



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

TUGAS AKHIR (BM43350)

**ANALISIS RISIKO KETIDAKSESUAIAN STANDAR KLASIFIKASI
KAPAL PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI MENGGUNAKAN
METODE FTA DAN FMEA**

Fais Alrafi
NRP. 1122040136

DOSEN PEMBIMBING :
ALMA VITA SOPHIA, S.T., M.T.
FAJAR DWI KUNCORO, S.T., M.T.

**PROGRAM STUDI D4 MANAJEMEN BISNIS
JURUSAN TEKNIK BANGUNAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2026**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

TUGAS AKHIR (BM43350)

**ANALISIS RISIKO KETIDAKSESUAIAN STANDAR KLASIFIKASI
KAPAL PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI MENGGUNAKAN
METODE FTA DAN FMEA**

Fais Alrafi

NRP. 1122040136

**DOSEN PEMBIMBING :
ALMA VITA SOPHIA, S.T., M.T.
FAJAR DWI KUNCORO, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI D4 MANAJEMEN BISNIS
JURUSAN TEKNIK BANGUNAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**

SURABAYA

2026

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS RISIKO KETIDAKSESUAIAN STANDAR KLASIFIKASI
KAPAL PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI MENGGUNAKAN
METODE FTA DAN FMEA**

Disusun Oleh:

Fais Alrafi

1122040136

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi D4 – Manajemen Bisnis
Jurusan Teknik Bangunan Kapal
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA**

**Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 10 Juli 2026
Periode Wisuda : Oktober 2026**

Menyetujui,

Dosen Penguji

- 1. Parman, S.T., M.M.**
- 2. Ir. Medi Prihandono, M.MT**
- 3. Fajar Dwi Kuncoro, S.T., M.T.**
- 4. Miftakhul Ainun Arif, S.T., M.T.**

NIDN/NUPTK

(3151770671130293)
(-)
(0046772673130363)
(0333775676130243)

Tanda Tangan

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Dosen Pembimbing

- 1. Alma Vita Sophia, S.T., M.T.**
- 2. Fajar Dwi Kuncoro, S.T., M.T.**

NIDN/NUPTK

(0824077601)
(0046772673130363)

Tanda Tangan

(.....)
(.....)



**Menyetujui
Ketua Jurusan,**

Priyambodo Nur Ardi Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198103242014041001

**Mengetahui
Koordinator Program Studi,**

Danis Maulana, S.T., MBA.
NIP. 198910142019031015

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank



PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

No. : F.WD I. 021
Date : 3 Nopember 2015
Rev. : 01
Page : 1 dari 1

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Fais Alrafi

NRP. : 1122040136

Jurusan/Prodi : Teknik Bangunan Kapal/D4 Manajemen Bisnis

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul :

Analisis Risiko Ketidakesesuaian Standar Klasifikasi Kapal pada Proses Survei Klasifikasi menggunakan Metode FTA dan FMEA

Adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 29 Juni 2026

Yang membuat pernyataan,



(Fais Alrafi)
NRP. 1122040136

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank

KATA PENGANTAR

Puji Syukur peneliti panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, ridho, hidayah, berkah, dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul "Analisis Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal Pada Proses Survei Klasifikasi Menggunakan Metode FTA Dan FMEA" dengan baik dan lancar. Penulis mengucapkan shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan teladan bagi seluruh umat manusia.

Peneliti menyadari bahwa penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari kerja sama, bantuan, bimbingan, doa, serta dorongan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara peneliti, yaitu Bapak Imam Mursidi dan Ibu Apriliani, serta Anindia Ajeng yang senantiasa mendoakan, memberikan banyak doa, dukungan moril, materi, motivasi, dan semangat yang membuat peneliti semakin kuat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Rachmad Tri Soelistijono, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Priyambodo Nur Adi Nugroho, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Bangunan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Danis Maulana, S.T., MBA. selaku Koordinator Program Studi D4-Manajemen Bisnis Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Ibu Devina Puspita Sari, S.T., M.T., selaku Koordinator Tugas Akhir untuk Angkatan tahun 2026.
6. Bapak Alma Vita Sophia, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia dengan sabar mengarahkan kepenulisan, meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing, memberikan nasihat, kritik, saran, masukan, serta motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini, hingga dapat terselesaikan dengan tepat waktu.
7. Bapak Fajar Dwi Kuncoro, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing,

memberikan saran, masukan, serta motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini, hingga dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

8. Bapak dan Ibu penguji yang telah membantu untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada tugas akhir ini.
9. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, khususnya dosen pengajar Program Studi D4- Manajemen Bisnis atas jasa dalam memberikan ilmu dan pengetahuan kepada peneliti.
10. Reihannisa Putri Reztu Azzahra, atas segala kesabaran, perhatian, doa yang tulus, serta dukungan moral dan motivasi luar biasa yang senantiasa diberikan dalam mendampingi peneliti melewati masa-masa sulit hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
11. Seluruh teman seperjuangan Manajemen Bisnis Angkatan 2022 yang berjuang bersama, saling memberikan dukungan, serta masukan dan doa untuk saling menguatkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Seluruh teman seperjuangan Kelas MB Elit yang berjuang bersama, saling memberikan dukungan, serta masukan dan doa untuk saling menguatkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Rekan-rekan kerja di unit 507, terima kasih banyak atas kerja sama, dukungan, serta kebaikan yang telah mempermudah pemberian izin kepada peneliti di sela-sela waktu kerja untuk melaksanakan proses bimbingan Tugas Akhir ini.
14. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Peneliti menyadari atas keterbatasan pengetahuan sehingga mungkin ada kekeliruan dan kesalahan yang tidak disengaja. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan supaya diperbaiki dan dikembangkan lebih lanjut. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memenuhi apa yang diharapkan.

Surabaya, Juli 2025

Peneliti,
Fais Alrafi

ANALISIS RISIKO KETIDAKSESUAIAN STANDAR KLASIFIKASI KAPAL PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI MENGGUNAKAN METODE FTA DAN FMEA

Fais Alrafi

ABSTRAK

Ketidaklaiklautan kapal akibat ketidaksesuaian terhadap standar klasifikasi masih menjadi permasalahan yang berpotensi memengaruhi keselamatan pelayaran dan keandalan operasional kapal. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal serta menentukan prioritas risiko yang memerlukan tindakan mitigasi. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan tingkat prioritas risiko berdasarkan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Data penelitian diperoleh melalui observasi, wawancara, dan kuesioner kepada tiga orang *expert judgment* yang merupakan surveyor klasifikasi kapal. Hasil analisis FTA mengidentifikasi tiga kelompok utama ketidaksesuaian, yaitu struktur kapal, sistem mesin dan kelistrikan, serta sistem kemudi dan propulsi, yang menghasilkan 29 *basic event* sebagai penyebab dasar terjadinya ketidaksesuaian. Selanjutnya, analisis FMEA menunjukkan bahwa beberapa *failure mode* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sehingga menjadi prioritas dalam mitigasi risiko. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi badan klasifikasi dan pemilik kapal dalam meningkatkan efektivitas inspeksi, pemeliharaan, dan pengendalian risiko guna mendukung pemenuhan standar klasifikasi serta meningkatkan keselamatan pelayaran.

