Dian Prasetyawati

Penerapan Formal Safety Assessment (FSA) untuk Penilaian Risiko Kecelakaan Kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya

Quick Submit
Quick Submit
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Document Details

Submission ID
trn:oid:::1:3712818920

Submission Date
Nov 16, 2026, 11:49 AM GMT+7

Download Date
Nov 16, 2026, 12:04 PM GMT+7

File Name
Artikel_FSA_Dian_Prasetyawati.pdf

File Size
350.8 KB

19 Pages

6,331 Words

41,885 Characters

16% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Exclusions

- 2 Excluded Sources
- 1 Excluded Match

Top Sources

14% Internet sources
7% Publications
4% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

14% Internet sources
7% Publications
4% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repository.its.ac.id <1%
2	Internet	repository.unhas.ac.id <1%
3	Publication	Muhamad Bob Anthony. "Analisa Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Meng... <1%
4	Internet	journal.aritekin.or.id <1%
5	Internet	lintar.untar.ac.id <1%
6	Internet	ejournal3.undip.ac.id <1%
7	Internet	123dok.com <1%
8	Internet	journal.itltrisakti.ac.id <1%
9	Internet	text-id.123dok.com <1%
10	Internet	visnyk.fem.sumdu.edu.ua <1%
11	Internet	ejurnal.indocamp.id <1%

12	Internet	
ojs.unsiq.ac.id		<1%
13	Internet	
eprints2.undip.ac.id		<1%
14	Internet	
repository.uin-suska.ac.id		<1%
15	Internet	
scholar.its.ac.id		<1%
16	Internet	
etd.uinsyahada.ac.id		<1%
17	Internet	
sj.eastasouth-institute.com		<1%
18	Internet	
journal.unibos.ac.id		<1%
19	Student papers	
Politeknik Negeri Madura		<1%
20	Student papers	
Syntax Corporation		<1%
21	Internet	
www.1minute.id		<1%
22	Internet	
www.scribd.com		<1%
23	Internet	
digilib.uinsgd.ac.id		<1%
24	Internet	
journal.unhas.ac.id		<1%
25	Publication	
Engki Andri Kisnarti, Rhiznandya Pradipta Santoso. "POLA ARUS PERMUKAAN DI ...		<1%

26	Internet	
ejournal.poltekpel-banten.ac.id		<1%
27	Internet	
journal.unimar-amni.ac.id		<1%
28	Internet	
pt.scribd.com		<1%
29	Internet	
www.e-journal.akpelni.ac.id		<1%
30	Internet	
www.researchgate.net		<1%
31	Internet	
danang-leo-handoko.blogspot.com		<1%
32	Internet	
prezi.com		<1%
33	Student papers	
UPN Veteran Yogyakarta		<1%
34	Student papers	
Universitas Merdeka Malang		<1%
35	Internet	
dspace.mit.edu		<1%
36	Student papers	
iGroup		<1%
37	Student papers	
Business College of Athens		<1%
38	Internet	
api.repository.poltekesos.ac.id		<1%
39	Internet	
ejournal.omahtabing.com		<1%

40 Internet
repository.ar-raniry.ac.id <1%

41 Internet
repository.uinsaizu.ac.id <1%

42 Internet
www.asrojournal-sttal.ac.id <1%

43 Publication
Arin Setiyowati. "EMPOWERING ISLAMIC PHILANTHROPY: ANALYSIS OF ENTREPRE... <1%

44 Internet
adoc.pub <1%

45 Internet
hubla.dephub.go.id <1%

46 Internet
journal.kpu.go.id <1%

47 Internet
repo.unud.ac.id <1%

48 Internet
repository.uinjkt.ac.id <1%

49 Publication
Bambang Siswoyo. "Pemeriksaan Kapal Dalam Pemberian Surat Persetujuan Berl... <1%

50 Publication
Miradina Syahrani Ma'roef, Dani Nasirul Haqi. "Analisis Risiko Keselamatan Dan K... <1%

51 Internet
diajeng.lldikti6.id <1%

52 Internet
jinav.org <1%

Jurnal Impresi Indonesia (JII)
p-ISSN: 2828-1284 e-ISSN: 2810-062x
Vol. 5. No. 7. Juli 2026

Penerapan Formal Safety Assessment (FSA) untuk Penilaian Risiko Kecelakaan Kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya

Dian Prasetyawati*, Dedy Wahyudi, Muhammad Aris Setiawan
Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia
Email: dianprasetyawati@um-surabaya.ac.id*, dedy.wahyudi@um-surabaya.ac.id, muhammadarissetiawan618@gmail.com

Keywords:
West Surabaya Shipping Route; Formal Safety Assessment; Naval Safety; Ship Accidents; Risk Assessment.

Abstract
Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) is a strategic shipping channel with a high density of ship traffic. Therefore, it has a significant potential risk of accidents. This research aimed to analyze the risk of ship accidents and formulate efforts to improve shipping safety in the APBS in the 2020–2024 period using the Formal Safety Assessment (FSA) method which included hazard identification, risk analy-sis, formulation of Risk Control Options (RCO), evaluation of RCO effectiveness, and Cost-Benefit Assessment (CBA). The research data was obtained from ship ac-cident data, questionnaire results, and shipping safety regulations. The results of re-search showed that collision accidents are the most dominant type of accidents, fol-lowed by sinking and fire. Based on FSA analysis, collisions were in the Very High-Risk category, sinking at High Risk, and fire at Low Risk. Seven RCOs were formu-lated to reduce the level of risk, namely optimizing the active role of VTS in ship traffic regulation and early warning of track conflicts, improving the competence of guard officers through Bridge Resource Management training and fatigue manage-ment, repositioning and improving the quality of Aids to Navigation (AtoN) in the segment critical, improved ship stability supervision and cargo management before and during shipping, increased ship safety readiness through routine LSA inspec-tions and emergency drills, improved inspection and maintenance of ship's engine systems and electrical installations, improved crew competency in early fire preven-tion and handling (Advanced Fire Fighting) and CBA results showed that overall RCO has a Benefit–Cost Ratio (BCR) value of ≥ 2. Therefore, it was categorized as very feasible. The integrated implementation of RCO is expected to be able to re-duce the risk of accidents to the level of As Low as Reasonably Practicable (ALARP).

Kata Kunci:
Alur Pelayaran Barat Surabaya; Formal Safety Assessment; Keselamatan Pe-layaran; Kecelakaan Kapal; Penilaian Risiko.

Abstrak
Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) merupakan alur pelayaran strategis dengan kepadatan lalu lintas kapal yang tinggi sehingga memiliki potensi risiko kecel-akaan yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kecel-akaan kapal dan merumuskan upaya peningkatan keselamatan pelayaran di APBS pada periode 2020–2024 dengan menggunakan metode Formal Safety Assessment (FSA) yang meliputi identifikasi bahaya, analisis risiko, perumusan Risk Control Options (RCO), evaluasi efektivitas RCO, serta Cost–Benefit Assessment (CBA). Data penelitian

diperoleh dari data kecelakaan kapal, hasil kuesioner, dan regulasi keselamatan pelayaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecelakaan collision merupakan jenis kecelakaan yang paling dominan, diikuti sinking dan fire. Ber-dasarkan analisis FSA, collision berada pada kategori Very High Risk, sinking pada High Risk, dan fire pada Low Risk. Tujuh RCO dirumuskan untuk menurunkan tingkat risiko tersebut yaitu optimalisasi peran aktif VTS dalam pengaturan lalu lintas kapal dan peringatan dini konflik lintasan, peningkatan kompetensi perwira jaga melalui pelatihan Bridge Resource Management dan manajemen kelelahan, reposisi dan peningkatan kualitas SBNP pada segmen kritis, peningkatan pengawasan stabilitas kapal dan manajemen muatan sebelum dan selama pe-layaran, peningkatan kesiapan keselamatan kapal melalui pemeriksaan LSA dan emergency drill rutin, peningkatan inspeksi dan perawatan sistem mesin dan in-stalasi listrik kapal, peningkatan kompetensi awak kapal dalam pencegahan dan penanganan kebakaran awal (Advanced Fire Fighting) dan hasil CBA menunjuk-kan seluruh RCO memiliki nilai Benefit–Cost Ratio (BCR) ≥ 2 sehingga dikate-gorikan sangat layak. Penerapan RCO secara terintegrasi diharapkan mampu menurunkan risiko kecelakaan hingga tingkat As Low As Reasonably Practicable (ALARP).

PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki posisi yang sangat penting dalam jalur transportasi laut internasional maupun domestik karena terletak di antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia serta diapit oleh Benua Asia dan Australia, sehingga men-jadi simpul strategis perdagangan dunia (Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi RI, 2020). Dalam konteks pelayaran domestik, Alur Pelayaran Barat Sura-baya (APBS) memegang peran krusial sebagai akses utama menuju Pelabuhan Tanjung Perak, pelabuhan tersibuk kedua di Indonesia sekaligus gerbang utama perekonomian Ja-wa Timur (Wikipedia, 2023). Selain itu, APBS juga berfungsi sebagai jalur penghubung antara kawasan industri di Gresik, Lamongan, dan Surabaya dengan pasar domestik mau-pun internasional. Tingginya intensitas lalu lintas kapal menjadikan APBS sebagai salah satu jalur pelayaran terpadat di Indonesia (Meteor STIP Jakarta, 2022).

Namun, tingginya frekuensi pelayaran tidak hanya menghasilkan dampak positif berupa peningkatan arus logistik dan pertumbuhan ekonomi, tetapi juga menimbulkan masalah terkait keselamatan pelayaran (Kwartama & Sopani, 2023; Mangeswuri & Budiyanti, 2024; Syaputra, 2024). Dari tahun 2020 hingga 2024, sejumlah kecel-akaan kapal tercatat di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) dengan dampak signifikan baik secara ekonomi, lingkungan, maupun sosial. Berdasarkan data penanganan kecel-akaan kapal 2020-2024 dari KSOP Utama Tanjung Perak menunjukan bahwa pada Desember 2020 MV. Jebel Ali Tubrukan dengan KLM. Bachtera Salbach yang mengaki-batkan KLM. Bachtera Salbach dan muatan kapal tenggelam. Pada Januari 2021 terjadi tubrukan antara KM. Tanto Bersinar, TB. Mitra Jaya XIX dan TK. Makmur Badi V yang menyebabkan 5 korban meninggal. Pada November 2024, MV. SDM. Taicang mengalami blackout A/E dan M/E nya sehingga kapal menubruk MT. Alexandria, MT. Gloria Sentosa dan BG Sumber Kapuas 212 yang sedang berlabuh serta semua kapal mengalami kerusa-kan minor. Berbagai kejadian tersebut menunjukkan bahwa tingginya

aktivitas pelayaran di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) masih menyisakan kerentanan terhadap kecel-akaan (Suharjo & Suharyo, 2014).

Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang sistematis, komprehensif, dan ber-basis risiko untuk mengevaluasi kondisi keselamatan pelayaran di Alur pelayaran Barat Surabaya (APBS). Salah satu pendekatan yang direkomendasikan oleh International Maritime Organization (IMO) adalah Formal Safety Assessment (FSA) (Setiawan, 2026). Keunggulan metode ini terletak pada kemampuannya mengintegrasikan data kecelakaan, penilaian ahli, serta aspek teknis, operasional, dan regulatif dalam satu kerangka analisis yang terukur. Keberlanjutan Formal Safety Assessment (FSA) dalam praktik modern semakin didukung oleh penelitian terbaru misalnya, Nugroho & Artana (2024) menerapkan Formal Safety Assessment (FSA) dalam merancang Traffic Separation Schemes di Selat Sunda dan Laut Jawa, menghasilkan penurunan frekuensi tabrakan hingga 54% serta estimasi manfaat ekonomi signifikan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada beberapa aspek. Pertama, penelitian ini menggunakan data kecelakaan kapal periode 2020–2024 yang merupakan periode paling mutakhir dan belum banyak dikaji dalam penelitian sebelumnya. Kedua, penelitian ini melakukan penilaian risiko secara komprehensif untuk tiga jenis kecelakaan dominan (tubrukan, tenggelam, kebakaran) secara simultan, bukan hanya satu jenis kecelakaan. Ketiga, penelitian ini mengintegrasikan data kecelakaan, data spasial navigasi APBS, dan data kuesioner dari tiga instansi regulator (KSOP Utama Tanjung Perak, Distrik Navigasi Kelas I Surabaya, dan PLP Kelas II Tanjung Perak) untuk memperoleh gambaran risiko yang holistik. Keempat, penelitian ini merumuskan tujuh RCO yang mencakup aspek teknis, operasional, dan manajerial, serta mengevaluasi kelayakan ekonominya melalui CBA untuk memastikan bahwa rekomendasi yang diberikan tidak hanya efektif menurunkan risiko tetapi juga efisien secara biaya.

Dengan demikian, penelitian ini memiliki relevansi yang tidak hanya dari sisi akad-emis, tetapi juga nilai praktis yang tinggi. Diharapkan hasil penelitian ini dapat berkontri-busi dalam penyusunan kebijakan keselamatan pelayaran yang lebih responsif dan fleksi-bel, serta meningkatkan kesadaran bersama mengenai pentingnya manajemen risiko da-lam sektor transportasi laut. Lebih jauh lagi, perbaikan dalam keselamatan pelayaran di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) akan berdampak langsung pada kelancaran arus logistik secara nasional, perlindungan terhadap lingkungan laut, dan keselamatan jiwa pa-ra pelaut yang beroperasi di jalur pelayaran yang padat ini.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS), yang merupakan salah satu jalur pelayaran utama di wilayah perairan Jawa Timur. Lokasi ini dipilih karena memiliki intensitas lalu lintas kapal yang tinggi, sehingga rawan terhadap potensi kecel-akaan dan gangguan navigasi. Selain itu, Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) juga menjadi jalur strategis yang menghubungkan Pelabuhan Tanjung Perak dengan wilayah perairan lainnya di Indonesia. Fokus penelitian di arahkan pada lembaga terkait yang memiliki peran penting dalam keselamatan pelayaran yaitu Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Utama Tanjung Perak.

Waktu penelitian berlangsung selama 5 bulan, mulai September 2025 hingga Januari 2026. Periode ini mencakup seluruh tahapan kegiatan penelitian, mulai dari persiapan dan perizinan, pengumpulan data lapangan, kuisioner, hingga analisis data dan penyusunan laporan.

Sumber dan Jenis Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis daya, yaitu data primer dan data sekunder, yang diperoleh melalui beberapa teknik pengumpulan data sesuai dengan tujuan penelitian.

1. Data Primer

   Data primer diperoleh secara langsung dari sumber utama yaitu hasil kuisioner dengan pihak regulator yang berperan dalam pengawasan dan pengelolaan keselamatan pelayaran Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) yaitu Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Utama Tanjung Perak, Distrik Navigasi Kelas I Surabaya, PLP Kelas II Tanjung Perak.

2. Data Sekunder

   Data sekunder diperoleh dari berbagai dokumen resmi dan publikasi yang relevan, meli-puti:

   1. Laporan data kecelakaan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) periode tahun 2020-2024 yang diperoleh dari instansi terkait.
   2. Dokumen kebijakan dan regulasi yang diterbitkan oleh Kementerian Perhubungan, termasuk peraturan perundang-undangan, surat edaran, dan panduan teknis terkait keselamatan pelayaran.
   3. Berita resmi yang diakses melalui situs web resmi regulator.
   4. Data SBNP dan perbaikan SBNP di Alur Pelayaran Barat Surabaya.
   5. Peta Tematik Alur pelayaran Barat Surabaya.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dirancang untuk memperoleh data primer dan data sekunder yang komprehensif, akurat, serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Pengumpulan data dilakukan dengan mempertimbangkan kompleksitas sis-tem keselamatan pelayaran, karakteristik wilayah penelitian, serta kebutuhan analisis risi-ko kecelakaan kapal. Metode yang digunakan meliputi kuesioner, dan studi dokumentasi.

