

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Review Penelitian Sebelumnya*

Dalam Tugas Akhir ini, penulis mengambil referensi dari beberapa penelitian sebelumnya untuk menambah bahan kajian dalam Tugas Akhir penulis. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal yang terkait dengan Tugas Akhir penulis.

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya

No	Nama Peneliti dan Identitas Jurnal	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Tugas Akhir
1.	Taufik Fajar Nugroho, Ketut Buda Artana, Anak Agung Bagus Dinariyana, Zayyan Fakhri Suwardana, Febri Helios Javanica. <i>Journal of ETA Maritime Science</i> 2024;12(3):253-262	<i>Formal Safety Assessment of the Connection of the Sunda Strait and Java Sea Through the Implementation of IMO Routeing Measures</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa TSS lebih efektif dalam menurunkan frekuensi tubrukan di Selat Sunda dan Laut Jawa dibandingkan dengan rute dua arah, dengan aliran lalu lintas berlawanan arah jarum jam yang semakin mengurangi potensi situasi saling silang (<i>crossing</i>). Langkah-langkah yang diusulkan, khususnya Risk Control Option 3, menunjukkan penurunan frekuensi tubrukan sebesar 54% dibandingkan dengan kondisi eksisting. Namun demikian, meskipun terjadi peningkatan keselamatan, frekuensi tubrukan masih berada pada tingkat yang tidak dapat ditoleransi, sehingga	Dalam penelitian 1 lokasi penelitian berada di Selat Sunda dan Laut Jawa, sedangkan Tugas Akhir ini Lokasi penelitian berada di Alur Pelayaran Barat Surabaya

			diperlukan strategi tambahan. Total frekuensi tubrukan dari seluruh skenario yang diusulkan masih dinilai tidak dapat diterima, sehingga dibutuhkan metode lanjutan untuk meningkatkan keselamatan pelayaran.	
2.	Agus Selamat Prabowo, Purwanto, Lilik Budiyo. Jurnal Universal Technic. Vol.1 No.2 Oktober 2022. Hal 71-83	Analisa Tingkat Keselamatan dan Kecelakaan yang Pernah terjadi di Alur Pelayaran Barat Surabaya dengan Metode <i>Formal Safety Assessment (FSA)</i>	Jumlah kecelakaan di Alur Pelayaran Barat Surabaya tahun 2017 s/d 2021 sebanyak 80 kasus dan terdapat empat jenis kecelakaan yang mempunyai resiko tinggi yaitu kandas dengan nilai risiko 8, kecelakaan manusia dengan nilai risiko 34, tabrakan kapal dengan dermaga dengan nilai risiko 26, dan kapal tenggelam dengan nilai risiko 12	Dalam penelitian 2 <i>output</i> yang dihasilkan yaitu jumlah kecelakaan kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya tahun 2017 s/d 2021 dan terdapat empat jenis kecelakaan yang mempunyai resiko tinggi, sedangkan dalam Tugas Akhir ini <i>output</i> yang dihasilkan yaitu faktor penyebab kecelakaan di Alur Pelayaran Barat Surabaya Tahun 2020-2024 dan dilengkapi dengan rekomendasi terkait peningkatan keselamatan berlayar.
3.	Heslina Fifani Maharani, Hartono Yudo, Eko Sasmito Hadi. Laboratorium Teknologi Sistem dan Permesinan Kapal. Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Juni 2024	Analisis Frekuensi Tubrukan Kapal menggunakan <i>Causation Probability</i> Berdasarkan Metode <i>Bayesian Network</i> : Studi Kasus Alur Pelayaran Barat Surabaya	Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan berdasarkan perhitungan probabilitas dari model <i>bayesian network</i> tubrukan kapal, didapatkan nilai probabilitas potensi kapal yang mengalami tubrukan adalah 64% dengan akurasi nilai 93%. Nilai	Dalam penelitian 3 <i>output</i> yang dihasilkan berupa frekuensi tubrukan kapal menggunakan <i>causation probability</i> berdasarkan metode <i>bayesian network</i> , sedangkan dalam tugas akhir ini <i>output</i> yang dihasilkan berupa semua faktor penyebab kecelakaan dan dengan menggunakan metode <i>Formal Safety Assessment (FSA)</i> .

			causation probability yang didapatkan adalah $5,69 \times 10^{-5}$, $4,23 \times 10^{-5}$, dan $0,96 \times 10^{-5}$ (Head-on, crossing dan overtaking).	
--	--	--	--	--

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Keselamatan Pelayaran

Keselamatan pelayaran merupakan aspek fundamental dalam industri maritim yang mencakup pemenuhan standar hukum, teknis, manajerial, hingga faktor manusia.

1. Definisi Hukum Nasional

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, keselamatan pelayaran adalah keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dan keamanan yang menyangkut angkutan di perairan, kepelabuhanan, serta perlindungan maritim. Definisi ini menegaskan bahwa keselamatan pelayaran bukan hanya soal teknis kapal, tetapi juga mencakup tata kelola pelabuhan dan ekosistem maritim (UU No.17/2008 Pasal 1 angka 32).