Kata Kunci: FTA, FMEA, Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi, *Risk Priority Number* (RPN), Survei Klasifikasi Kapal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank

RISK ANALYSIS OF NON-COMPLIANCE WITH SHIP CLASSIFICATION STANDARDS DURING THE SHIP CLASSIFICATION SURVEY PROCESS USING FTA AND FMEA

Fais Alrafi

ABSTRACT

Non-compliance with ship classification standards remains a significant issue affecting seaworthiness, operational reliability, and maritime safety. This study aims to identify the underlying causes of non-compliance in ship classification surveys and to prioritize the associated risks that require mitigation. A quantitative descriptive approach was employed, using Fault Tree Analysis (FTA) to identify the underlying causes of non-compliance and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to prioritize risks based on Severity (S), Occurrence (O), and Detection (D) ratings. Data were obtained through observations, interviews, and questionnaires involving three experienced ship classification surveyors. The FTA identified three major categories of non-compliance: ship structure, machinery and electrical systems, and steering and propulsion systems, and revealed 29 basic events representing the underlying causes of non-compliance. The FMEA identified the failure modes with the highest Risk Priority Numbers (RPNs), highlighting the need for prioritized corrective actions and effective risk mitigation. These findings provide practical recommendations for classification societies and ship owners to improve inspection effectiveness, maintenance practices, and risk management, thereby strengthening compliance with classification standards and enhancing maritime safety.

Keywords: *FTA, FMEA, Classification Standard Non-compliance, Risk Priority Number (RPN), Ship Classification Survey.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	5
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	8
1.5 Batasan Masalah.....	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Survei Klasifikasi Kapal.....	11
2.2 Operasional.....	13
2.3 Badan Klasifikasi Kapal	14
2.4 Surveyor	16
2.5 Sertifikasi Klasifikasi Kapal.....	19
2.6 Risiko dan Manajemen Risiko.....	20
2.7 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	21
2.8 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	23
2.9 Penelitian Terdahulu.....	32
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.2 Objek Dan Lokasi Penelitian.....	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Identifikasi Risiko Menggunakan Metode FTA.....	41
4.1.1 Ketidaksesuaian Struktur Kapal.....	44
4.1.2 Ketidaksesuaian Sistem Mesin dan Kelistrikan.....	46

4.1.3 Ketidaksesuaian Sistem Kemudi dan Propulsi.....	49
4.2 Identifikasi Risiko Menggunakan Metode FMEA.....	56
4.2.1 Uji Validitas Instrumen Menggunakan <i>Content Validity Index</i> (CVI) .	56
4.2.2 Uji Reliabilitas Klasik Menggunakan JASP	58
4.2.3 <i>Risk Priority Number</i> (RPN).....	62
4.3 Usulan Mitigasi Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal	72
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol-simbol gerbang (Gate).....	22
Tabel 2.2 Simbol-Simbol Kejadian (Event).....	22
Tabel 2.3 tingkat keparahan (severity).....	24
Tabel 2.4 Tingkat Kejadian (Occurrence).....	24
Tabel 2.5 kemampuan deteksi (detectability)	25
Tabel 2.6 Contoh pengisian kuesioner	27
Tabel 4.1 Tabel kode kejadian setiap event fault tree	51
Tabel 4.2 Minimal Cut Set dan Basic Event	53
Tabel 4.3 Tabel Hasil FMEA	62
Tabel 4.4 Tabel Hasil Perangkingan RPN	65
Tabel 4.5 Tabel Hasil Kategori Berdasarkan Matriks.....	69
Tabel 4.6 Tabel Hasil Pencocokan RPN dan Matriks.....	73
Tabel 4.7 Tabel Hasil Usulan Mitigasi Risiko	74

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rekapitulasi Temuan Hasil Survey Tahun 2025.....	3
Gambar 1.2 Rekapitulasi Temuan Hasil Survey Tahun 2020.....	4
Gambar 2.1 BPMN survey Klasifikasi Kapal	11
Gambar 2.2 Matriks Risiko	26
Gambar 4.1 Model Grafis <i>Fault Tree</i> Penyebab Ketidaksesuaian Standar	43
Gambar 4.2 Model Grafis <i>Fault Tree</i> Faktor Ketidaksesuaian Struktur Kapal	44
Gambar 4.3 Model Grafis <i>Fault Tree</i> Faktor Ketidaksesuaian Sistem Mesin	46
Gambar 4.4 Model Grafis <i>Fault Tree</i> Faktor Ketidaksesuaian Sistem Kemudi ...	49
Gambar 4.5 Hasil Uji Validitas Menggunakan CVI	57
Gambar 4.6 Hasil Severity Uji Reliabilitas.....	59
Gambar 4.7 Hasil Occurrence Uji Reliabilitas.....	60
Gambar 4.8 Hasil <i>Detection</i> Uji Reliabilitas.....	61
Gambar 4.9 Matriks Risiko	68

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pelayaran memiliki peranan penting dalam mendukung sistem transportasi nasional maupun internasional, khususnya bagi negara kepulauan seperti Indonesia yang sangat bergantung pada distribusi logistik melalui jalur laut. Dalam operasional pelayaran, aspek keselamatan kapal menjadi faktor utama yang harus dijaga melalui penerapan standar klasifikasi kapal secara konsisten. Standar klasifikasi disusun oleh badan klasifikasi nasional maupun internasional sebagai acuan teknis untuk menjamin kekuatan struktur kapal, keandalan sistem permesinan, serta keselamatan operasional kapal selama masa layanannya (Syafri, 2024). Selain itu, standar klasifikasi juga mengatur desain, konstruksi, material, pengelasan, hingga pengujian kapal agar potensi kegagalan teknis dapat diminimalkan (Wilastari, 2020).

Mudiyanto (2019) menjelaskan bahwa kelaiklautan kapal memiliki hubungan yang sangat erat dengan keselamatan pelayaran. Oleh karena itu, setiap ketidaksesuaian terhadap standar klasifikasi dapat meningkatkan risiko operasional kapal dan berpotensi menyebabkan penurunan tingkat keselamatan. Janah dkk. (2023) juga menyatakan bahwa pelaksanaan survei kapal berpengaruh signifikan terhadap kelayakan kapal, namun dalam praktiknya masih ditemukan perbedaan antara kondisi aktual kapal dengan ketentuan rules klasifikasi yang berlaku. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penerapan standar klasifikasi di lapangan belum sepenuhnya berjalan secara optimal dan konsisten.

