahan kendali kapal atau benturan meningkat. Gangguan pada lambung atau sistem bahan bakar akibat manuver yang tidak presisi berpotensi menimbulkan kebocoran. Secara teoretis, kepadatan lalu lintas dan keterbatasan ruang gerak merupakan determinan utama peningkatan probabilitas insiden maritim. Dengan demikian, hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa aktivitas dengan interaksi eksternal tinggi dan ketergantungan pada koordinasi manusia memiliki kecenderungan risiko lebih besar dibanding aktivitas teknis yang berada dalam sistem tertutup (Güler et al., 2025).

Kesiapsiagaan Tanggap Darurat

Hasil evaluasi kesiapsiagaan menggunakan OSERRAT menunjukkan bahwa indeks kesiapsiagaan kapal berada pada rentang 22,89% hingga 51,11%. Dua kapal berada dalam kategori rendah ($<40\%$), sedangkan tiga kapal berada dalam kategori sedang ($40-70\%$). Tidak terdapat kapal yang mencapai kategori kesiapsiagaan tinggi ($>70\%$). Nilai maksimum 51,11% menunjukkan bahwa kapasitas respons darurat belum berada pada tingkat optimal untuk mengimbangi risiko tinggi yang teridentifikasi pada beberapa aktivitas operasional.

Tabel 2. Hasil Checklist OSERRAT sesuai Regulasi 37 Marpol Annex 1.

Kapal	Skor (%)	Kategori
A	22,89	Rendah
B	35,44	Rendah
C	41,02	Sedang
D	48,77	Sedang
E	51,11	Sedang

Temuan pada bagian ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara tingkat risiko operasional dan tingkat kesiapsiagaan. Dalam sistem manajemen risiko yang efektif, peningkatan risiko seharusnya diikuti oleh peningkatan kapasitas mitigasi sebagai bentuk pengendalian proporsional. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas dengan skor risiko tinggi ($R \geq 15$) belum didukung oleh kesiapsiagaan yang memadai.

Kondisi ini dapat dijelaskan melalui pendekatan manajemen organisasi, di mana kesiapsiagaan tanggap darurat tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan peralatan, tetapi juga oleh faktor budaya keselamatan, konsistensi pelatihan, kepemimpinan, serta efektivitas sistem dokumentasi. Variasi skor antar kapal menunjukkan bahwa kesiapsiagaan sangat dipengaruhi oleh kapasitas internal masing-masing unit operasional. Hal ini menegaskan bahwa kesiapsiagaan merupakan hasil interaksi antara sistem teknis dan perilaku organisasi.

Integrasi hasil analisis risiko dan kesiapsiagaan mengungkap adanya kesenjangan risiko kesiapsiagaan (*risk-readiness gap*), yaitu kondisi di mana tingkat ancaman operasional lebih tinggi dibanding kapasitas respons yang tersedia. Secara ilmiah, kesenjangan ini meningkatkan potensi eskalasi dampak lingkungan apabila terjadi insiden. Dalam konteks tumpahan minyak, efektivitas

respons awal sangat menentukan luas penyebaran dan tingkat kerusakan ekologis. Semakin besar kesenjangan antara risiko dan kesiapsiagaan, semakin tinggi potensi kerugian ekologis dan ekonomi yang ditimbulkan (Ford et al., 2022).

Analisis Strategi

Analisis faktor internal dan eksternal melalui matriks IFE dan EFE menghasilkan skor internal sebesar 3,30 dan skor eksternal sebesar 3,65. Posisi ini menempatkan organisasi pada kuadran Weakness-Opportunity. Artinya, meskipun terdapat kelemahan internal terutama dalam aspek kesiapsiagaan tanggap darurat, organisasi memiliki peluang eksternal yang signifikan untuk memperkuat sistem pengendalian risiko (Wilasto & Wening, 2025).