2. Prinsip Dasar- Kelaiklautan Kapal (*Seaworthiness*)

Konsep *seaworthiness* menekankan bahwa sebuah kapal hanya boleh dioperasikan jika telah memenuhi persyaratan teknis, hukum, dan operasional (UU No.17/2008 Pasal 117 Nomor 2). Adapun aspek yang harus dipenuhi mencakup:

a. Kelaiklautan Kapal

Kondisi fisik, peralatan navigasi, mesin, dan sistem keselamatan harus berfungsi baik sesuai standar internasional dan nasional (*International Maritime Organization, 2020*). Misalnya, setiap kapal diwajibkan memiliki *safety equipment* seperti sekoci, jaket pelampung, sistem komunikasi darurat, dan alat pemadam kebakaran.

b. Pencegahan Pencemaran

Merujuk pada *Marine Pollution 73/78 Convention* yang mengatur pencegahan pencemaran minyak, bahan kimia cair, zat berbahaya dalam bentuk kemasan, limbah, dan emisi udara dari kapal. Hal ini menekankan bahwa pemenuhan aturan *Marine Pollution* merupakan syarat mutlak bagi kapal untuk diizinkan beroperasi di perairan internasional.

c. Pengawakan (*Manning*):

Sesuai *STCW Convention 1978 (Standards of Training, Certification, and Watchkeeping for Seafarers)*, setiap kapal harus diawaki oleh pelaut dengan jumlah dan kompetensi memadai. Kompetensi mencakup keterampilan teknis, navigasi, komunikasi, dan manajemen krisis.

d. Garis Muat (*Load Line*):

berdasarkan *International Load Line Convention 1966*, kapal wajib mematuhi tanda garis muat (*Plimsoll line*) agar tidak melebihi kapasitas muat yang dapat membahayakan stabilitas kapal.

e. Pemuatan dan Stabilitas:

Distribusi muatan harus memperhatikan pusat gravitasi kapal agar tidak menimbulkan bahaya seperti miring (*listing*) atau oleng (*capsizing*). Branch (2007) menekankan bahwa kelalaian dalam pengaturan stabilitas kargo merupakan penyebab utama kecelakaan kapal niaga.

3. Manajemen Keselamatan – *International Safety Management (ISM) Code*

Keselamatan pelayaran tidak hanya bertumpu pada aspek teknis kapal, tetapi juga pada manajemen perusahaan pelayaran. Hal ini diatur melalui *International Safety Management (ISM) Code*, bagian dari *SOLAS (Safety of Life at Sea Convention)*.

Prinsip utama *International Safety Management (ISM) Code* antara lain:

- a. Prosedur tertulis: setiap kegiatan operasional kapal (navigasi, pemuatan, perawatan mesin, keadaan darurat) harus terdokumentasi jelas.
- b. Audit internal dan eksternal: perusahaan wajib melakukan audit secara berkala untuk memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan.
- c. Perbaikan berkelanjutan: hasil audit digunakan untuk mengidentifikasi kelemahan dan melakukan koreksi agar sistem keselamatan semakin baik (*IMO, 2018*).
- d. Implementasi *ISM Code* dituangkan dalam *Safety Management System (SMS)*, yang berfungsi sebagai panduan perusahaan dalam mengelola keselamatan kapal, kru, dan perlindungan lingkungan.

4. Faktor Manusia dalam Keselamatan

Faktor manusia (*human factor*) terbukti menjadi elemen paling dominan dalam rantai sebab kecelakaan maritim. Hetherington, Flin, dan Mearns (2006) dalam kajian *Human Factors Review in Maritime Safety* menyatakan bahwa

kelelahan, miskomunikasi, kurangnya situational awareness, serta lemahnya budaya keselamatan menyumbang sebagian besar kecelakaan kapal.

Faktor manusia merupakan penyebab dominan dalam kecelakaan maritim, dengan studi empiris menunjukkan bahwa sekitar 72–96% kecelakaan kapal melibatkan human error, baik secara langsung maupun tidak langsung (RSIS International, 2025). Analisis menggunakan pendekatan Human Factors Analysis and Classification System (HFACS), yang dikembangkan berdasarkan Swiss Cheese Model, menegaskan bahwa kegagalan aktif maupun laten, termasuk kurangnya pelatihan, manajemen kelelahan yang buruk, budaya komunikasi yang lemah, dan kepemimpinan keselamatan yang tidak memadai, secara signifikan meningkatkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, penguatan aspek manusia melalui pelatihan, manajemen kelelahan, budaya komunikasi, dan kepemimpinan keselamatan menjadi sangat krusial dalam sistem pelayaran modern untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan di laut.

5. Integrasi Regulasi dan Kajian Ilmiah

Dari pemaparan di atas, keselamatan pelayaran dapat dipahami sebagai hasil integrasi dari berbagai aspek berikut:

- a. Aspek regulasi: UU No. 17 Tahun 2008, *SOLAS*, *MARPOL*, *STCW*, *Load Line Convention*.
- b. Aspek teknis: *seaworthiness* mencakup kondisi kapal, stabilitas, pemuatan, dan pencegahan pencemaran.
- c. Aspek manajerial: implementasi *ISM Code* melalui *Safety Management System (SMS)*.
- d. Aspek manusia: faktor psikologis, sosial, organisasi, dan budaya keselamatan.

Keselamatan pelayaran dengan demikian tidak bisa dicapai hanya melalui pemenuhan aturan teknis, tetapi membutuhkan pendekatan holistik yang menyatukan hukum, teknologi, manajemen, dan perilaku manusia.