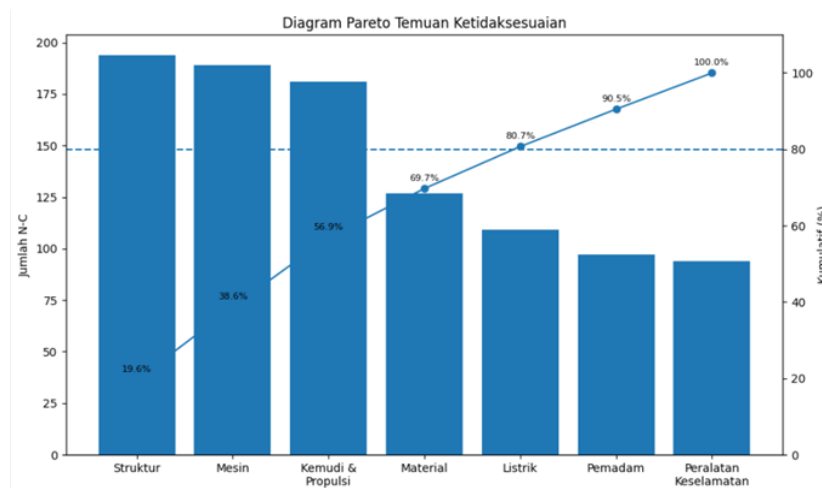
Penerapan standar klasifikasi kapal tidak dapat dipisahkan dari proses survei klasifikasi kapal. Survei klasifikasi dilakukan secara berkala melalui initial survey, annual survey, intermediate survey, hingga renewal survey untuk memastikan bahwa kondisi aktual kapal tetap memenuhi standar keselamatan dan keandalan teknis selama operasional kapal berlangsung (Syafri, 2024). Menurut Syahrudin (2012), survei periodik merupakan bagian penting dalam pemeliharaan kapal guna menjaga performa dan ketahanan kapal agar masa

operasional kapal dapat berjalan secara optimal. Sistem survei tersebut diterapkan melalui Annual Survey System maupun Intermediate Survey System yang bertujuan untuk memastikan kondisi kapal tetap memenuhi persyaratan klasifikasi.

Pelaksanaan survei klasifikasi kapal masih menghadapi berbagai permasalahan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dalam proses survei sering ditemukan ketidaksesuaian terhadap standar klasifikasi, baik berupa temuan teknis berulang, perbedaan interpretasi standar, keterlambatan pemenuhan rekomendasi, maupun ketidaksiapan kapal dalam memenuhi ketentuan klasifikasi (Selas dini & Trinita, 2020; Zulmaidi & Rante, 2024). Kondisi ini mengindikasikan bahwa standar klasifikasi belum sepenuhnya diterapkan secara optimal dan konsisten pada seluruh tahapan survei.

Dalam dunia marine surveyor, ketidaksesuaian terhadap standar klasifikasi umumnya dikenal dengan istilah findings (temuan), deficiencies, recommendation, hingga detention. Findings atau temuan merupakan hasil identifikasi surveyor terhadap kondisi kapal yang tidak sesuai dengan standar atau aturan klasifikasi. Apabila kondisi tersebut menunjukkan adanya ketidakpatuhan terhadap persyaratan teknis maupun konvensi internasional, maka dapat dikategorikan sebagai deficiency. International Maritime Organization (IMO) mendefinisikan deficiency sebagai kondisi yang tidak memenuhi persyaratan konvensi internasional yang berlaku sehingga kapal dapat dikategorikan sebagai substandard atau tidak laik laut apabila tidak segera dilakukan tindakan perbaikan.

Selain itu, surveyor juga dapat mengeluarkan recommendation berupa rekomendasi perbaikan atau tindak lanjut yang wajib dipenuhi oleh pihak kapal dalam jangka waktu tertentu. Apabila ketidaksesuaian yang ditemukan bersifat serius dan berpotensi membahayakan keselamatan pelayaran, maka kapal dapat dikenakan detention atau penahanan operasional sampai seluruh ketidaksesuaian diperbaiki sesuai ketentuan yang berlaku. Oleh karena itu, setiap temuan dalam proses survei klasifikasi memiliki konsekuensi teknis dan operasional yang sangat penting terhadap status kelas dan kelaiklautan kapal.

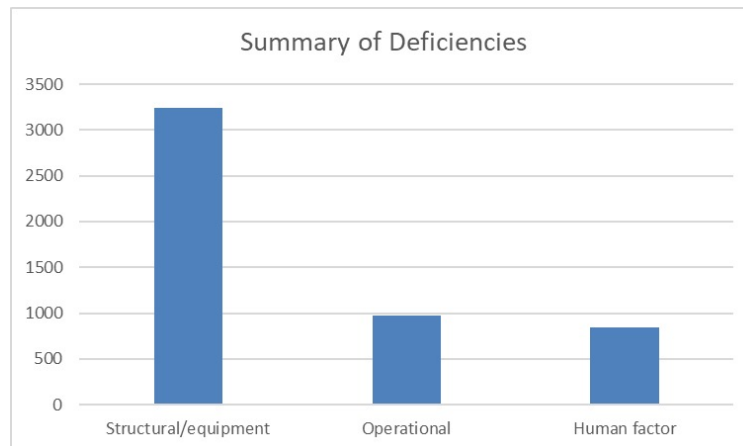


Gambar 1.1 Rekapitulasi Temuan Hasil Survey Tahun 2025
(Data diolah, 2026)

Berdasarkan hasil rekapitulasi temuan survei klasifikasi kapal, terdapat 991 temuan ketidaksesuaian (Non-Conformity) yang dikelompokkan ke dalam tujuh aspek pemeriksaan, yaitu struktur, mesin, listrik, peralatan keselamatan, pemadam kebakaran, kemudi dan propulsi, serta material. Hasil analisis Pareto menunjukkan bahwa tiga aspek dengan jumlah temuan tertinggi adalah struktur sebanyak 194 temuan (19,6%), mesin sebanyak 189 temuan (19,1%), dan kemudi serta propulsi sebanyak 181 temuan (18,3%). Ketiga aspek tersebut secara kumulatif menyumbang sekitar 56,9% dari keseluruhan temuan ketidaksesuaian.

Dominannya ketidaksesuaian pada ketiga aspek tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar permasalahan dalam proses survei klasifikasi kapal berasal dari komponen yang berhubungan langsung dengan integritas struktur, keandalan sistem permesinan, serta kinerja sistem kemudi dan propulsi. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan analisis pada ketiga aspek tersebut sebagai objek utama penelitian untuk mengidentifikasi akar penyebab ketidaksesuaian menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan menentukan prioritas risiko menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) sehingga dapat dirumuskan rekomendasi mitigasi risiko yang tepat dalam mendukung pemenuhan standar klasifikasi kapal.