1. Wawancara dengan menggunakan Kuisioner

   Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur dengan menggunakan kuesioner se-bagai panduan utama pertanyaan. Metode ini dipilih karena mampu menggali informasi secara mendalam sekaligus memberikan fleksibilitas kepada responden untuk menjelas-kan pandangan dan pengalaman mereka terkait keselamatan pelayaran.

   Responden wawancara terdiri dari pejabat regulator dan pemangku kepentingan terkait yang memiliki kompetensi dan pemahaman terhadap pengelolaan alur pelayaran dan penanganan kecelakaan kapal.

2. Studi Dokumentasi

   Studi dokumentasi dilakukan untuk memperoleh data sekunder yang bersumber dari dokumen resmi dan terpercaya. Dokumen yang dikaji meliputi Laporan Kecelakaan Ka-pal Tahun 2024-2025, Peta Tematik Alur Pelayaran Barat Surabaya, Peraturan perundang-undangan di bidang pelayaran dan kenavigasian, Dokumen teknis terkait SBNP, dan pengelolaan alur pelayaran. Data dokumentasi digunakan untuk

mendukung dan memver-ifikasi data primer, serta menjadi dasar dalam penyusunan analisis risiko dan rekomendasi keselamatan.

Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode Formal Safety Assessment (FSA) sebagai kerangka utama analisis risiko keselamatan pelayaran (ANSHAR, 2026)(Wahyuni et al., 2025). FSA merupakan metode analisis risiko yang dikembangkan oleh International Maritime Or-ganization (IMO) untuk mendukung pengambilan keputusan keselamatan secara sistema-tis, transparan, dan berbasis bukti. Metode ini dipilih karena mampu mengintegrasikan data historis kecelakaan, kondisi operasional, serta aspek teknis dan ekonomi ke dalam satu kerangka analisis yang komprehensif.

Penggunaan FSA dalam penelitian ini sangat relevan mengingat karakteristik Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) yang kompleks dan padat lalu lintas. Risiko navigasi pada alur tersebut melibatkan interaksi antara faktor manusia, teknis, lingkungan, dan kondisi fisik alur. Analisis keselamatan maritim yang efektif harus mempertimbangkan seluruh elemen tersebut secara integratif agar hasil penilaiann-ya dapat digunakan sebagai dasar perbaikan sistem keselamatan yang komprehensif. Oleh karena itu, penerapan FSA memungkinkan peneliti melakukan analisis risiko secara sistematis dan menghidari subjektivitas yang sering muncul ketika hanya menggunakan metode kualitatif. FSA terdiri dari lima tahap, yaitu:

1. Identifikasi Bahaya (Hazard Indentification)

   Tahap identifikasi bahaya bertujuan untuk mengidentifikasi seluruh potensi bahaya yang dapat memicu terjadinya kecelakaan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya. Proses ini dilakukan dengan mengkaji data kecelakaan kapal periode 2020–2024, kondisi fisik dan geometri alur pelayaran, keberadaan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP), serta masukan dari instansi terkait yang diperoleh melalui kuesioner.

   Menurut IMO (2002), Hazard Identification merupakan fondasi utama dalam ana-lisis risiko karena menentukan ruang lingkup bahaya yang akan dianalisis pada tahapan selanjutnya. Oleh karena itu, identifikasi bahaya dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis dan berbasis data empiris untuk memastikan bahwa seluruh potensi risiko keselamatan pelayaran di APBS dapat terpetakan secara komprehensif.

2. Analisis Risiko (Risk Analysis)

   Analisis risiko dilakukan menggunakan analisis semikuantitatif, yaitu: skala kuali-tatif yang telah dijelaskan dengan angka-angka untuk memberikan skala tetapi tidak sep-erti analisis kuantitatif. Perhitungan risiko dalam analisis semi-kuantitatif menggunakan rumus William T. Fine (W.T Fine) menjelaskan bahwa nilai risiko ditentukan oleh nilai dampak atau konsekuensi dan probabilitas. Dampak atau konsekuensi adalah dampak yang paling mungkin terjadi dari potensi kecelakaan, termasuk kerusakan harta benda dan cedera. Paparan adalah frekuensi paparan terhadap bahaya. Kombinasi kedua parameter tersebut menghasilkan tingkat risiko yang dinyatakan dalam Standar AS/NZS 4360:2004.

   Penggunaan Standar AS/NZS 4360:2004 merupakan Standar Sistem Manajemen yang menetapkan standar minimum untuk implementasi proses Manajemen Risiko di pe-rusahaan. Manajemen risiko menurut AS/NZS 4360:2004 adalah penerapan sistem ke-bijakan manajemen,prosedur, dan praktik untuk

komunikasi tugas, pengaturan konteks, identifikasi, analisis, evaluasi, pengendalian, dan pemantauan risiko. Klasifikasi ini digunakan sebagai dasar dalam penentuan prioritas pengendalian risiko pada tahapan se-lanjutnya.

3. Identifikasi Pengendalian Risiko (Risk Control Options)

   Tahap identifikasi opsi pengendalian risiko bertujuan untuk merumuskan berbagai alternatif tindakan yang dapat dilakukan guna menurunkan tingkat risiko ke batas yang dapat diterima. Opsi pengendalian risiko disusun berdasarkan hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko, serta mempertimbangkan karakteristik operasional Alur Pelayaran Barat Surabaya. Menurut IMO (2002), Risk Control Options dapat berupa tindakan teknis, operasional, maupun manajerial.

4. Analisis Biaya Manfaat (Cost Benefit Assesment)

   Analisis biaya–manfaat dilakukan untuk menilai kelayakan ekonomi dari setiap opsi pengendalian risiko yang diusulkan. Analisis ini membandingkan biaya implementasi tin-dakan keselamatan dengan manfaat berupa penurunan tingkat risiko kecelakaan, termasuk potensi pengurangan kerugian ekonomi, kerusakan lingkungan, dan risiko keselamatan jiwa.

   IMO (2002) menyatakan bahwa suatu tindakan keselamatan dinilai layak untuk dit-erapkan apabila manfaat yang diperoleh dari pengurangan risiko lebih besar dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan atau berdasarkan nilai Benefit Cost Ratio (BCR), dimana jika nilai BCR lebih besar dari satu (BCR > 1) dikategorikan sebagai “Layak”, karena manfaat keselamatan yang diperoleh telah melebihi biaya yang dikeluarkan. Se-lanjutnya, RCO dengan nilai BCR sama dengan atau lebih besar dari dua (BCR ≥ 2) dikat-egorikan sebagai “Sangat Layak”. Oleh karena itu, hasil analisis biaya–manfaat dalam penelitian ini digunakan sebagai dasar rasional dalam pemilihan rekomendasi pengendali-an risiko yang paling efektif dan efisien

5. Rekomendasi (Recomendations)

   Tahap Rekomendasi merupakan tahap akhir dalam proses Formal Safety Assess-ment. Pada tahap ini, seluruh hasil analisis risiko dan analisis biaya–manfaat disintesis untuk menghasilkan rekomendasi pengendalian risiko yang paling optimal. Rekomendasi yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan kepu-tusan bagi regulator dan pengelola Alur Pelayaran Barat Surabaya dalam upaya pening-katan keselamatan pelayaran. Dengan demikian, keputusan yang diambil tidak hanya ber-sifat normatif, tetapi juga didukung oleh analisis risiko yang sistematis dan berbasis data.

Uji Keabsahan Data

Keabsahan data dalam penelitian ini diuji dengan mengacu pada prinsip-prinsip analisis risiko yang dikembangkan dalam kerangka Formal Safety Assessment (FSA). In-ternational Maritime Organization (IMO) menegaskan bahwa analisis risiko keselamatan pelayaran harus didasarkan pada validitas konseptual, konsistensi logis antar tahapan ana-lisis, serta dukungan data empiris dan regulatif agar hasil analisis dapat dipertanggungja-wabkan secara ilmiah dan operasional. Oleh karena itu, uji keabsahan data dalam penelitian ini dilakukan melalui empat pendekatan utama, yaitu validitas konsep-tual, konsistensi logis antar tahapan FSA, validasi berbasis data historis, dan validasi regu-latif.