2.2.2 Konsep Dasar Risiko dalam Pelayaran

1. Definisi Risiko

International Maritime Organization (IMO) mendefinisikan risiko (*risk*) sebagai fungsi dari kemungkinan terjadinya suatu kejadian (*probability*) dan konsekuensi yang dihasilkannya (*consequence*). Rumusan tersebut digunakan dalam pendekatan *Formal Safety Assessment (FSA)* yang direkomendasikan IMO:

$$\text{Risk} = \text{Probability} \times \text{Consequence}$$

Konsep ini menjelaskan bahwa risiko dalam pelayaran merupakan kombinasi antara peluang terjadinya kecelakaan dan besarnya dampak baik terhadap keselamatan manusia, kerusakan kapal, gangguan operasional, maupun kerusakan lingkungan laut (IMO, 2002).

2. Komponen Risiko

a. Hazard

Hazard Adalah kondisi atau sumber potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan. Dalam analisis risiko, identifikasi *hazard* merupakan tahap awal.

b. Likelihood

Likelihood Adalah Tingkat kemungkinan kejadian suatu insiden. Nilai kemungkinan dipengaruhi oleh frekuensi operasi, kondisi teknis kapal, cuaca, kompetensi kru, serta faktor eksternal lainnya.

c. Consequence

Consequence menggambarkan besarnya dampak yang timbul dari insiden, seperti kerusakan kapal, cedera, hilangnya nyawa, kerusakan lingkungan, atau kerugian ekonomi.

d. Exposure

Exposure merupakan Tingkat keterpaparan terhadap *hazard*, misalnya seberapa sering kapal beroperasi di daerah berbahaya atau dalam kondisi cuaca buruk.

3. Jenis Risiko dalam Pelayaran

a. Risiko Navigasi

Termasuk tabrakan kandas, tubrukan dengan objek tetap, dan kehilangan kendali navigasi. Dipengaruhi oleh visibilitas, traffic padat, akurasi navigasi, serta kemampuan manuver.

b. Risiko Operasional

Risiko yang berasal dari proses kerja dan aktivitas manusia seperti human error, kurangnya pelatihan, kelelahan, komunikasi buruk, dan kesalahan dalam prosedur operasional.

c. Risiko Lingkungan

Mencakup cuaca buruk, gelombang tinggi, arus kuat, kabut, sedimentasi, dan perubahan kondisi laut yang dapat mengganggu keselamatan pelayaran.

d. Risiko Teknis Kapal

Kerusakan mesin, kegagalan *steering gear*, gangguan listrik, kebocoran, atau kerusakan struktural kapal.

e. Risiko Manajemen

Berkaitan dengan kualitas SMS (Safety Management System), SOP, budaya keselamatan, pengawasan, dan komunikasi manajemen kapal-darat.

2.2.3 Metode Analisis Risiko yang Relevan dengan FSA

Metode analisis risiko merupakan bagian integral dari *Formal Safety Assessment (FSA)* yang direkomendasikan oleh *International Maritime Organization (IMO)*. Pendekatan ini membantu mengidentifikasi bahaya, menilai kemungkinan kegagalan, serta mengevaluasi konsekuensi kecelakaan dalam sistem pelayaran.

1. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Fault Tree Analysis adalah metode analisis risiko deduktif yang bertujuan mengidentifikasi penyebab suatu kejadian puncak (*top event*) seperti tabrakan, kandas, atau kegagalan mesin.

2. *Event Tree Analysis (ETA)*

Event Tree Analysis merupakan metode induktif yang digunakan untuk menganalisis bagaimana suatu kejadian awal (*initiating event*) dapat berkembang menjadi berbagai skenario konsekuensi.

3. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA adalah metode analisis risiko induktif yang digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan potensial (*failure modes*) pada suatu sistem serta dampaknya terhadap operasi.

4. *HAZOP (Hazard and Operability Study)*

HAZOP adalah metode studi keselamatan terstruktur yang digunakan untuk mengevaluasi deviasi dari kondisi operasi normal menggunakan guide words seperti: *MORE*, *LESS*, *NO*, *REVERSE*, dll.

5. *Pairwise Comparison & Weighting (AHP)*

Metode pembobotan ini menggunakan teknik *Analytic Hierarchy Process (AHP)* untuk membandingkan faktor risiko secara berpasangan.

2.2.4 Matriks Risiko

Menurut *International Journal of Marine Engirening Innova and Research Vol 7(3) (2022)*, standar AS/NZS 4360:2004 adalah Standar Sistem Manajemen yang menetapkan standar minimum untuk implementasi proses Manajemen Risiko di Perusahaan. Manajemen risiko menurut AS/NZS 4360:2004 adalah penerapan sistem kebijakan manajemen, prosedur, dan praktik untuk komunikasi tugas, pengaturan konteks, identifikasi, analisis, evaluasi, pengendalian, dan pemantauan risiko. Penilaian risiko dilakukan menggunakan analisis semikuantitatif, yaitu: skala kualitatif yang telah dijelaskan dengan angka-angka untuk memberikan skala tetapi tidak seperti analisis kuantitatif. Perhitungan risiko dalam analisis semi-kuantitatif menggunakan rumus *William T. Fine (W.T Fine)* yang 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. Probabilitas adalah probabilitas bahwa suatu kecelakaan akan terjadi dari paparan terhadap bahaya yang mengakibatkan kecelakaan dan dampak. Persamaan *William T. Fine (W.T Fine)* ditunjukkan sebagai berikut:

$$\text{Risiko} = \text{Konsekuensi} \times \text{Probabilitas}$$

Matriks yang digunakan didasarkan pada tingkat dampak atau Konsekuensi, paparan, dan kemungkinan atau probabilitas terjadinya potensi bahaya ini dapat dilihat pada table-tabel sebagai berikut:



```
graph TD; A["Hazard Identification in Equipment, Procedures, Organization, Etc"] --> B["Analyze the likelihood of the consequence occurring (PROBABILITY)"]; B --> C["Evaluate the seriousness of the consequence if it occurring (SEVERITY)"]; C --> D["Is the assessed risk(s) acceptable and within the organization's safety performance criteria?"]; D -- Yes --> E["Accept the risk(s)"]; D -- No --> F["Take action to reduce the risk(s) to an acceptable level"]; E --- G["HAZARD IDENTIFICATION"]; B --- H["RISK ANALYSIS"]; C --- H; D --- I["RISK ASSESSMENT"]; E --- J["RISK MITIGATION"]; F --- J;
```

The flowchart illustrates the Risk Management Process, which is divided into four main stages: Hazard Identification, Risk Analysis, Risk Assessment, and Risk Mitigation. The process begins with Hazard Identification, which involves identifying hazards in equipment, procedures, and organization. This leads to Risk Analysis, which involves analyzing the likelihood of the consequence occurring (Probability) and evaluating the seriousness of the consequence if it occurs (Severity). The next stage is Risk Assessment, which involves determining if the assessed risk(s) are acceptable and within the organization's safety performance criteria. If the risk is acceptable, the process moves to Risk Mitigation, where the risk is accepted. If the risk is not acceptable, the process moves to Risk Mitigation, where action is taken to reduce the risk(s) to an acceptable level.

1. *Consequence Scale*

- Keselamatan jiwa (*fatality, injury*)
- Kerusakan kapal (*hull damage, machinery failure*)
- Gangguan operasional (*delay, grounding, channel blockage*)
- Lingkungan (*oil spill, water pollution*)
- Ekonomi (*kerugian biaya operasional dan reputasi*)

Level	Dampak	Contoh
1	<i>Insignificant</i>	Tidak ada kerugian / kerugian sangat sedikit
2	<i>Minor</i>	Cedera ringan memerlukan perawatan ringan dan dapat ditangani segera di tempat kejadian, kerugian materil ringan
3	<i>Moderate</i>	Membutuhkan perawatan medis, kerugian materil sedang
4	<i>Major</i>	Cedera mengakibatkan kecacatan atau hilangnya fungsi tubuh, serta kerugian materi yang signifikan

5	<i>Extreme</i>	Menyebabkan kematian, kerugian materil yang besar.
---	----------------	--

Sumber : Komite Gabungan Standar Australia/Satndar Selandia Baru OB-007, 2004.

2. *Likelihood Scale*

Skala Likelihood menggambarkan seberapa besar kemungkinan suatu kejadian kecelakaan terjadi dalam suatu sistem pelayaran. IMO tidak menetapkan angka absolut untuk frekuensi, namun memberikan pedoman umum untuk pengklasifikasian risiko berdasarkan interpretasi operasional.

Tabel 2. 3 *Likelihood Scale*

Level	Kategori	Deskripsi
1	Sangat Jarang	Hampir tidak pernah terjadi; kemungkinan sangat rendah dan tidak diharapkan terjadi selama operasi normal. (Misalnya: 0-1 kali/5 tahun)
2	Jarang	Dapat terjadi pada kondisi tertentu tetapi peluangnya kecil; insiden mungkin pernah terjadi sebelumnya. (Misalnya: 2 kali/5 tahun)
3	Sedang	Kejadian dapat muncul pada operasi reguler; cukup sering dalam kondisi spesifik atau lingkungan tertentu. (Misalnya :3 kali/5 tahun)
4	Sering	Terjadi berulang pada operasi sejenis atau di alur pelayaran padat; frekuensi cukup tinggi. (Misalnya: 4-5 kali/5 tahun)
5	Sangat Sering	Terjadi hampir setiap saat; termasuk kejadian yang sering muncul dalam kegiatan harian atau dalam lalu lintas sangat padat. (Misalnya: >5 kali/5 tahun)

Sumber : Skripsi Prasetyawatu dian dkk, 2025

3. *Risk Index (RI)*

Risk Index (RI) adalah hasil kombinasi antara nilai *Likelihood* dan *Consequence*, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Risk Index (RI)} = \text{Likelihood} \times \text{Consequence}$$

Berdasarkan *International journal Lendra et al, 2023*, dari hasil perkalian risiko, maka akan dikelompokkan ke dalam kategori risiko, yaitu risiko rendah, risiko sedang, risiko tinggi, dan risiko sangat tinggi, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.1. Setelah mendapatkan hasil peringkat risiko dan kategori risiko, langkah selanjutnya adalah mendistribusikan kuesioner tahap kedua untuk mendapatkan metode pengendalian risiko.