Meskipun demikian, hasil observasi menunjukkan bahwa ketidaksesuaian yang ditemukan tetap memerlukan perhatian karena setiap temuan mengharuskan surveyor memberikan rekomendasi perbaikan sebelum kapal dapat dinyatakan memenuhi persyaratan klasifikasi dan memperoleh atau



Gambar 1.2 Rekapitulasi Temuan Hasil Survey Tahun 2020
(Australian Maritime Safety Authority, 2020)

Berdasarkan data Australian Maritime Safety Authority (AMSA) tahun 2020, temuan hasil inspeksi kapal masih didominasi oleh aspek struktur dan peralatan (Structural/Equipment) dengan jumlah lebih dari 3.200 temuan, diikuti oleh aspek operasional sekitar 950 temuan, dan faktor manusia (Human Factor) sekitar 800 temuan. Data tersebut menunjukkan bahwa ketidaksesuaian pada kondisi teknis kapal masih menjadi permasalahan utama yang memengaruhi pemenuhan persyaratan keselamatan dan kelaiklautan kapal. Dominannya temuan pada aspek struktur dan peralatan mengindikasikan bahwa kerusakan konstruksi, sistem permesinan, serta peralatan kapal masih menjadi fokus utama dalam pelaksanaan inspeksi maupun survei klasifikasi.

Selain menggunakan data dan laporan internasional seperti AMSA (Australian Maritime Safety Authority) dan ABS (American Bureau of Shipping) mengenai deficiencies serta detention kapal, penelitian ini juga diperkuat melalui hasil observasi awal terhadap pelaksanaan survei klasifikasi kapal pada salah satu badan klasifikasi di Indonesia selama tahun 2025. Namun demikian, karena data tersebut bersifat internal dan memiliki keterbatasan publikasi, maka penyajiannya dilakukan secara deskriptif tanpa menampilkan rincian identitas perusahaan maupun data operasional secara eksplisit.

Berdasarkan hasil observasi awal, masih ditemukan berbagai ketidaksesuaian (non-complied) pada proses survei klasifikasi kapal. Temuan ketidaksesuaian tersebut tersebar pada beberapa aspek teknis kapal, dengan dominasi terbesar berada pada aspek struktur kapal, sistem permesinan, serta sistem kemudi dan propulsi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa permasalahan terkait pemenuhan standar klasifikasi tidak hanya terjadi pada laporan badan klasifikasi internasional, tetapi juga masih ditemukan pada praktik survei klasifikasi di Indonesia.

Temuan pada aspek struktur umumnya berkaitan dengan korosi, penipisan pelat, kerusakan sambungan las, serta kondisi konstruksi kapal yang tidak sepenuhnya memenuhi standar klasifikasi. Pada aspek sistem permesinan, ketidaksesuaian banyak ditemukan pada sistem pelumasan, sistem pendingin, kebocoran, serta penurunan performa mesin akibat kurang optimalnya maintenance. Sementara itu, pada sistem kemudi dan propulsi, ketidaksesuaian umumnya berkaitan dengan kondisi steering gear, propeller shaft, bearing, hingga getaran sistem propulsi yang berpotensi memengaruhi keselamatan operasional kapal.

Hasil observasi tersebut menunjukkan adanya kesamaan pola dengan data internasional yang dipublikasikan oleh AMSA maupun ABS, di mana kategori structural/equipment, operational, dan human factor menjadi aspek yang paling dominan dalam temuan deficiencies. Dengan demikian, kondisi ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal tidak hanya menjadi permasalahan pada badan klasifikasi luar negeri, tetapi juga relevan dengan kondisi pelaksanaan survei klasifikasi kapal di Indonesia.

Selain itu, hasil pengolahan data internal menunjukkan bahwa ketiga aspek tersebut memiliki kontribusi terbesar terhadap total ketidaksesuaian yang ditemukan selama proses survei. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan analisis pada aspek struktur, mesin, serta sistem kemudi dan propulsi sebagai aspek yang paling dominan dan memiliki pengaruh signifikan terhadap pemenuhan standar klasifikasi kapal.

Hasil observasi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa pelaksanaan survei klasifikasi kapal masih menghadapi

berbagai kendala, seperti keterbatasan kesiapan teknis kapal, lemahnya sistem pemeliharaan, serta perbedaan pemahaman terhadap standar klasifikasi antara pihak pemilik kapal dan badan klasifikasi (Selasdini & Trinita, 2020). Kondisi tersebut menyebabkan temuan ketidaksesuaian standar cenderung muncul secara berulang pada periode survei berikutnya.

Meskipun sejumlah penelitian telah membahas pentingnya survei klasifikasi terhadap kelayakan dan keselamatan kapal, sebagian besar penelitian masih berfokus pada evaluasi hasil survei secara deskriptif. Penelitian-penelitian tersebut belum mengkaji secara mendalam hubungan sebab-akibat yang menyebabkan munculnya ketidaksesuaian standar klasifikasi, khususnya pada tahapan proses survei yang berbeda (Mudiyanto, 2019; Janah dkk., 2023).

Selain faktor teknis, proses survei klasifikasi juga melibatkan peran surveyor yang sangat krusial. Surveyor bertanggung jawab dalam melakukan inspeksi, verifikasi, serta penilaian kesesuaian kapal terhadap standar klasifikasi. Namun, penelitian Sihombing dkk. (2025) mengungkapkan bahwa proses inspeksi sering kali masih berorientasi pada pemenuhan daftar pemeriksaan (*checklist*), sehingga belum sepenuhnya didukung oleh analisis risiko yang sistematis terhadap potensi kegagalan standar klasifikasi.

Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada evaluasi kelayakan kapal, pengaruh survei terhadap keselamatan, atau analisis deskriptif terhadap proses klasifikasi. Namun, masih sangat terbatas penelitian yang secara khusus membahas analisis risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal pada proses survei klasifikasi kapal dengan pendekatan kuantitatif berbasis manajemen risiko. Belum optimalnya penggunaan metode analisis risiko yang mampu menguraikan hubungan sebab-akibat kegagalan standar klasifikasi kapal serta menentukan prioritas risiko yang paling kritis.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu pendekatan analisis risiko yang mampu mengidentifikasi secara sistematis sumber ketidaksesuaian terhadap standar klasifikasi kapal yang muncul dalam proses survei. Menurut Henna Dellyla dkk. (2023), metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat dari berbagai faktor penyebab yang

berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian standar. Sementara itu, metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) berperan dalam mengidentifikasi akar penyebab kegagalan serta menentukan tingkat prioritas risiko berdasarkan parameter tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan terjadinya (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*). Kombinasi kedua metode tersebut dinilai efektif dalam mendukung pengambilan keputusan perbaikan guna meningkatkan pemenuhan standar klasifikasi kapal.