1. Validitas Konseptual

Validitas konseptual dalam penelitian ini diuji dengan memastikan bahwa seluruh tahapan Formal Safety Assessment (FSA), yang meliputi identifikasi bahaya (hazard iden-tification), penilaian risiko (risk assessment), identifikasi opsi pengendalian risiko (risk control options), analisis biaya–manfaat (cost–benefit assessment), serta perumusan rek-omendasi pengambilan keputusan, diterapkan secara konsisten dan sesuai dengan pe-doman yang ditetapkan oleh International Maritime Organization (IMO). Penerapan tahapan FSA tersebut dilakukan secara berurutan dan saling terkait, sehingga mencerminkan kerangka analisis risiko keselamatan pelayaran yang sistematis dan ter-struktur.

Selain kesesuaian terhadap tahapan FSA, validitas konseptual juga diuji dengan memastikan bahwa bahaya dan risiko yang dianalisis relevan dengan karakteristik sistem pelayaran Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS), yang memiliki kondisi perairan sempit, lalu lintas kapal yang padat, serta interaksi kapal dengan ukuran dan jenis yang beragam. Aven (2016) menegaskan bahwa suatu analisis risiko dinilai valid secara konseptual apa-bila konsep risiko yang digunakan mampu merepresentasikan secara tepat sistem yang dianalisis dan konteks operasionalnya. Oleh karena itu, seluruh bahaya, parameter risiko, dan opsi pengendalian risiko dalam penelitian ini disusun berdasarkan kondisi nyata operasional APBS, sehingga hasil analisis dapat dipertanggungjawabkan secara akademis dan relevan secara praktis.

2. Konsistensi Logis Antar Tahapan FSA

Keabsahan analisis risiko menggunakan metode Formal Safety Assessment (FSA) diuji melalui konsistensi logis antar tahapan analisis. Konsistensi logis ini menuntut adan-ya keterkaitan yang jelas dan berurutan antara setiap tahapan FSA, mulai dari identifikasi bahaya, penilaian risiko, penentuan opsi pengendalian risiko, analisis biaya–manfaat, hingga perumusan rekomendasi pengambilan keputusan. Bahaya yang diidentifikasi pada tahap awal harus secara langsung menjadi dasar dalam penilaian risiko, sementara hasil penilaian risiko tersebut harus digunakan untuk menentukan prioritas dan jenis opsi miti-gasi yang dirumuskan.

International Maritime Organization (IMO, 2018) menegaskan bahwa keterputusan logika antar tahapan merupakan salah satu sumber utama ketidakabsahan dalam penera-pan FSA, karena dapat menghasilkan rekomendasi yang tidak proporsional terhadap ting-kat risiko yang dihadapi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini setiap rekomendasi pen-gendalian risiko disusun berdasarkan hasil analisis biaya–manfaat yang bersumber dari tingkat risiko yang telah dinilai sebelumnya. Pendekatan ini memastikan bahwa alur ana-lisis bersifat runtut, transparan, dan dapat ditelusuri secara metodologis, sehingga meningkatkan keabsahan dan kredibilitas hasil penelitian.

3. Validasi Berbasis Data Historis

Validasi berbasis data historis dilakukan dengan membandingkan hasil penilaian risiko yang diperoleh melalui metode Formal Safety Assessment (FSA) dengan data kecel-akaan kapal aktual di Alur Pelayaran Barat Surabaya pada periode tahun 2020–2024. Da-lam konteks FSA, tingkat risiko yang dikategorikan tinggi atau tidak dapat diterima harus tercermin secara nyata pada frekuensi kejadian kecelakaan serta besarnya konsekuensi dampak yang tercatat dalam data historis.

International Maritime Organization (IMO, 2002) menekankan bahwa penggunaan data kecelakaan historis merupakan elemen penting dalam validasi analisis risiko untuk mencegah terjadinya pendekatan yang bersifat spekulatif atau asumtif. Dengan menco-cokkan hasil penilaian risiko dengan pola kecelakaan aktual, penelitian ini memastikan bahwa tingkat risiko yang dihasilkan benar-benar merepresentasikan kondisi keselamatan pelayaran di lapangan. Pendekatan validasi berbasis data historis ini memperkuat keabsa-han hasil analisis FSA serta meningkatkan reliabilitas rekomendasi pengendalian risiko yang diusulkan.

4. Validasi Regulatif

Validasi regulatif dilakukan dengan menguji kesesuaian hasil analisis Formal Safety Assessment (FSA) terhadap regulasi nasional keselamatan pelayaran serta pedoman dan standar internasional yang berlaku. Hasil analisis dan rekomendasi pengendalian risiko dibandingkan dengan ketentuan yang ditetapkan oleh International Maritime Organiza-tion (IMO), International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Au-thorities (IALA), serta kebijakan nasional di bidang keselamatan pelayaran.

Menurut IMO (2002), analisis risiko yang sahih harus selaras dengan kerangka regu-latif yang berlaku agar rekomendasi yang dihasilkan dapat diterapkan secara legal dan operasional. Apabila rekomendasi pengendalian risiko yang dirumuskan sejalan dengan prinsip, standar, dan ketentuan regulatif tersebut, maka hasil analisis dinilai memiliki va-liditas eksternal dan bersifat aplikatif. Dengan demikian, validasi regulatif dalam penelitian ini memastikan bahwa rekomendasi keselamatan pelayaran yang dihasilkan tidak hanya kuat secara akademis, tetapi juga dapat diimplementasikan dalam praktik pengelolaan keselamatan pelayaran di Alur Pelayaran Barat Surabaya.

Luaran Penelitian

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Jenis dan penyebab utama kecelakaan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya.
2. Penilaian risiko kecelakaan kapal dengan metode Formal Safety Assessment.
3. Mitigasi Risiko yang dapat diberikan untuk meningkatkan keselamatan pe-layaran di Alur Pelaayaran Barat Surabaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian **Data**

Penyajian data disusun melalui tabel, grafik, dan narasi berbasis analisis empiris yang mendukung tahapan hazard identification, risk analysis, dan risk control option da-lam kerangka Formal Safety Assessment (FSA). Data dikelompokkan ke dalam tiga kate-gori, yaitu data kecelakaan kapal periode 2020-2024, data spasial navigasi APBS, dan da-ta kuesioner.

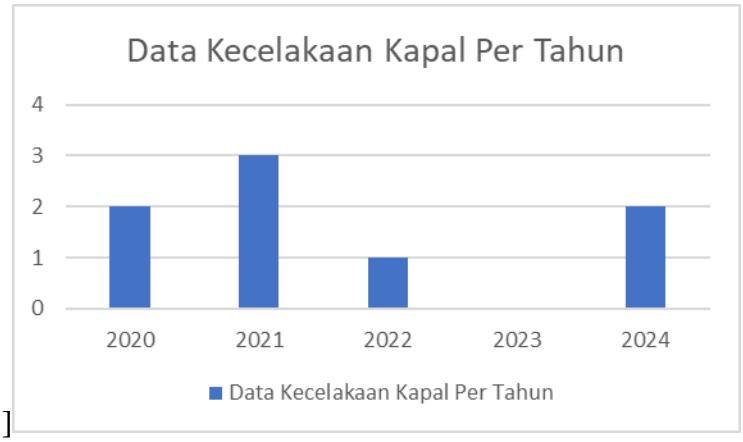
1. Penyajian Data Kecelakaan Kapal 2020-2024

Data kecelakaan kapal periode 2020-2024 diperoleh dari Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Utama Tanjung Perak Surabaya, dirangkum pada Tabel 1 beri-kut.