Gambar 2. 2. Matriks Penilaian Risiko

		SEVERITY					
PROBABILITY		Insignificant	Minor	Moderate	Major	Extreme	
	Almost Certainly	Moderate	High	High	V. High	V. High	5
	Likely	Moderate	Moderate	High	High	V. High	4
	Possible	Low	Moderate	High	High	High	3
	Unlikely	Low	Low	Moderate	Moderate	High	2
	Rare	Low	Low	Moderate	Moderate	High	1
		1	2	3	4	5	

Sumber: Komite Standar Gabungan Australia / Standar Selandia Baru
OB-007,2004)

2.2.5 Formal Safety Assessment (FSA)

Formal Safety Assessment (FSA) merupakan suatu metode yang terstruktur dan sistematis yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan di bidang maritim. Pendekatan ini mencakup perlindungan jiwa, kesehatan, lingkungan laut, serta aset atau properti, melalui analisis risiko dan penilaian biaya–manfaat. *FSA* dapat dimanfaatkan sebagai instrumen pendukung dalam menilai efektivitas regulasi baru terkait keselamatan maritim maupun perlindungan lingkungan laut. Selain itu, metode ini juga berperan dalam membandingkan aturan yang berlaku dengan regulasi yang disempurnakan, dengan tujuan menemukan keseimbangan antara aspek teknis, operasional, dan faktor manusia, serta menyesuaikan antara keselamatan maritim atau perlindungan lingkungan laut dengan besaran biaya yang

diperlukan (*International Maritime Organization*, 2018). Dalam metode *Formal Safety Assessment (FSA)* terdapat tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. *Hazard Identification (HAZID)*

Langkah pertama bertujuan untuk membuat daftar bahaya beserta skenario yang terkait, kemudian memprioritaskannya sesuai tingkat risiko pada permasalahan yang dikaji. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan metode standar identifikasi bahaya yang berpotensi menimbulkan kecelakaan, lalu diseleksi berdasarkan kombinasi data yang tersedia serta penilaian para ahli (*International Maritime Organization*, 2018).

2. *Risk Analysis*

Tujuan Analisis risiko pada langkah kedua adalah mengkaji secara mendalam penyebab, faktor pemicu, dan dampak dari skenario kecelakaan utama yang telah diidentifikasi pada langkah pertama. Proses ini dilakukan melalui penerapan metode pemodelan risiko yang tepat, sehingga fokus dapat diarahkan pada area dengan tingkat risiko tinggi sekaligus menilai serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi besarnya risiko tersebut (*International Maritime Organization*, 2018).

3. *Risk Control Options (RCOs)*

Tujuan dari langkah ketiga untuk mengidentifikasi langkah pengendalian risiko dan mengelompokkannya menjadi sejumlah terbatas opsi pengendalian risiko yang dapat digunakan sebagai opsi regulasi praktis (*International Maritime Organization*, 2018).

4. *Cost-Benefit Assesment (CBA)*

Tujuan langkah keempat adalah menilai biaya serta manfaat dari tiap *Risk Control Options (RCO)* yang telah dirumuskan pada langkah ketiga. Hasil penilaian ini menjadi landasan yang objektif bagi pengambil keputusan, karena menunjukkan tingkat kelayakan penerapan suatu *Risk Control Options (RCO)* ditinjau dari aspek keselamatan maupun aspek ekonomi (*International Maritime Organization*, 2018).

5. *Recomendations*

Langkah kelima bertujuan untuk menyusun rekomendasi yang akan disampaikan kepada pengambil keputusan dalam bentuk yang transparan, terukur, dan dapat ditelusuri. Rekomendasi ini disusun melalui perbandingan serta pemeringkatan berbagai bahaya beserta faktor penyebabnya, evaluasi opsi

pengendalian risiko berdasarkan keseimbangan biaya dan manfaat, serta penentuan opsi yang mampu menekan risiko hingga tingkat serendah mungkin yang masih dianggap wajar (*International Maritime Organization*, 2018).

2.2.6 Regulasi Pendukung *Formal Safety Assessment (FSA)*

Pendekatan *Formal Safety Assessment (FSA)* yang dikembangkan oleh *IMO* tidak berdiri sendiri, tetapi didukung oleh berbagai perangkat regulasi internasional dan nasional yang mengatur keselamatan pelayaran secara holistik. Kehadiran regulasi ini memastikan bahwa analisis risiko tidak hanya menjadi kegiatan teknis, tetapi juga menjadi dasar pengambilan keputusan dalam kebijakan maritim, desain kapal, pengaturan alur pelayaran, hingga manajemen operasional.

Secara umum, regulasi pendukung *FSA* dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu Regulasi yang bersifat global dan dikeluarkan oleh *IMO* dan Regulasi nasional yang diterapkan oleh Pemerintah Indonesia untuk memastikan penerapan *FSA* sesuai dengan kondisi perairan nasional.

1. *IMO Resolutions Terkait FSA*

IMO adalah organisasi maritim internasional yang membentuk kerangka keselamatan dan lingkungan maritim global. Penerapan *FSA* pertama kali direkomendasikan untuk memastikan bahwa setiap kebijakan *IMO* berbasis pada analisis risiko yang sistematis, ilmiah, dan dapat diverifikasi, berikut uraian mendalam mengenai regulasi *IMO* yang terkait dengan *FSA*.

a. *MSC/Circ.1023-Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA)*

Diterbitkan pada tahun 2002, *MSC/Circ.1023* merupakan pedoman dasar penerapan *FSA* dalam proses regulasi *IMO*. Dokumen ini memperkenalkan lima tahap *FSA* yang menjadi standar global:

- 1) *Identifikasi Bahasa (Hazard Identification)*: Menentukan daftar kejadian berbahaya dan penyebabnya.
- 2) *Penilaian Risiko (Risk Analysis)*: Mengukur *likelihood* dan *consequence* dari setiap *hazard*.
- 3) *Identifikasi Opsi Pengendalian Risiko (Risk Control Options)*: Mengembangkan alternatif tindakan mitigasi.
- 4) *Penilaian Biaya-Manfaat (Cost-Benefit Assessment)*: Menilai kelayakan implementasi setiap tindakan mitigasi.
- 5) *Rekomendasi Pengambilan Keputusan*: Menghasilkan rekomendasi untuk pembuat kebijakan.