Dengan demikian, penelitian mengenai analisis risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal pada proses survei klasifikasi menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor penyebab munculnya rekomendasi dan perbaikan oleh surveyor klas, serta menghasilkan strategi mitigasi risiko yang dapat meningkatkan efektivitas penerapan standar klasifikasi dan keselamatan operasional kapal.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengidentifikasi potensi risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal yang dapat menyebabkan munculnya rekomendasi, dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA)?
2. Bagaimana mengidentifikasi akar penyebab risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal yang berpotensi menimbulkan rekomendasi, dengan menggunakan metode FMEA?
3. Bagaimana strategi mitigasi risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal berdasarkan hasil analisis FTA dan FMEA untuk mengurangi dan mencegah munculnya rekomendasi?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi potensi risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal yang berpotensi menimbulkan rekomendasi, dengan menggunakan metode FTA.
2. Menentukan akar penyebab risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal yang berpotensi menimbulkan rekomendasi melalui metode FMEA.
3. Menyusun strategi mitigasi risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal

berdasarkan hasil analisis FTA dan FMEA untuk mengurangi dan mencegah munculnya rekomendasi.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang diperoleh dari kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti
 - a. Sebagai sarana untuk menerapkan teori analisis dan manajemen risiko yang telah dipelajari selama perkuliahan ke dalam kajian nyata pada proses survei klasifikasi kapal.
 - b. Menambah pemahaman dan wawasan peneliti mengenai potensi risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi pada saat proses survei klasifikasi kapal dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
 - c. Melatih kemampuan peneliti dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan merumuskan mitigasi risiko ketidaklaiklautan kapal berdasarkan pendekatan analisis risiko yang sistematis.
2. Bagi Perguruan Tinggi
 - a. Menambah referensi penelitian dan literatur akademik di bidang keselamatan pelayaran, khususnya yang membahas analisis risiko faktor teknis ketidaklaiklautan kapal pada saat proses survei klasifikasi menggunakan metode FTA dan FMEA.
 - b. Menjadi bahan rujukan akademik bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis risiko teknis kapal, evaluasi proses survei klasifikasi, dan upaya pencegahan ketidaklaiklautan kapal.
3. Bagi Lembaga Terkait di Bidang Pelayaran
 - a. Memberikan gambaran sistematis mengenai faktor teknis dan potensi risiko yang berkontribusi terhadap ketidaklaiklautan kapal pada proses survei klasifikasi berdasarkan hasil analisis FTA dan FMEA.
 - b. Menjadi salah satu penentu tingkat dan prioritas risiko teknis pada tahapan proses survei klasifikasi kapal, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan pengendalian risiko.
 - c. Menyediakan masukan berbasis analisis risiko untuk mendukung

penyusunan strategi mitigasi, peningkatan pengawasan teknis, serta penguatan efektivitas proses survei klasifikasi kapal guna mencegah terjadinya ketidaklaiklautan kapal.

4. Bagi Pembaca dan Peneliti Selanjutnya
 - a. Menjadi sumber referensi dan bahan pembelajaran bagi pembaca yang tertarik pada kajian proses survei klasifikasi kapal, keselamatan pelayaran, dan manajemen risiko teknis.
 - b. Memberikan gambaran penerapan metode FTA dan FMEA dalam analisis risiko ketidaklaiklautan kapal yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian sejenis di bidang kemaritiman dan transportasi.

1.5 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dibatasi pada analisis risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal yang diidentifikasi oleh surveyor badan klasifikasi kapal selama proses survei klasifikasi, dengan fokus pada aspek struktur, permesinan, dan stabilitas kapal sesuai ketentuan rules.
2. Faktor non-teknis, seperti faktor manusia, organisasi, dan lingkungan, tidak menjadi fokus utama penelitian, kecuali jika berperan sebagai pemicu awal yang berkaitan langsung dengan kegagalan teknis.
3. Data penelitian bersumber dari dokumen laporan temuan survey tahun 2025 dan literatur pendukung, tanpa melakukan inspeksi langsung terhadap objek kapal.
4. Metode FTA digunakan untuk memodelkan hubungan sebab-akibat risiko teknis pada proses survei klasifikasi kapal.
5. Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan menentukan prioritas risiko berdasarkan parameter *severity*, *occurrence*, dan *detection*.
6. Strategi mitigasi yang dihasilkan bersifat konseptual dan rekomendatif, serta tidak mencakup evaluasi penerapan di lapangan.
7. Penelitian ini tidak bertujuan menilai kinerja individu atau institusi, melainkan berfokus pada pengendalian risiko teknis guna mencegah ketidaklaiklautan kapal.
8. Penelitian hanya dilakukan pada kapal yang memiliki sertifikat klas

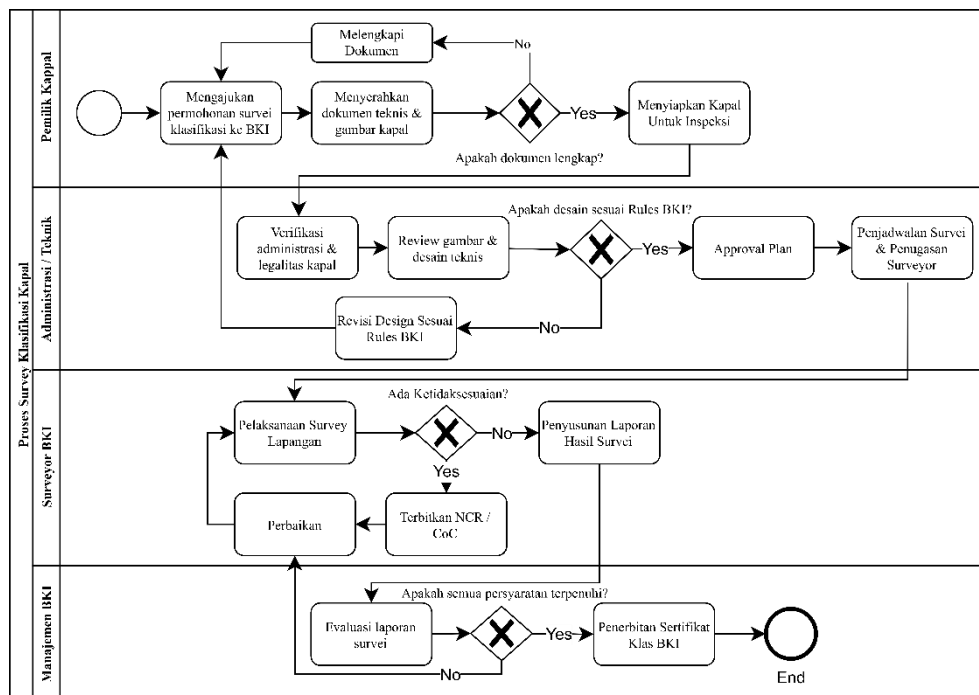
dengan status masih aktif.

9. Penelitian ini dibatasi pada cause of failure yang memenuhi dua kriteria, yaitu memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) termasuk dalam 10 peringkat tertinggi serta berada pada kategori High (zona merah) berdasarkan matriks risiko.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Survei Klasifikasi Kapal

Survei klasifikasi kapal merupakan bagian penting dalam sistem pengendalian keselamatan pelayaran yang bertujuan untuk memastikan bahwa kondisi kapal telah memenuhi standar klasifikasi yang ditetapkan oleh badan klasifikasi (Mudyanto, 2019). Penerapan standar klasifikasi memiliki keterkaitan yang erat dengan tingkat keselamatan pelayaran karena ketidaksesuaian kondisi teknis kapal terhadap standar yang berlaku dapat meningkatkan potensi kegagalan operasional kapal (Yoga, 2021). Oleh karena itu, survei klasifikasi tidak hanya berfungsi sebagai proses verifikasi administrasi dan teknis, tetapi juga sebagai mekanisme pengendalian untuk memastikan bahwa kapal berada dalam kondisi laik dan memenuhi persyaratan klasifikasi sebelum beroperasi.