Tabel 1. Data Kecelakaan Kapal 2020-2024

Tahun	Kapal Terlibat	Lokasi	Jenis Kecelakaan	Faktor Penyebab	Dampak
2020	KM. Mentari Crystal	Kolam Dermaga Teluk Lamong	Tenggelam	Manusia & Teknis (stabilitas terganggu)	Kapal dan muatan tenggelam
2020	MV. Jebel Ali & KLM. Bahtera Salbach	Buoy 5 APBS	Tubrukan	Manusia (miss komunikasi)	KLM. Bahtera Salbach tenggelam
2021	KM. Tanto Bersinar, TB. Mitra Jaya XIX & TK. Makmur Abadi V	Buoy 3 APBS	Tubrukan & Tenggelam	Manusia (kurang pengamatan)	5 korban jiwa; TB. Mitra Jaya XIX tenggelam
2021	KMP. Ile Labalekan & MT. Prima Lautan I	Dermaga Gospier	Tubrukan	Manusia & Teknis (blackout)	Tali tambatan putus, mooring post roboh
2021	TSD HAM 311 & MT. Crane Vesta	Buoy 5 APBS	Tubrukan	Manusia (miss komunikasi)	Kerusakan lambung dan bulbous bow
2022	KM. Lit Enterprise	Dermaga Jamrud Selatan	Kebakaran	Manusia & Teknis (malfungsi mesin induk)	Kamar mesin terbakar
2024	TB. Samudra Sindo II	Buoy 9 APBS	Tenggelam	Manusia & Teknis (pintu kedap gagal)	Kapal tenggelam
2024	MV. SDM Taichang, MT. Alexandria, MT. Gloria Sentosa & BG. Sumber Kapuas 212	Depan Terminal Petrokimia Gresik	Tubrukan	Manusia & Teknis (blackout)	Beberapa kapal mengalami kerusakan minor

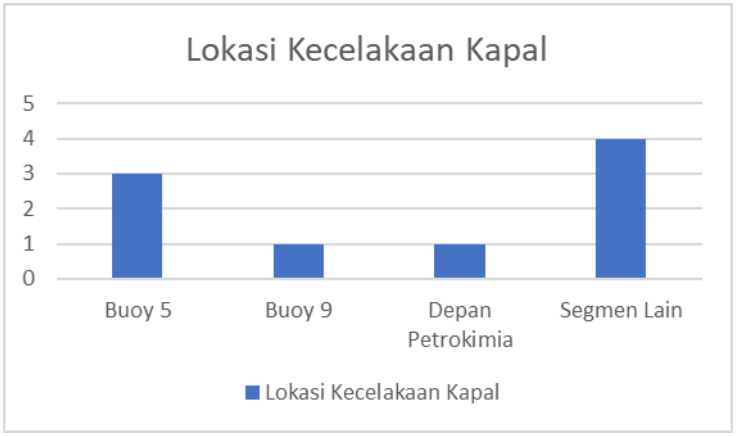
Berdasarkan data tersebut, kecelakaan dikelompokkan menurut tahun, lokasi, wak-tu, jenis kapal, jenis kecelakaan, dan faktor penyebab sebagaimana grafik berikut:



]

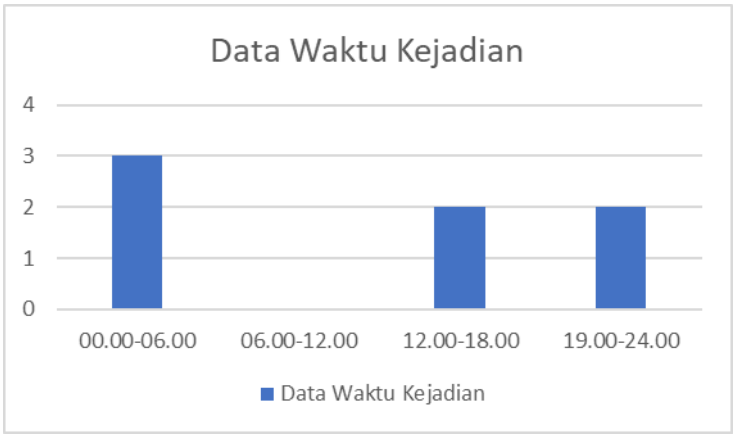
Grafik 1. Kecelakaan Kapal Per Tahun

Jumlah kecelakaan bersifat fluktuatif dengan puncak tiga kejadian pada 2021, mas-ing-masing dua kejadian pada 2020 dan 2024, satu kejadian pada 2022, dan tidak ada ke-celakaan pada 2023, yang menunjukkan bahwa risiko kecelakaan tidak konstan sehingga memerlukan pengendalian risiko yang berkelanjutan.



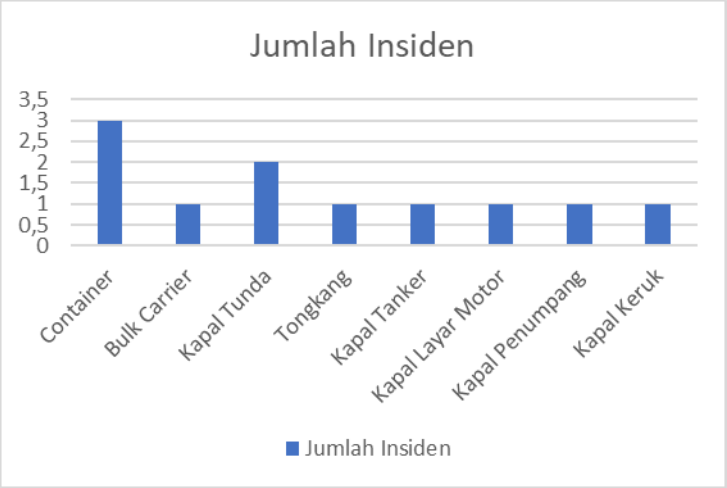
Grafik 2. Lokasi Kecelakaan Kapal

Kecelakaan terkonsentrasi pada segmen Buoy 5-10 dan area sekitar fasilitas industri Gresik akibat penyempitan alur, tikungan, dan arus silang, sehingga segmen ini dikate-gorikan sebagai structural risk hotspot dan zona kritis dalam kerangka FSA.



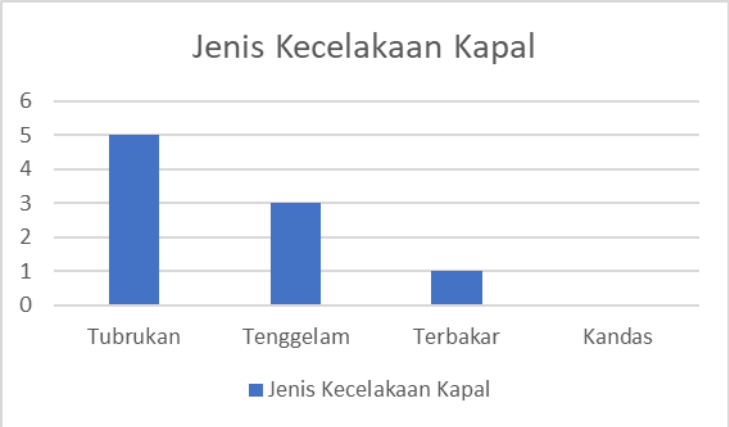
Grafik 3. Data Waktu Kecelakaan

Kecelakaan didominasi pada rentang 00.00-06.00 (tiga kejadian), diikuti 12.00-18.00 dan 19.00-24.00 (masing-masing dua kejadian), sementara pada rentang 06.00-12.00 tidak ditemukan kejadian. Pola ini konsisten dengan teori Circadian Rhythm Fa-tigue yang menunjukkan penurunan kognisi manusia pada dini hari (IMO STCW, 2019), sehingga menjadi dasar perlunya penguatan pengawasan dan manajemen kelelahan awak kapal.



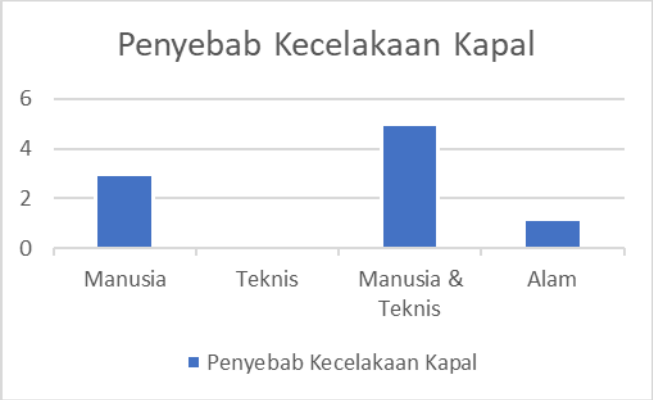
Grafik 4. Jenis Kapal Terlibat

Kapal kontainer dan bulk carrier paling banyak terlibat kecelakaan, diikuti kapal tunda dan tongkang, mencerminkan interaksi antara kapal besar dan kapal bermanuver pendek (mixed vessel interaction) yang meningkatkan risiko tubrukan akibat perbedaan turning radius dan ruang gerak.