Tabel 3. Matriks Internal Factor Evaluation (IFE)

Faktor Internal	Bobot	Rating	Skor
Komitmen Manajemen HSSE	0,15	4	0,60
Tersedia OSCP	0,10	3	0,30
Keterbatasan Peralatan	0,20	2	0,40
Drill Tidak Konsisten	0,15	2	0,30
Monitoring Manual	0,10	2	0,20
Total Skor IFE	1,00		3,30

Tabel 4. Matriks External Factor Evaluation (EFE)

Faktor Eksternal	Bobot	Rating	Skor
Regulasi Internasional Ketat	0,20	4	0,80
Teknologi Oil Spill Response	0,15	4	0,60
Intensitas Operasi Tinggi	0,20	2	0,40
Risiko Litigasi Lingkungan	0,15	3	0,45
Total Skor EFE	1,00		3,65

Temuan ini menunjukkan bahwa strategi yang paling tepat bukan bersifat defensif, melainkan strategi perbaikan internal yang progresif dengan memanfaatkan peluang eksternal sebagai katalis peningkatan kapasitas. Strategi prioritas yang diidentifikasi meliputi modernisasi peralatan tanggap darurat, pelaksanaan drill berbasis skenario risiko tinggi, integrasi sistem tanggap darurat ke dalam manajemen lingkungan perusahaan, serta pelaksanaan audit internal secara berkala.

Strategi tersebut secara langsung diarahkan untuk menurunkan parameter likelihood melalui peningkatan kompetensi dan pengawasan, serta menurunkan severity melalui peningkatan efektivitas respons awal. Dengan demikian, strategi yang dirumuskan tidak hanya bersifat administratif, tetapi memiliki implikasi langsung terhadap penurunan posisi risiko dalam matriks risiko.

Diskusi dalam Perspektif Manajemen Lingkungan

Dalam perspektif manajemen lingkungan, kesiapsiagaan tanggap darurat merupakan implementasi dari prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*), yaitu upaya pencegahan dampak lingkungan sebelum terjadi kerusakan yang lebih luas. Prinsip ini menekankan bahwa ketidakpastian tidak boleh dijadikan alasan untuk menunda tindakan preventif terhadap potensi pencemaran (Dethlefsen et al., 2024).

Integrasi sistem tanggap darurat ke dalam kerangka manajemen lingkungan, seperti sistem berbasis siklus perencanaan pelaksanaan evaluasi perbaikan, akan memperkuat mekanisme

perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*). Dengan memasukkan kesiapsiagaan sebagai bagian dari sistem manajemen lingkungan yang terdokumentasi dan diaudit secara berkala, organisasi dapat memastikan bahwa evaluasi risiko dan respons darurat berjalan secara sistematis.

Selain itu, peningkatan kesiapsiagaan tanggap darurat juga sejalan dengan konsep *Environmental, Social, and Governance* (ESG), yang menuntut transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan risiko lingkungan. Dalam konteks ini, kesiapsiagaan bukan hanya kewajiban operasional, tetapi juga bagian dari tanggung jawab korporasi terhadap pemangku kepentingan dan keberlanjutan lingkungan (Aderamo et al., 2024).

Implikasi

Secara teoretis, penelitian ini memperkaya literatur manajemen risiko maritim dengan mengintegrasikan analisis risiko operasional dan evaluasi kesiapsiagaan dalam satu kerangka sistemik. Model integratif yang dihasilkan menunjukkan bahwa pengendalian risiko lingkungan yang efektif harus mempertimbangkan keseimbangan antara tingkat ancaman dan kapasitas respons. Temuan penelitian ini sejalan dengan Balogun et al. (2018) yang menekankan pentingnya integrasi preferensi pemangku kepentingan dalam sistem pendukung keputusan spasial untuk tanggap darurat tumpahan minyak. Namun, penelitian ini melangkah lebih jauh dengan secara eksplisit mengukur kesenjangan antara risiko operasional dan kesiapsiagaan (*risk-readiness gap*) menggunakan instrumen OSERRAT, yang tidak dilakukan dalam penelitian sebelumnya yang lebih berfokus pada agregasi prioritas sumber daya lingkungan. Di sisi lain, temuan mengenai tingginya risiko pada aktivitas bunkering dan sandar/lepas sandar memperkuat hasil penelitian Güler et al. (2025) yang mengidentifikasi operasi transfer bahan bakar sebagai aktivitas berisiko tinggi dalam analisis dinamis menggunakan *fuzzy Bayesian network*. Namun, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan dengan mengkuantifikasi tingkat kesiapsiagaan aktual kapal, sehingga mengungkap adanya ketidakseimbangan yang tidak terdeteksi dalam penelitian Güler et al. (2025) yang lebih berorientasi pada pemodelan probabilitas kejadian.