Gambar 2.1 BPMN survey Klasifikasi Kapal

(Data diolah, 2026)

Gambar 2.1 menunjukkan BPMN proses survei klasifikasi kapal. Proses diawali dengan pengajuan permohonan survei oleh pemilik kapal kepada badan klasifikasi disertai dokumen administrasi, dokumen teknis, dan

gambar kapal. Selanjutnya dilakukan verifikasi administrasi serta peninjauan gambar dan desain teknis. Apabila terdapat ketidaksesuaian, pemilik kapal wajib melengkapi dokumen atau merevisi desain sesuai aturan klasifikasi sebelum proses dilanjutkan.

Tahap selanjutnya adalah persiapan kapal sebelum survei, yang menjadi fokus penelitian ini. Perusahaan pelayaran harus memastikan kondisi struktur, permesinan, sistem propulsi, sistem kemudi, sistem perpipaan, perlengkapan keselamatan, dan dokumen kapal telah memenuhi standar klasifikasi. Kesiapan pada tahap ini sangat menentukan kelancaran pelaksanaan survei dan meminimalkan potensi ketidaksesuaian standar.

Setelah seluruh persyaratan dinyatakan memenuhi, badan klasifikasi memberikan approval plan, menjadwalkan survei, dan menugaskan surveyor untuk melakukan pemeriksaan lapangan. Apabila ditemukan ketidaksesuaian, diterbitkan Non-Conformity Report (NCR) atau Condition of Class (CoC) sebagai dasar pelaksanaan tindakan perbaikan. Sebaliknya, apabila kapal memenuhi seluruh persyaratan, hasil survei dilanjutkan ke tahap penyusunan laporan.

Laporan hasil survei kemudian dievaluasi sebagai dasar penetapan status klasifikasi kapal. Jika seluruh persyaratan telah dipenuhi, badan klasifikasi menerbitkan sertifikat klasifikasi. Sebaliknya, apabila masih terdapat ketidaksesuaian, perusahaan pelayaran wajib menyelesaikan tindakan korektif sebelum proses sertifikasi dapat dilanjutkan.

Berdasarkan BPMN tersebut, penelitian ini difokuskan pada tahap persiapan kapal sebelum survei lapangan, karena pada tahap inilah berbagai potensi penyebab ketidaksesuaian standar klasifikasi mulai muncul. Oleh karena itu, penelitian menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk menentukan prioritas risiko yang perlu dimitigasi sebelum pelaksanaan survei klasifikasi kapal.

Berdasarkan *Rules for Classification and Construction of Seagoing Steel Ships* dan praktik umum klasifikasi internasional, survei klasifikasi kapal secara umum dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1. Survei Pembangunan (*Newbuilding/Initial Survey*)

Survei awal dilaksanakan pada tahap pembangunan kapal atau sebelum kapal pertama kali diberikan kelas. Survei ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain, material, konstruksi, dan sistem kapal telah memenuhi seluruh persyaratan klasifikasi.

2. Survei Tahunan (*Annual Survey*)

Survei tahunan dilakukan setiap tahun selama masa berlaku kelas kapal. Survei ini bersifat pemeriksaan umum untuk memastikan kondisi kapal tetap laik kelas dan tidak mengalami penurunan kelaiklautan secara signifikan.

3. Survei Antara (*Intermediate Survey*)

Survei antara dilaksanakan di antara dua survei pembaruan kelas dan memiliki lingkup pemeriksaan yang lebih mendalam dibandingkan survei tahunan.

4. Survei Pembaruan (*Special / Renewal Survey*)

Survei pembaruan dilakukan pada interval tertentu (setiap 5 tahun) untuk memperpanjang masa berlaku kelas kapal.

5. Survei Khusus (*Occasional / Damage Survey*)

Survei khusus dilakukan apabila kapal mengalami kecelakaan, kerusakan, modifikasi, atau perubahan signifikan terhadap struktur maupun sistem kapal.

2.2 Operasional

Operasional kapal merupakan rangkaian kegiatan pengoperasian kapal yang meliputi kesiapan teknis, pelaksanaan pelayaran, serta pemeliharaan selama masa operasi (Fahmi, 2022). Operasional kapal harus dilaksanakan sesuai dengan standar keselamatan dan ketentuan klasifikasi agar kapal dapat beroperasi secara aman dan andal. Kondisi operasional yang tidak sesuai standar berpotensi menurunkan kelaiklautan kapal dan meningkatkan risiko gangguan keselamatan pelayaran (Mudiyanto, 2019).

Keberlangsungan operasional kapal sangat dipengaruhi oleh pemenuhan standar klasifikasi, terutama terkait kondisi struktur, sistem permesinan, dan perlengkapan keselamatan. Penelitian Janah dkk. (2023)

menyatakan bahwa pelaksanaan survei klasifikasi dan pemenuhan rekomendasinya berpengaruh signifikan terhadap kelayakan operasional kapal. Keterlambatan perawatan dan tidak optimalnya tindak lanjut hasil survei dapat menyebabkan penurunan performa operasional kapal.

Selain aspek teknis, manajemen operasional perusahaan pelayaran turut memengaruhi kesiapan kapal dalam memenuhi standar klasifikasi. Fahmi (2022) menjelaskan bahwa lemahnya pengendalian operasional dan pemeliharaan kapal sering menjadi penyebab munculnya temuan berulang dalam survei klasifikasi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa operasional kapal yang tidak terkelola dengan baik dapat meningkatkan risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi.

Operasional kapal juga dipengaruhi oleh kompetensi awak kapal dalam menjalankan prosedur pemeliharaan dan pengoperasian sesuai standar. Keterbatasan pemahaman awak terhadap ketentuan teknis klasifikasi berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian saat pemeriksaan klasifikasi dilakukan (Fahmi, 2022). Oleh karena itu, keterkaitan antara operasional kapal dan standar klasifikasi menjadi faktor penting dalam menjaga keselamatan dan keberlanjutan operasi kapal.

2.3 Badan Klasifikasi Kapal

Badan klasifikasi kapal merupakan lembaga independen yang memiliki kewenangan untuk menetapkan standar teknis perencanaan, konstruksi, pemeliharaan, serta pengoperasian kapal guna menjamin keselamatan pelayaran dan perlindungan lingkungan laut. Keberadaan badan klasifikasi memiliki peran strategis dalam industri maritim karena menjadi tolok ukur teknis yang diakui secara nasional maupun internasional dalam menentukan kelayakan kapal untuk beroperasi (Wilastari, 2020).

Fungsi utama badan klasifikasi adalah menyusun dan menetapkan classification rules sebagai standar teknis yang digunakan dalam seluruh siklus hidup kapal, mulai dari tahap desain, pembangunan, pengujian, komisioning (commissioning), hingga survei berkala selama masa operasional kapal. Melalui pelaksanaan survei klasifikasi, badan klasifikasi memastikan bahwa konstruksi lambung, sistem permesinan, sistem propulsi, instalasi kelistrikan,

serta perlengkapan keselamatan kapal tetap memenuhi standar yang berlaku. Kapal yang memenuhi seluruh persyaratan tersebut akan diberikan status klasifikasi (class notation) dan sertifikat kelas sebagai bukti bahwa kondisi teknis kapal telah memenuhi standar keselamatan yang dipersyaratkan (Wilastari, 2020).