Pedoman ini menegaskan bahwa FSA harus bersifat transparan, berbasis bukti, dan bebas dari bias komersial.

b. *MSC/Circ.1180-Revised Guidelines for FSA*

Dokumen ini merupakan penyempurnaan terhadap MSC/Circ.1023.

Pembaruan meliputi:

- 1) Peningkatan standar metodologi penilaian risiko.
- 2) Penekanan pada *uncertainty analysis*.
- 3) Penajaman parameter *cost-effectiveness*.
- 4) Perbaikan kualitas pendukung.
- 5) Penguatan prinsip akuntabilitas dan keterlacakan proses.

Revisi ini memantapkan *FSA* sebagai landasan ilmiah bagi setiap perubahan regulasi *IMO*.

c. *Safety of Life at Sea (SOLAS)-Chapter V-Safety of Navigation*

Bab V *SOLAS* merupakan salah satu fondasi keselamatan pelayaran internasional. Ketentuan di dalamnya sangat berkaitan dengan analisis risiko navigasi dalam *FSA*. Beberapa aspek penting meliputi:

- 1) Kewajiban peralatan navigasi (*radar, AIS, ECDIS*).
- 2) Penetapan rute wajib dan rekomendasi rute.
- 3) Penetapan *VTs (Vessel Traffic Services)*.
- 4) Tanggung jawab negara pantai dalam memastikan keselamatan navigasi.

d. *COLREG 1972- International Regulations for Preventing Collisions at Sea*

Dalam *FSA*, *COLREG* berperan sebagai standar referensi untuk:

- 1) Perilaku kapal dalam risiko tubrukan.
- 2) Lampu dan tanda kapal.
- 3) Prioritas hak jalan (*right of way*).
- 4) Isyarat bunyi.
- 5) Kewajiban *look-out*.

e. *Marine Pollution Annex I-VI*

MARPOL mengatur pencegahan pencemaran laut oleh kapal. Dalam *FSA*, *MARPOL* masuk sebagai parameter:

- 1) Evaluasi risiko kerusakan lingkungan.
- 2) Analisis dampak kebocoran muatan, minyak, dan limbah.

- 3) Analisis kegagalan system penanganan limbah dan gas buang.
- f. *International Safety Management (ISM) Code*
- ISM Code* mengatur standar sistem manajemen keselamatan (SMS) yang harus diterapkan oleh perusahaan pelayaran dan kapal. Fokus *ISM* meliputi:
- 1) Pembagian tanggung jawab antara kapal dan manajemen darat.
 - 2) Prosedur operasional standar (SOP).
 - 3) Audit keselamatan internal dan eksternal.
 - 4) Mitigasi risiko operasional dan human error.
 - 5) Budaya keselamatan (*safety culture*).
- ISM Code* adalah instrumen *IMO* terpenting yang menghubungkan *FSA* dengan implementasi operasional di lapangan.

2. Regulasi Nasional

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki sistem regulasi yang cukup komprehensif untuk menunjang keselamatan pelayaran. Regulasi ini berperan sebagai fondasi penerapan *FSA* pada tingkat nasional, khususnya dalam pengaturan alur pelayaran, kegiatan kepelabuhanan, navigasi, dan keselamatan operasional.

- a. Undang-Undang No.17 Tahun 2008 tentang Pelayaran
- UU ini memuat konsep keselamatan dan keamanan pelayaran secara menyeluruh, meliputi:
- 1) kenavigasian,
 - 2) keselamatan kapal,
 - 3) angkutan di perairan,
 - 4) kewajiban pemerintah menyediakan sarana bantu navigasi,
 - 5) peran syahbandar,
 - 6) investigasi kecelakaan.
- UU ini menjadi payung hukum utama penerapan analisis risiko maritim, termasuk *FSA*.
- b. Peraturan Pemerintah No. 5 Tahun 2010 tentang Kenavigasian
- PP ini mengatur aspek teknis kenavigasian seperti:
- 1) penetapan alur pelayaran,
 - 2) sarana bantu navigasi pelayaran (SBNP),
 - 3) telekomunikasi pelayaran,

- 4) peta dan data hidrografi,
- 5) penyelenggaraan VTS.

PP ini secara langsung terkait dengan identifikasi hazard dan penilaian risiko alur pelayaran dalam FSA.

- c. Permenhub No. 129 Tahun 2016 tentang Alur Pelayaran, Pelabuhan, dan Daerah Labuh Kapal

Regulasi ini memuat:

- 1) standar penetapan alur pelayaran nasional,
- 2) kriteria kedalaman, lebar, radius tikungan, dan jarak pandang,
- 3) zona keselamatan (*safety contour*),
- 4) persyaratan pemeliharaan alur.

Dalam FSA, regulasi ini menjadi acuan teknis untuk analisis risiko navigasi dan operasional kapal di alur.