Grafik 5. Jenis Kecelakaan Kapal

Tubrukan merupakan jenis kecelakaan paling dominan di APBS, mencerminkan karakteristik alur sebagai restricted waterway yang rentan terhadap hydrodynamic interac-tion dan bank effect, sejalan dengan pola pada kanal pelayaran global bertrafik tinggi.



Grafik 6. Faktor Penyebab Kecelakaan

2. Penyajian Data Spasial Navigasi APBS

Data spasial menunjukkan bahwa segmen Buoy 5-10 secara konsisten menjadi zona kecelakaan tertinggi akibat kombinasi penyempitan alur, tikungan, dan kedek-atan dengan area labuh industri, sehingga dikategorikan sebagai restricted waterway hazard. Keberadaan SBNP yang relatif merata belum sepenuhnya menekan kecel-akaan karena efektivitasnya lebih ditentukan oleh kualitas penempatan dan visibili-tas dibandingkan jumlah sarana, sehingga mitigasi risiko dalam kerangka FSA perlu berbasis pendekatan spasial melalui penataan alur, peningkatan kualitas dan reposisi SBNP, serta penguatan sistem informasi lalu lintas pada zona kritis.

3. Penyajian Data Kuesioner

Kuesioner digunakan untuk memperoleh gambaran empiris mengenai persepsi 21 responden, yang didominasi staf operasional (95,24%), terhadap risiko kesela-matan pelayaran di APBS. Ringkasan hasil setiap variabel adalah sebagai berikut:

1. Variabel Karakteristik Responden
   Responden didominasi staf operasional (20 orang, 95,24%) dan unsur manajerial (1 orang, 4,76%), sehingga data mencerminkan pen-galaman operasional aktual di lapangan dan relevan sebagai dasar ana-lisis FSA.
2. Variabel Penyebab Kecelakaan Kapal
   Faktor manusia dipersepsikan sebagai penyebab kecelakaan domi-nan (38,10%), diikuti faktor teknis (33,33%), faktor alam (23,81%), dan kombinasi alam-teknis (4,76%). Sebanyak 76,19% responden mengait-kan kecelakaan dengan faktor non-alamiah (manusia dan teknis), sejalan dengan pandangan IMO bahwa kegagalan human-technical interface menjadi penyebab utama kecelakaan di perairan sempit dan padat.
3. Variabel Jenis Kecelakaan Kapal
   Tubrukan (collision) dinilai sebagai jenis kecelakaan paling sering terjadi (52,38%), diikuti kebakaran dan kandas (masing-masing 19,05%) serta tenggelam (9,52%), sehingga skenario tubrukan layak ditetapkan sebagai dominant risk scenario dalam FSA.
4. Variabel Persepsi Tingkat Risiko Tubrukan Kapal
   Sebanyak 47,62% responden menilai risiko tubrukan berada pada kategori tinggi dan 38,10% pada kategori sedang (total 85,72% sedang-tinggi),

menunjukkan persepsi risiko berada pada zona ALARP hingga mendekati unacceptable risk, sehingga penerapan RCO yang memer-lukan investasi teknis dan operasional dinilai rasional dan proporsional.

5. Variabel Sarana Bantu Navigasi
   Sebanyak 66,67% responden menilai SBNP di APBS sudah me-madai, namun 33,33% menilai cukup hingga kurang memadai, mengindikasikan adanya latent hazard pada kualitas penempatan dan visibilitas SBNP yang menjadi dasar empiris bagi RCO struktural berupa reposisi dan peningkatan kualitas SBNP.
6. Variabel Efektivitas AIS dan Vessel Traffic Service (VTS)
   Sebanyak 52,38% responden menilai AIS/VTS efektif, 38,10% cukup efektif, dan 9,52% kurang efektif, menunjukkan performance gap yang mengindikasikan perlunya penguatan peran VTS secara lebih proaktif dalam pengendalian lalu lintas kapal.
7. Variabel Human Factor
   Sebanyak 80,95% responden menilai peningkatan kompetensi awak kapal sangat penting hingga penting, menegaskan bahwa human factor merupakan systemic risk contributor sehingga RCO berbasis pen-ingkatan kompetensi, seperti pelatihan navigasi perairan sempit dan ma-najemen kelelahan, menjadi prioritas.
8. Variabel Rekomendasi Kebijakan Keselamatan Pelayaran
   Rekomendasi kebijakan dari pertanyaan terbuka terkonsentrasi pa-da lima tema, yaitu penambahan/perbaikan SBNP, penguatan fungsi VTS, penegakan aturan dan disiplin navigasi, peningkatan kompetensi pandu dan awak kapal, serta penataan ulang alur dan area labuh. Temuan ini menunjukkan bahwa responden memandang kecelakaan sebagai per-soalan sistem keselamatan navigasi secara menyeluruh, memperkuat jus-tifikasi RCO yang bersifat teknis, regulatif, maupun berbasis sumber daya manusia.
   Penyajian data kuesioner menunjukkan konsistensi tinggi dengan data kecel-akaan aktual, memperkuat validitas triangulasi bahwa pola risiko yang teridentifi-kasi diakui pula oleh KSOP, Distrik Navigasi, dan PLP, sekaligus menjadi landasan rekomendasi kebijakan pada tahap FSA berikutnya.

Analisis Risiko Menggunakan Metode Formal Safety Assessment (FSA)

Formal Safety Assessment (FSA) merupakan pendekatan sistematis berbasis risiko dari IMO yang mengombinasikan analisis kualitatif dan kuantitatif. Dalam penelitian ini, FSA digunakan untuk menganalisis pola kecelakaan APBS periode 2020-2024, mengiden-tifikasi faktor penyebab, menilai tingkat risiko, dan mengevaluasi opsi mitigasi dengan mengintegrasikan data kecelakaan, data spasial, dan hasil kuesioner regulator.

1. Identifikasi Bahaya (Hazard Identification)
   Bahaya keselamatan pelayaran di APBS dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yaitu Navigational & Operational Hazard, Stability & Safety Hazard, dan Machin-ery & Technical Hazard. Ringkasan identifikasi bahaya, frekuensi, konsekuensi, dan ting-kat risiko masing-masing kategori disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 2. Identifikasi Bahaya dan Analisis Risiko APBS 2020-2024

Hazard Category	Accident Scenario	Jumlah Kejadian	Likelihood (L)	Consequence (C)	Risk Index (RI)	Kategori Risiko
Navigational & Operational Hazard	Tubrukan (Collision)	5	F4 (Sering)	C5 (Extreme)	20	Very High
Stability & Safety Hazard	Tenggelam (Sinking)	3	F3 (Sedang)	C5 (Extreme)	15	High
Machinery & Technical Hazard	Kebakaran (Fire)	1	F1 (Sangat Jarang)	C4 (Major)	4	Low

Kategori Navigational & Operational Hazard merupakan hazard dengan paparan tertinggi, dengan lima kejadian tubrukan yang melibatkan kapal niaga besar, kapal tunda, dan tongkang akibat kepadatan lalu lintas dan keterbatasan ruang manuver. Kategori Sta-bility & Safety Hazard mencakup tiga kejadian kapal tenggelam, baik berdiri sendiri maupun sebagai dampak lanjutan tubrukan, dengan dampak yang sangat serius meski frekuensinya lebih rendah. Adapun kategori Machinery & Technical Hazard mencakup satu kejadian kebakaran akibat malfungsi mesin induk yang, meski jarang terjadi, berpo-tensi eskalasi besar sehingga tetap memerlukan pengendalian preventif.