Secara praktis, hasil penelitian memberikan dasar objektif dalam penentuan prioritas investasi lingkungan berbasis kesenjangan risiko dan kesiapan. Organisasi dapat mengalokasikan sumber daya secara lebih tepat dengan memfokuskan intervensi pada aktivitas yang berada dalam kategori risiko tinggi namun belum didukung kesiapsiagaan yang memadai. Pendekatan ini berbeda dengan praktik umum yang selama ini cenderung reaktif dan berdasarkan pemenuhan regulasi semata, sebagaimana dikritisi oleh Nathanael et al. (2024) yang menemukan bahwa banyak organisasi lebih fokus pada ketersediaan dokumen prosedur dibandingkan kesiapan operasional aktual. Dengan model integratif yang dihasilkan, perusahaan pelayaran nasional dapat mengadopsi pendekatan proaktif dan berbasis bukti dalam pengendalian risiko tumpahan minyak, yang pada gilirannya mendukung tata kelola lingkungan yang berkelanjutan sesuai dengan prinsip ESG (Aderamo et al., 2024).

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tingkat risiko operasional tumpahan minyak pada kapal di perairan terbatas, mengukur kesiapsiagaan tanggap darurat, serta merumuskan strategi pengendalian risiko berbasis analisis sistematis. Dengan menggunakan pendekatan integratif HIRADC, OSERRAT, dan SWOT, penelitian membuktikan adanya ketidakseimbangan antara tingkat risiko operasional dan kapasitas kesiapsiagaan yang dimiliki kapal. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kompleksitas operasional di perairan terbatas tidak selalu diimbangi dengan kesiapan sistem tanggap darurat yang proporsional.

Temuan substantif mengungkapkan bahwa aktivitas dengan intensitas interaksi eksternal tinggi dan transfer bahan bakar dalam volume besar memiliki tingkat risiko lingkungan paling

.....

signifikan. Namun demikian, kapasitas respons darurat yang ada belum memadai untuk mengimbangi eksposur risiko tersebut. Kondisi ini mengindikasikan celah struktural dalam sistem manajemen risiko lingkungan yang masih bersifat reaktif dan belum terintegrasi secara strategis. Dari perspektif manajerial, penguatan kapasitas internal menjadi kunci utama pengendalian risiko, di mana peluang eksternal seperti penguatan regulasi dan perkembangan teknologi dapat dimanfaatkan sebagai katalis perbaikan sistem secara menyeluruh.

Penelitian ini menghasilkan kontribusi ilmiah berupa model integratif pengendalian risiko tumpahan minyak yang menyeimbangkan antara tingkat ancaman dan kapasitas respons. Model ini menegaskan bahwa efektivitas pengelolaan risiko lingkungan maritim ditentukan oleh keselarasan antara identifikasi bahaya, evaluasi kesiapsiagaan, dan strategi organisasi. Untuk pengembangan lanjutan, direkomendasikan pengujian model secara kuantitatif dengan sampel yang lebih luas, integrasi metode simulasi dispersi minyak, serta pengembangan indeks kesiapsiagaan terstandarisasi sebagai acuan benchmarking industri pelayaran nasional.

DAFTAR REFERENSI

- Aderamo, A. T., Olisakwe, H. C., Adebayo, Y. A., & Esiri, A. E. (2024). Conceptualizing emergency preparedness in offshore operations: A sustainable model for crisis management. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(10), 2852–2883. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i10.1625>
- Balogun, A. L., Matori, A. N., & Toh Kiak, K. W. (2018). Developing an emergency response model for offshore oil spill disaster management using spatial decision support system (sdss). *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4, 21-27.
- Dethlefsen, V., Jackson, T., & Taylor, P. (2024). The Precautionary Principle — towards anticipatory environmental management. In *Clean Production Strategies Developing Preventive Environmental Management in the Industrial Economy* (pp. 41–62). Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003575535-4>
- Devi, D., & Widajati, N. (2025). RISK MANAGEMENT OF SHIP PASSENGER SERVICE OPERATIONAL OFFICERS USING THE HIRADC METHOD IN THE PORT INDUSTRY IN SURABAYA. *HEARTY*, 13(4), 1043–1051. <https://doi.org/10.32832/hearty.v13i4.18039>
- Devi, F. P. (2017). Implementasi Bayesian Network untuk perhitungan probabilitas pada penilaian risiko pipa bawah laut oleh faktor kapal. Tugas Akhir, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Dwinanti, P., & Wijaya, C. (2024). Strategic Insights: Analyzing External Environment Affecting Private Oil Spill Response Company In Indonesia. *Asian Journal of Social and Humanities*, 2(12), 3116–3124. <https://doi.org/10.59888/ajosh.v2i12.417>
- Ford, E. P., Lohne, H. P., & Selvik, J. T. (2022). Oil spill preparedness: Modelling challenges and implications for decision-making. *8th International Symposium on Reliability Engineering and Risk Management*, 785–792. Singapore: Research Publishing Services. https://doi.org/10.3850/978-981-18-5184-1_GS-03-129-cd
- Geng, H., Jiang, X., Wang, D., & Li, J. (2021). Prediction and Assessment of Marine Pollution Risk from Ships Based on Statistical Analysis Probability Model. *American Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 6(2), 34. <https://doi.org/10.11648/j.ajtte.20210602.11>
- Güler, T., Ay, C., & Çiçek, İ. (2025). Dynamic risk analysis of tank cleaning operations using bow-tie-based fuzzy Bayesian network. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 24(1), 22–39. <https://doi.org/10.1080/20464177.2024.2395665>