2.2.7 Regulator Pelayaran

Pengaturan dan pengawasan keselamatan pelayaran di Indonesia dilakukan oleh berbagai lembaga. Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan (KSOP) memiliki kewenangan melakukan pemeriksaan kelaiklautan kapal, sertifikasi, serta penegakan hukum di bidang pelayaran (Kemenhub, 2020). Kesatuan Pengawasan Laut dan Pelayaran (KPLP) berfungsi menegakkan hukum di laut, termasuk patroli keselamatan dan penindakan pelanggaran terkait lingkungan maritim.

Selain itu, sistem *Vessel Traffic Service (VTS)* juga menjadi bagian penting dalam pengawasan pelayaran. Menurut *International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA)*, VTS berfungsi mencegah tabrakan, mengatur kelancaran lalu lintas kapal, serta memberikan informasi cuaca atau kondisi perairan (IALA, 2016). Dalam konteks APBS, VTS Tanjung Perak memiliki peran strategis mengingat tingginya intensitas pergerakan kapal di kawasan tersebut.

Adapun operator pelabuhan dan pengelola alur, yaitu Pelindo dan PT APBS, turut bertanggung jawab menjaga kualitas alur, fasilitas kepelabuhanan, dan sarana bantu navigasi. Sinergi antara regulator, operator, dan pengguna jasa pelayaran menjadi kunci dalam menjaga keselamatan di laut.

2.2.8 Alur Pelayaran Barat Surabaya

Gambar 2. 3. Alur Pelayaran Barat Surabaya



Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS) merupakan jalur vital bagi keluar-masuk kapal menuju Pelabuhan Tanjung Perak, Gresik, dan kawasan industri di sekitarnya. APBS menjadi salah satu jalur laut tersibuk di Indonesia, sehingga keberadaannya memiliki nilai strategis baik dari sisi ekonomi maupun keselamatan transportasi laut. Menurut Keputusan Menteri Perhubungan No. 455 Tahun 2016, pengelolaan dan evaluasi alur wajib dilakukan secara berkala agar sesuai dengan kondisi perairan dan standar navigasi (Kemenhub, 2016).

APBS dikelola oleh PT Alur Pelayaran Barat Surabaya (PT APBS) yang merupakan bagian dari Pelindo Group. Perusahaan ini bertugas melaksanakan pemeliharaan, pengerukan, serta penyediaan fasilitas pendukung agar alur tetap aman digunakan. Menurut data Pelindo, APBS memiliki kedalaman hingga -14 meter *Lowest Water Spring*, sehingga dapat dilayari kapal besar yang membawa barang dalam jumlah besar (Pelindo, 2021).

Kepadatan lalu lintas di APBS juga menimbulkan risiko kecelakaan kapal seperti tubrukan, kandas, atau tumpahan muatan. Oleh karena itu, keberadaan sistem *Vessel Traffic Service (VTS)*, pandu laut, dan sarana bantu navigasi menjadi sangat krusial untuk mencegah terjadinya kecelakaan di jalur ini.

2.2.9 Kapal

Gambar 2. 4. Kapal



Menurut Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008, Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

2.2.10 Kecelakaan Kapal

Menurut Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008, Kecelakaan kapal merupakan kejadian yang dialami oleh kapal yang dapat mengancam keselamatan kapal dan/atau jiwa manusia berupa kapal tenggelam, kapal terbakar, kapal tubrukan dan kapal kandas.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2019 Tentang Pemeriksaan Kecelakaan Kapal, Kecelakaan kapal adalah suatu kejadian dan/atau peristiwa yang disebabkan oleh faktor eksternal dan/atau peristiwa yang disebabkan oleh faktor eksternal dan/atau internal dari kapal, yang dapat mengancam dan/atau membahayakan keselamatan kapal, jiwa manusia, kerugian harta benda, dan kerusakan lingkungan maritim.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 6 Tahun 2020 tentang Tata Cara Pemeriksaan Kecelakaan Kapal, Kecelakaan kapal adalah suatu kejadian dan/atau peristiwa yang disebabkan oleh faktor eksternal dan/atau peristiwa yang disebabkan oleh faktor eksternal dan/atau internal dari kapal, yang dapat mengancam dan/atau membahayakan keselamatan kapal, jiwa manusia, kerugian harta benda, dan kerusakan lingkungan maritim.

Berdasarkan keterangan diatas penulis menyimpulkan kecelakaan kapal yaitu suatu kejadian atau peristiwa yang terjadi pada kapal, baik disebabkan oleh faktor eksternal maupun internal, yang berpotensi atau secara langsung mengancam keselamatan kapal, jiwa manusia, harta benda, serta lingkungan maritim.

1. Jenis Kecelakaan Kapal

a. Kecelakaan Kapal Tenggelam

Gambar 2. 5. Kecelakaan Kapal Tenggelam



Kapal tenggelam yaitu kondisi dimana kapal kehilangan daya apung yang mengakibatkan karamnya sebagian atau seluruh badan kapal. Penyebab kapal tenggelam antara lain kebocoran akibat tabrakan atau kerusakan lambung, cuaca buruk dan gelombang besar, muatan berlebih (*overload*) atau penataan muatan yang buruk (Peraturan Menteri Perhubungan RI No. PM 6 Tahun 2020).

b. Kecelakaan Kapal Terbakar

Gambar 2. 6. Kecelakaan Kapal Tenggelam



Kapal terbakar yaitu kondisi dimana hangusnya suatu objek di atas kapal yang berpengaruh terhadap kondisi umum dan/atau operasional kapal akibat api yang menyebar dan tidak dapat dikendalikan. Penyebab kapal terbakar antara lain korsleting listrik atau kerusakan instalasi, ledakan bahan bakar atau gas, kesalahan penanganan muatan berbahaya (*dangerous goods*) (Peraturan Menteri Perhubungan RI No. PM 6 Tahun 2020).