Di Indonesia, penyelenggaraan klasifikasi kapal memiliki dasar hukum yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, khususnya ketentuan mengenai kelaiklautan kapal yang mensyaratkan kapal memenuhi persyaratan keselamatan, pencegahan pencemaran, pengawakan, garis muat, serta aspek teknis lainnya sebelum dioperasikan. Ketentuan tersebut diperkuat melalui Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Pelayaran, yang mengatur bahwa pemenuhan persyaratan teknis kapal dilakukan melalui pemeriksaan dan survei oleh organisasi yang memperoleh kewenangan sesuai peraturan perundang-undangan. Selain itu, pelaksanaan klasifikasi kapal nasional mengacu pada aturan klasifikasi yang diterbitkan oleh badan klasifikasi yang diakui pemerintah.

Badan klasifikasi memiliki hubungan yang erat dengan penyelenggaraan keselamatan pelayaran. Hasil survei dan status klasifikasi menjadi salah satu indikator bahwa kondisi teknis kapal memenuhi standar keselamatan sehingga dapat mendukung penerbitan sertifikat kelaiklautan kapal oleh Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan (KSOP) sesuai kewenangannya. Meskipun badan klasifikasi dan Kesyahbandaran memiliki fungsi yang berbeda, keduanya saling melengkapi dalam menjamin bahwa kapal yang beroperasi telah memenuhi persyaratan teknis maupun administratif sesuai ketentuan nasional dan konvensi internasional.

Selain berperan dalam aspek regulasi, status klasifikasi juga memiliki nilai ekonomi yang penting bagi perusahaan pelayaran. Perusahaan asuransi menggunakan status kelas kapal sebagai salah satu dasar dalam menilai tingkat risiko (risk assessment) sebelum memberikan perlindungan asuransi lambung kapal (Hull and Machinery Insurance) maupun asuransi lainnya. Kapal yang kehilangan status kelas (class withdrawn atau class suspended) umumnya

menghadapi peningkatan premi, pembatasan cakupan asuransi, bahkan penolakan klaim apabila kerusakan terjadi akibat ketidaksesuaian terhadap persyaratan klasifikasi. Di sisi lain, lembaga pembiayaan dan perbankan juga menjadikan status klasifikasi sebagai salah satu persyaratan dalam pemberian pembiayaan atau kredit kapal karena mencerminkan kondisi teknis aset yang dijadikan jaminan.

Dalam lingkup internasional, badan klasifikasi mengacu pada standar dan praktik yang dikembangkan oleh International Association of Classification Societies (IACS) serta berbagai konvensi yang ditetapkan oleh International Maritime Organization (IMO), seperti International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78), dan International Convention on Load Lines 1966. Penerapan standar tersebut bertujuan untuk menciptakan keseragaman persyaratan teknis kapal sehingga keselamatan pelayaran, perlindungan lingkungan laut, serta keandalan operasional kapal dapat terjamin pada tingkat nasional maupun internasional (Wilastari, 2020).

Dalam penelitian ini, badan klasifikasi memiliki peran sebagai pihak yang melaksanakan survei klasifikasi untuk menilai kesesuaian kondisi teknis kapal terhadap aturan klasifikasi yang berlaku. Oleh karena itu, keberhasilan proses survei sangat dipengaruhi oleh kesiapan kapal sebelum inspeksi dilakukan. Ketidaksesuaian yang ditemukan selama survei dapat mengakibatkan diterbitkannya Non-Conformity Report (NCR) atau Condition of Class (CoC), yang menunjukkan bahwa kapal belum sepenuhnya memenuhi standar klasifikasi dan memerlukan tindakan perbaikan sebelum status kelas dapat dipertahankan atau sertifikat klasifikasi diterbitkan.

2.4 Surveyor

2.4.1 Surveyor Badan Klasifikasi

Surveyor badan klasifikasi merupakan tenaga profesional yang diberi kewenangan oleh badan klasifikasi nasional untuk melaksanakan kegiatan pemeriksaan, pengawasan, dan penilaian teknis terhadap kapal guna memastikan kesesuaiannya dengan aturan klasifikasi serta

ketentuan internasional yang berlaku. Surveyor badan klasifikasi bertindak sebagai pihak independen yang mewakili badan klasifikasi dalam menjamin keselamatan, kekuatan struktur, keandalan mesin, serta sistem kemudi propulsi kapal selama masa pembangunan maupun operasional kapal.

Tugas utama surveyor klasifikasi meliputi pelaksanaan survei pembangunan kapal baru, survei berkala pada kapal yang telah beroperasi, serta verifikasi kepatuhan kapal terhadap *Rules and Regulations* badan klasifikasi, konvensi internasional seperti SOLAS, dan *Unified Requirements* (UR) yang dikeluarkan oleh *International Association of Classification Societies* (IACS).

Surveyor memiliki peran penting dalam proses klasifikasi kapal, antara lain:

1. Melakukan pemeriksaan struktur kapal, termasuk lambung, geladak, sekat kedap air, dan bangunan atas.
2. Melakukan survei terhadap sistem mesin dan instalasi penunjang keselamatan.
3. Menilai pemenuhan persyaratan stabilitas kapal sesuai kondisi operasional.
4. Mencatat dan menetapkan temuan ketidaksesuaian (*non-compliance*).
5. Memberikan rekomendasi perbaikan serta menetapkan kondisi kelas (*condition of class*).

Apabila ketidaksesuaian yang ditemukan dinilai dapat membahayakan keselamatan kapal, surveyor berwenang untuk memberikan pembatasan operasional, penangguhan sertifikat klasifikasi, hingga penahanan kelas kapal sampai rekomendasi dipenuhi

2.4.2 Owner Surveyor

Owner surveyor merupakan perwakilan teknis dari pemilik kapal (*ship owner*) yang bertugas melakukan pengawasan terhadap kondisi kapal dan pekerjaan teknis yang dilaksanakan oleh galangan maupun

pihak perawatan kapal. *Owner surveyor* tidak memiliki kewenangan dalam menetapkan klasifikasi kapal, namun berperan penting dalam memastikan bahwa kondisi aktual kapal sesuai dengan spesifikasi kontrak dan standar teknis yang dipersyaratkan.

Menurut Stopford (2009), *owner surveyor* berfungsi sebagai pengendali mutu teknis dan ekonomi yang bertujuan untuk menjaga nilai aset kapal serta menjamin kelayakan operasional jangka panjang. *Owner surveyor* umumnya terlibat dalam proses pembangunan kapal baru, perbaikan, docking, serta evaluasi kondisi kapal selama masa operasional.