2. Analisis Risiko (Risk Analysis)

Analisis risiko mengacu pada standar AS/NZS 4360:2004 dengan menggabungkan nilai Likelihood (L) dan Consequence (C) melalui rumus RI = L x C. Hasil penilaian ini menjadi dasar penentuan Risk Control Options (RCO) agar risiko pada area high dan very high dapat diturunkan mendekati atau berada dalam batas As Low As Reasonably Practi-cable (ALARP).

Berdasarkan Tabel 4.2, skenario tubrukan (F4, C5) berada pada kategori Very High Risk, skenario tenggelam (F3, C5) pada kategori High Risk, dan skenario kebakaran (F1, C4) pada kategori Low Risk. Kombinasi frekuensi dan konsekuensi tersebut menjadi dasar penentuan prioritas Risk Control Op-tions, dengan tubrukan sebagai risiko utama yang memerlukan pengendalian segera.

3. Opsi Pengendalian Risiko (Risk Control Options)

Risk Control Options (RCO) dirumuskan untuk menurunkan likelihood dan/atau consequence pada skenario berisiko tinggi dan sangat tinggi, dengan mengacu pada hasil analisis risiko, data kecelakaan aktual, dan hasil kuesioner responden, sebagaimana dirangkum pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Risk Control Options dan Efektivitas Penurunan Risiko

No	Hazard Category	Skenario	Risk Control Option (RCO)	RI Awal	RI Setelah RCO	Kategori Setelah RCO
1	Navigational & Operational Hazard	Tubrukan	Optimalisasi peran aktif VTS	20	15	High
2	Navigational & Operational Hazard	Tubrukan	Peningkatan kompetensi perwira jaga (BRM & manajemen kelelahan)	20	15	High

No	Hazard Category	Skenario	Risk Control Option (RCO)	RI Awal	RI Setelah RCO	Kategori Setelah RCO
3	Navigational & Operational Hazard	Tubrukan	Reposisi & peningkatan kualitas SBNP	20	15	High
4	Stability & Safety Hazard	Tenggelam	Pengawasan stabilitas kapal & manajemen muatan	15	12	Medium
5	Stability & Safety Hazard	Tenggelam	Pemeriksaan LSA & emergency drill rutin	15	12	Medium
6	Machinery & Technical Hazard	Kebakaran	Inspeksi & perawatan sistem mesin/instalasi listrik	4	3	Low
7	Machinery & Technical Hazard	Kebakaran	Pelatihan Advanced Fire Fighting (AFF)	4	3	Low

RCO disusun secara konsisten berdasarkan tiga kategori bahaya untuk menjaga keselarasan metodologis penerapan FSA, dengan mempertimbangkan aspek teknis, operasional, dan manajerial sesuai kondisi lapangan.

Evaluasi menunjukkan bahwa penerapan RCO secara konsisten menurunkan tingkat risiko pada seluruh skenario kecelakaan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 4.3Penurunan risiko tubrukan dicapai melalui pengurangan likelihood (optimalisasi pengawasan lalu lintas, peningkatan kompetensi awak kapal, dan perbaikan SBNP), sedangkan penurunan risiko tenggelam dicapai melalui pengurangan consequence (penguatan stabilitas kapal dan kesiapsiagaan keselamatan). Skenario kebakaran yang telah berada pada kategori risiko rendah tetap diberikan RCO sebagai langkah preventif. Secara keseluruhan, penerapan RCO mampu menurunkan risiko residual ke tingkat As Low As Reasonably Practicable (ALARP).

4. Penilaian Efektivitas Biaya (Cost Benefit Assesment)

Tahap ini mengevaluasi kelayakan ekonomi setiap RCO menggunakan indikator Benefit-Cost Ratio (BCR), yaitu perbandingan biaya implementasi terhadap manfaat keselamatan berupa penurunan risiko kecelakaan. RCO dengan BCR > 1 dikategorikan layak, dan BCR >= 2 dikategorikan sangat layak, sejalan dengan prinsip ALARP.

1. RCO 1 - Optimalisasi Peran Aktif VTS

   Biaya implementasi diperkirakan +/- Rp750.000.000/tahun, mencakup pembaruan sistem VTS, komunikasi, pelatihan operator, dan penyempurnaan prosedur operasional. Estimasi manfaat keselamatan tahunan sebesar +/- Rp3.000.000.000 berdasarkan nilai ekonomi satu kejadian tubrukan (+/- Rp6.000.000.000), menghasilkan BCR = 4,00 (sangat layak).

2. RCO 2 - Peningkatan Kompetensi Perwira Jaga (BRM & Manajemen Kelelahan)

   Biaya diklat BRM bagi empat perwira jaga sebesar Rp4.280.000/tahun. Dengan asumsi konservatif efektivitas penurunan kesalahan operasional 15% terhadap kerugian tahunan akibat tubrukan, estimasi manfaat keselamatan sebesar +/- Rp315.000.000/tahun, menghasilkan BCR = 73,60 (sangat layak).

3. RCO 3 - Reposisi dan Peningkatan Kualitas SBNP
   Biaya investasi awal (one-off) diperkirakan +/- Rp1.200.000.000, mencakup pengadaan buoy, lampu navigasi, sistem mooring, instalasi, dan kalibrasi. Estimasi manfaat keselamatan selama dua-tiga tahun sebesar +/- Rp3.500.000.000, menghasilkan BCR = 2,92 (sangat layak).
4. RCO 4 - Peningkatan Pengawasan Stabilitas Kapal dan Manajemen Muatan
   Biaya operasional tahunan diperkirakan +/- Rp150.000.000, mencakup inspeksi stabilitas, pengawasan muatan, dan pemeriksaan dokumen. Dengan expected loss tahunan akibat sinking sebesar Rp1.500.000.000, diperoleh BCR = 10,00 (sangat layak).
5. RCO 5 - Pemeriksaan LSA dan Emergency Drill Rutin
   Biaya implementasi diperkirakan +/- Rp100.000.000/tahun untuk pemeriksaan LSA dan pelaksanaan emergency drill. Estimasi manfaat kesela-matan tahunan sebesar +/- Rp800.000.000 berdasarkan penurunan risiko fa-talitas +/- 30%, menghasilkan BCR = 8,00 (sangat layak).
6. RCO 6 - Inspeksi dan Perawatan Sistem Mesin dan Instalasi Listrik
   Biaya implementasi diperkirakan +/- Rp120.000.000/tahun. Dengan asumsi penurunan probabilitas kegagalan teknis sebesar 20%, estimasi manfaat keselamatan tahunan sebesar +/- Rp700.000.000, menghasilkan BCR = 5,83 (sangat layak).
7. RCO 7 - Pelatihan Advanced Fire Fighting (AFF)
   Biaya diklat AFF diperkirakan Rp28.000.000/tahun. Dengan efektivitas pencegahan eskalasi kebakaran sebesar 13%, estimasi manfaat keselamatan tahunan sebesar +/- Rp400.000.000, menghasilkan BCR = 14,29 (sangat lay-ak).

Tabel 4. Ringkasan Cost-Benefit Assessment Risk Control Options

No	Risk Control Option	Biaya Implementasi	Estimasi Manfaat/Tahun	BCR	Kelayakan
1	Optimalisasi peran aktif VTS	Rp750.000.000/tahun	Rp3.000.000.000	4,00	Sangat Layak
2	Peningkatan kompetensi perwira jaga (BRM)	Rp4.280.000/tahun	Rp315.000.000	73,60	Sangat Layak
3	Reposisi & peningkatan kualitas SBNP	Rp1.200.000.000 (one-off)	Rp3.500.000.000 (2-3 tahun)	2,92	Sangat Layak
4	Pengawasan stabilitas & manajemen muatan	Rp150.000.000/tahun	Rp1.500.000.000	10,00	Sangat Layak
5	Pemeriksaan LSA & emergency drill rutin	Rp100.000.000/tahun	Rp800.000.000	8,00	Sangat Layak
6	Inspeksi & perawatan mesin/instalasi listrik	Rp120.000.000/tahun	Rp700.000.000	5,83	Sangat Layak
7	Pelatihan Advanced Fire Fighting (AFF)	Rp28.000.000/tahun	Rp400.000.000	14,29	Sangat Layak

Seluruh RCO menghasilkan BCR di atas satu, bahkan sebagian besar melebihi dua, yang menandakan bahwa penerapannya layak secara ekonomi dan efektif menurunkan risiko kecelakaan, sehingga risiko residual berada pada tingkat ALARP dengan tetap mempertimbangkan keterbatasan sumber daya.