c. Kecelakaan Kapal Tubrukan

Gambar 2. 7. Kecelakaan Kapal Tubrukan



Kapal tubrukan yaitu benturan antara kapal dengan kapal lain atau kapal dengan benda terapung/ bergerak di air yang mengakibatkan kerusakan. Penyebab kapal tubrukan antara lain kesalahan navigasi atau pelanggaran aturan *Collision regulation (Colregs 1972)*, cuaca buruk yang mengurangi jarak pandang (Peraturan Menteri Perhubungan RI No. PM 6 Tahun 2020).

d. Kecelakaan Kapal Kandas

Gambar 2. 8. Kecelakaan Kapal Kandas



Kapal kandas yaitu kondisi dimana kapal menyentuh dasar perairan, karang, atau objek bawah laut sehingga terhambat pergerakannya baik sementara maupun permanen. Penyebab kapal kandas antara lain navigasi yang tidak tepat atau peta laut yang tidak diperbarui, pengaruh pasang surut, gangguan mesin atau kemudi (Peraturan Menteri Perhubungan RI No. PM 6 Tahun 2020).

2. Faktor Penyebab Kecelakaan Kapal

a. Faktor Alam

Faktor ini berasal dari kondisi lingkungan atau cuaca yang tidak dapat dikendalikan oleh manusia.

Contoh:

- 1) Cuaca buruk: badai, hujan lebat, kabut tebal yang mengurangi jarak pandang.

- 2) Gelombang tinggi atau arus laut kuat yang mengganggu stabilitas kapal.
 - 3) Angin kencang yang mempengaruhi arah pelayaran.
 - 4) Petir yang dapat merusak kelistrikan kapal.
- b. Faktor Teknis
- Faktor ini berhubungan dengan kondisi fisik kapal dan kelengkapan teknologinya.
- Contoh:
- 1) Kerusakan mesin akibat kurangnya perawatan.
 - 2) Kegagalan sistem navigasi seperti *radar*, *GPS*, atau *ECDIS*.
 - 3) Struktur kapal rusak karena usia tua atau korosi.
 - 4) Kebocoran lambung yang mengganggu daya apung kapal.
- c. Faktor Manusia
- Faktor ini muncul akibat kesalahan, kelalaian, atau keterbatasan kemampuan awak kapal.
- Contoh:
- 1) Salah membaca peta atau instruksi navigasi.
 - 2) Kelelahan awak kapal yang menurunkan konsentrasi.
 - 3) Kurangnya ketrampilan dalam mengoperasikan peralatan kapal.
 - 4) Mengabaikan prosedur keselamatan dan peringatan cuaca.
- d. Faktor Lainnya
- Faktor ini mencakup kejadian tak terduga di luar ketiga faktor di atas.
- Contoh:
- 1) Tindakan kriminal: perompakan, sabotase, atau terorisme laut.
 - 2) Kesalahan koordinasi antara kapal dengan pihak pelabuhan atau VTS (*Vessel Traffic Service*).
 - 3) Kecelakaan akibat muatan seperti kebakaran dari bahan mudah terbakar atau ledakan kargo.

2.2.11 Upaya Pencegahan Kecelakaan Kapal

Upaya pencegahan kecelakaan kapal dilakukan melalui kombinasi pendekatan regulasi, teknologi, dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia. Penegakan regulasi dilakukan oleh KSOP dan KPLP melalui inspeksi kelaiklautan, sertifikasi awak kapal, dan patroli rutin di perairan. PP No. 9 Tahun 2019 juga menegaskan pentingnya investigasi kecelakaan sebagai sarana pembelajaran untuk perbaikan sistem (Republik Indonesia, 2019).

Dari sisi teknologi, penerapan *VTS* dan *e-Pilotage* menjadi instrumen modern untuk memantau lalu lintas kapal di jalur padat seperti APBS. Sistem ini memungkinkan operator darat memberikan peringatan dini dan instruksi navigasi kepada kapal untuk mengurangi risiko tabrakan. Selain itu, perusahaan pelayaran wajib menerapkan *ISM Code* secara konsisten melalui pelatihan, audit internal, dan pembinaan budaya keselamatan.

Dalam jangka panjang, peningkatan kualitas sumber daya manusia (SDM) pelaut melalui pendidikan dan pelatihan yang berstandar internasional merupakan faktor kunci dalam peningkatan keselamatan pelayaran. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan *European Maritime Safety Agency (EMSA)* yang menegaskan bahwa peningkatan kompetensi awak kapal, khususnya dalam aspek navigasi, manajemen risiko, dan budaya keselamatan, berkontribusi signifikan terhadap penurunan risiko kecelakaan maritim. EMSA menekankan bahwa pelatihan berkelanjutan dan penguatan kapasitas manusia harus berjalan seiring dengan penerapan regulasi dan pemanfaatan teknologi keselamatan modern. Dengan kombinasi regulasi yang kuat, teknologi pendukung yang andal, serta SDM pelaut yang kompeten, tingkat kecelakaan pelayaran diharapkan dapat diminimalkan secara berkelanjutan (*European Maritime Safety Agency [EMSA], 2024*).