-
- Jatmika, I., Dzulkifli, Atthaya, A. A., Hasan, S., & Azhar, M. S. Al. (2024). Analysis of Fire Emergency Response Readiness at Oil and Gas Company. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (MPPKI)*, 7(6), 1678–1685. <https://doi.org/10.56338/mppki.v7i6.5234>
- Koundinya, K. K., Mondal, S., & Bose, A. (2022). An overview of worldwide regulations on oil pollution control. In *Advances in Oil-Water Separation* (pp. 65–82). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89978-9.00001-X>
- Laine, V., Goerlandt, F., Banda, O. V., Baldauf, M., Koldenhof, Y., & Rytönen, J. (2021). A risk management framework for maritime Pollution Preparedness and Response: Concepts, processes and tools. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112724. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112724>
- Liu, T., Ding, C., Feng, H., Grifoll, M., & Lin, Q. (2023). Risk evaluation for oil tanker berthing and handling operations using the improved DEMATEL-ISM approach. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 86, 105182. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2023.105182>
- Murtadha, M. D., & Ratni, N. (2024). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proses Bunker Kapal Tunda (Tug Boat) di PT. Pelindo Marine Service. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(1), 184–199. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i1.112>
- Nathanael, J., Khairilmizal, S., Samuel, C., Sansuddin, N., Hussin, M. F., Hapani, M., ... Husna, K. A. (2024). Challenges in managing emergency offshore: A comparison of offshore and onshore perspectives. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 88, 105275. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2024.105275>
- Noor, F. M., Handani, D. W., Muryadin, M., Sari, D. P., Wijaya, R. D. S., Prasetyo, D. F., ... Afandi, M. I. (2025). Risk Analysis of Ship Collision and Modelling of Oil Spill Trajectory Study Case : Dumai Port. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 22(1), 19–33. <https://doi.org/10.14710/kapal.v22i1.67794>
- Shadiq, J., Sukwika, T., & Basriman, I. (2023). STRATEGI PENERAPAN KESELAMATAN KESEHATAN KERJA PADA CABANG PERUSAHAAN PERGUDANGAN: MENGGUNAKAN METODE ANALISIS SWOT DAN AHP. *Jambura Journal of Health Sciences and Research*, 5(3), 899–909. <https://doi.org/10.35971/jjhsr.v5i3.20176>
- Supri, S., Saputra, S. T., Kalbuana, N., Abdusshomad, A., Wahyudono, W., & Sukra, R. (2025). Peningkatan Keterampilan Penyelamatan dan Pemadaman Kebakaran Helikopter melalui Pelatihan HRFF di PT. Pertamina Hulu Kalimantan Timur (PHKT). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(01), 37-44.
- Uzza, M. D., Iskandar, & Tagatorop, A. L. (2025). Implementation of Risk Assessment and its Challenges in Improving Occupational Safety on MT. Panderman. *Indonesian Journal of Nautical Study*, 2(2), 73–81. <https://doi.org/10.46484/ijns.v2i2.1180>
- Wilasto, K. A., & Wening, N. (2025). SWOT Analysis in Determining Performance Improvement Strategies. *Jurnal Ekuisci*, 3(1), 44–53. <https://doi.org/10.62885/ekuisci.v3i1.842>
-