5. Rekomendasi (Recommendation)

Rekomendasi disusun berdasarkan hasil analisis risiko, evaluasi RCO, dan CBA, dengan mempertimbangkan efektivitas penurunan risiko, efisiensi biaya, dan prinsip ALARP.

Untuk skenario tubrukan (Very High Risk), direkomendasikan optimalisasi peran ak-tif VTS, peningkatan kompetensi perwira jaga melalui pelatihan BRM, serta reposisi dan peningkatan kualitas SBNP. Untuk skenario tenggelam (High Risk), direkomendasikan peningkatan pengawasan stabilitas kapal dan manajemen muatan, serta pemeriksaan LSA dan emergency drill rutin. Adapun untuk skenario kebakaran, direkomendasikan pening-katan inspeksi sistem mesin/instalasi listrik dan pelatihan Advanced Fire Fighting sebagai langkah preventif.

Penerapan seluruh RCO secara simultan dan berkelanjutan direkomendasikan se-bagai paket pengendalian risiko komprehensif guna menurunkan tingkat risiko kecelakaan kapal di APBS hingga mencapai ALARP.

Keabsahan Data Hasil Penelitian

Keabsahan data diuji melalui empat pendekatan, yaitu validitas konseptual, konsistensi logis antar tahapan FSA, validitas berbasis data historis, dan validitas regulatif.

5. Validitas Konseptual (Conceptual Validity)

Seluruh tahapan penelitian, mulai dari identifikasi bahaya hingga rek-omendasi, disusun mengacu pada pedoman FSA IMO, dengan definisi bahaya, risiko, likelihood, consequence, dan kategori risiko yang konsisten dengan terminologi FSA.

6. Konsistensi Logis antar Tahapan FSA

Hasil identifikasi bahaya menjadi dasar analisis risiko, hasil analisis risiko mendasari penentuan RCO, dan hasil RCO dievaluasi melalui CBA se-bagai dasar rekomendasi, sehingga seluruh tahapan saling terhubung secara sistematis tanpa lompatan analisis.

7. Validitas Besbasis Data Historis (Historical Data Validation)

Hasil analisis risiko dibandingkan dengan data kecelakaan aktual APBS sebagai dasar penentuan skenario, likelihood, dan consequence, sehingga hasil FSA mencerminkan kondisi empiris di lapangan, bukan bersifat spekulatif.

8. Validitas Regulatif (Regulatory Validity)

RCO yang dirumuskan mengacu pada SOLAS, ISM Code, serta pe-doman dan model course IMO, sekaligus disesuaikan dengan kebijakan keselamatan pelayaran nasional.

Keempat pendekatan tersebut menunjukkan bahwa data dan hasil analisis penelitian ini memiliki keabsahan yang memadai serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah sebagai dasar rekomendasi peningkatan keselamatan pelayaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai keselamatan pelayaran di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) menggunakan pendekatan Formal Safety Assessment (FSA), dapat disimpulkan bahwa kecelakaan kapal di APBS periode 2020–2024 didominasi oleh tubrukan (5 kejadian, 62,5%), diikuti tenggelam (2 kejadian, 25%) dan kebakaran (1 kejadian, 12,5%), dengan penyebab utama berasal dari faktor navigasi, stabilitas kapal, dan kondisi teknis. Analisis FSA menunjukkan bahwa risiko tubrukan berada pada kategori Very High Risk (RI=20), tenggelam pada High Risk (RI=15), dan kebakaran pada Low Risk (RI=4). Tujuh Risk Control Options (RCO) yang dirumuskan, yaitu optimalisasi peran aktif VTS, peningkatan kompetensi perwira jaga melalui pelatihan BRM, reposisi dan peningkatan kualitas SBNP, pengawasan stabilitas kapal dan manajemen muatan, pemeriksaan LSA dan emergency drill rutin, inspeksi dan perawatan sistem mesin dan instalasi listrik, serta pelatihan Advanced Fire Fighting, secara keseluruhan memiliki nilai BCR ≥ 2 sehingga dikategorikan sangat layak. Penerapan RCO secara terintegrasi diharapkan mampu menurunkan risiko kecelakaan hingga tingkat As Low As Reasonably Practicable (ALARP).

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan analisis risiko yang lebih mendalam pada setiap RCO dengan menggunakan data operasional yang lebih detail dan periode pengamatan yang lebih panjang. Penelitian lanjutan juga dapat mengkaji implementasi RCO secara aktual di lapangan dan mengevaluasi efektivitasnya setelah penerapan, serta mengembangkan model prediksi risiko berbasis real-time yang mengintegrasikan data AIS, VTS, dan kondisi lingkungan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat. Selain itu, penelitian komparatif dengan alur pelayaran padat lainnya di Indonesia juga diperlukan untuk mengidentifikasi praktik terbaik keselamatan pelayaran yang dapat diadaptasi di APBS.

REFERENSI

Aanshar, N. A. (2026). *Penilaian keselamatan pelayaran penyeberangan rute Jeneberang–Taeng menggunakan metode Formal Safety Assessment (FSA) = Safety assessment of shipping on the Jeneberang–Taeng route using the Formal Safety Assessment (FSA) method* [Skripsi, Universitas Hasanuddin].

Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research, 253*(1), 1–13.

Kwartama, A., & Sopani, A. (2023). Implikasi pembatasan global pada jaringan transportasi laut dan logistik dalam perdagangan internasional di Indonesia. *Jurnal Matemar (Manajemen dan Teknologi Maritim), 4*(2).

Lendra, et al. (2023). The assessment of occupational safety and health risk management on construction projects during the COVID-19 pandemic. *International Journal of Disaster Management*.

Maharani, H. F., Yudo, H., & Hadi, E. S. (2024). Analisis frekuensi tubrukan kapal menggunakan *causation probability* berdasarkan metode *Bayesian Network*: Studi kasus Alur Pelayaran Barat Surabaya. *Jurnal Teknik Perkapalan, 12*(2).

Mangeswuri, D. R., & Budiyanti, E. (2024). Peran logistik dalam mendukung konektivitas maritim di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik, 15*(2), 189–204.

Meteor STIP Jakarta. (2022). *Efektivitas peran VTS dalam pengawasan gerakan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya*. STIP Jakarta.

Nugroho, & Artana. (2024). *Formal safety assessment of the connection of the Sunda Strait*

and Java Sea through the implementation of IMO routeing measures. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Prabowo, A. S., Purwanto, & Budiyanto, L. (2022). Analisa tingkat keselamatan dan kecelakaan yang pernah terjadi di Alur Pelayaran Barat Surabaya dengan metode *Formal Safety Assessment* (FSA). *Jurnal Universal Technic, 1*(2), 71–83. https://doi.org/10.58192/unitech.v1i2.398

Setiawan, M. A. (2026). *Penerapan Formal Safety Assessment (FSA) untuk penilaian risiko kecelakaan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surabaya].

Suharjo, B., & Suharyo, O. S. (2014). Penilaian risiko kecelakaan kapal berlayar di Alur Pelayaran Timur Surabaya dengan metode *Formal Safety Assessment* (FSA). *Journal Asro, 2*, 1–14.

Syaputra, P. E. (2024). Kajian integrasi transportasi multi moda untuk menekan biaya logistik pada wilayah kepulauan: Studi kasus pada Pulau Bawean. *Jurnal Transportasi, 24*(1), 49–61.

Wahyuni, E. T., Widodo, B. L. H., & Rubiyanto, A. (2025). Analisis faktor risiko dan strategi mitigasi untuk peningkatan keselamatan pelayaran di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS). *Majalah Ilmiah Gema Maritim, 27*(2), 96–103.

Wikipedia. (2023). *Port of Tanjung Perak*. https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Tanjung_Perak

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.