1. Tugas utama *owner surveyor* meliputi:
2. Memantau kondisi struktur, mesin, dan sistem kapal.
3. Mengawasi pekerjaan perbaikan atau modifikasi kapal.
4. Memastikan rekomendasi dari badan klasifikasi dapat ditindaklanjuti.
5. Menyusun laporan kondisi teknis kapal kepada pemilik.
6. Menjadi penghubung antara pemilik kapal, galangan, dan badan klasifikasi.

Dengan adanya *owner surveyor*, pemilik kapal dapat melakukan kontrol internal terhadap kondisi kapal sehingga potensi ketidaksesuaian terhadap standar klasifikasi dapat diidentifikasi lebih awal sebelum berdampak pada status kelas kapal.

Surveyor badan klasifikasi dan *owner surveyor* memiliki peran berbeda namun saling melengkapi dalam menjamin kelaiklautan kapal. Surveyor Klasifikasi nasional bertugas menilai kepatuhan kapal terhadap standar klasifikasi, sedangkan *owner surveyor* melakukan pengawasan teknis internal atas kondisi kapal. IACS (2022) menyatakan bahwa badan klasifikasi menetapkan standar keselamatan minimum, sementara tanggung jawab kondisi kapal berada pada pemilik. Janah dkk. (2023) menegaskan bahwa keterlambatan pemenuhan rekomendasi survei berpotensi menurunkan kelayakan dan keselamatan operasional kapal.

2.5 Sertifikasi Klasifikasi Kapal

Badan klasifikasi nasional berwenang melaksanakan kegiatan klasifikasi, survei, dan sertifikasi kapal sesuai dengan *Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships*. Sertifikasi yang diterbitkan oleh Badan Klasifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa kapal, permesinan, instalasi, serta perlengkapan keselamatan memenuhi persyaratan teknis klasifikasi dan regulasi keselamatan pelayaran yang berlaku. Sertifikat klasifikasi menjadi bukti formal bahwa kapal berada dalam kondisi laik laut (*seaworthy*) dan dapat dioperasikan secara aman.

a. *Certificate of Classification*

Sertifikat utama yang menyatakan kapal telah memenuhi persyaratan klasifikasi nasional setelah lulus *initial survey* dan dipertahankan melalui survei berkala.

b. *Hull Classification Certificate*

Menjamin kekuatan dan integritas struktur lambung kapal, meliputi konstruksi, ketebalan pelat, kualitas pengelasan, perlindungan korosi, serta struktur dek, sekat, dan tangki.

c. *Machinery Classification Certificate*

Diberikan setelah sistem permesinan memenuhi standar Badan Klasifikasi Nasional, mencakup mesin utama dan bantu, sistem poros, propulsi, kemudi, serta sistem bahan bakar, pendingin, dan pelumasan.

d. *Certification of Materials and Equipment*

Sertifikasi material dan peralatan melalui *Material Certificate* dan *Type Approval* untuk memastikan seluruh komponen memenuhi standar Badan Klasifikasi; material tanpa sertifikat dinyatakan *non-approved*.

e. *Welding Procedure and Welder Qualification Certification*

Meliputi WPS, PQR, dan WPQ guna menjamin mutu pengelasan sesuai standar klasifikasi, mengingat pengelasan berpengaruh langsung terhadap kekuatan struktur kapal.

f. *Safety Equipment Certificate*

Menjamin kesiapan peralatan keselamatan kapal, termasuk LSA, FFA, sistem deteksi kebakaran, dan sistem tenaga darurat.

g. *Load Line Certificate and Stability Approval*

Penerbitan *Load Line Certificate* dan persetujuan *Stability Booklet* untuk memastikan keselamatan stabilitas kapal dan mencegah risiko *capsizing*.

h. *Navigation and Radio Equipment Certification*

Sertifikasi peralatan navigasi dan radio seperti radar, ECDIS, AIS, kompas, dan GMDSS agar tetap berfungsi penuh sesuai persyaratan keselamatan.

i. *Statutory Certificates*

Recognized Organization menerbitkan sertifikat statutory, antara lain Safety Construction, Safety Equipment, Safety Radio, ISSC, SMC, dan DOC sebagai syarat kelaiklautan kapal.

j. *Condition of Class dan Outstanding Recommendation*

Diterbitkan apabila ditemukan ketidaksesuaian terhadap aturan klasifikasi, yang mewajibkan perbaikan dalam batas waktu tertentu sebelum status kelas dinyatakan penuh.

2.6 Risiko dan Manajemen Risiko

Risiko adalah kemungkinan terjadinya kejadian yang tidak diinginkan atau hasil yang tidak pasti. Risiko juga mencakup ketidakpastian mengenai hasil suatu peristiwa dan dampaknya terhadap tujuan atau keberhasilan suatu tindakan atau keputusan. Sementara itu, menurut Hanafi (2016), risiko muncul akibat adanya kondisi ketidakpastian yang disebabkan oleh kurangnya informasi mengenai apa yang mungkin terjadi.

Risiko dapat dikelompokkan menjadi dua tipe utama, yaitu:

1. Risiko Murni

Risiko yang timbul dari kejadian tidak disengaja, di mana hanya ada kemungkinan kerugian tanpa ada kemungkinan keuntungan. Contoh: kecelakaan, kebakaran, pencurian, dan sejenisnya.

2. Risiko Spekulatif

Risiko yang timbul dari suatu kejadian yang menyimpang dari yang diharapkan, di mana terdapat kemungkinan keuntungan maupun kerugian. Contoh: melakukan investasi, menjalankan usaha dan lainnya

Sedangkan Manajemen Risiko adalah pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, mengevaluasi, meninjau risiko serta meminimalkan kerugian. Tujuan manajemen risiko adalah untuk mengelola risiko agar organisasi dapat bertahan, atau bahkan mengoptimalkan risiko yang diambil perusahaan secara sengaja karena adanya potensi keuntungan dibalik risiko tersebut (Hanafi, 2016).

Risiko keselamatan kapal dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait, antara lain faktor teknis, faktor manusia, dan faktor manajerial. Faktor teknis mencakup kondisi struktur kapal, keandalan sistem mesin dan kelistrikan, serta fungsi peralatan keselamatan. Faktor manusia berkaitan dengan kompetensi awak kapal, kepatuhan terhadap prosedur, serta pengambilan keputusan operasional. Sementara itu, faktor manajerial mencakup sistem pemeliharaan, pengawasan, serta efektivitas inspeksi dan survei kapal. Kelemahan pada salah satu faktor tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya kecelakaan kapal (Knapp & Franses, 2007).

2.7 Fault Tree Analysis (FTA)

FTA adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu risiko yang berperan langsung terhadap terjadinya kegagalan. Menurut Priyanta Indah (2019), FTA merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengenali risiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. FTA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan suatu sistem dengan tujuan menurunkan probabilitas terjadinya kegagalan. Metode ini menggunakan pendekatan *top-down*, di mana kejadian utama didefinisikan sebagai *Top Event*, sedangkan kejadian-kejadian paling mendasar yang menyebabkan terjadinya *Top Event* disebut sebagai *Basic Event* (Henna Dellya, dkk, 2023).

Minimal *Cutset* adalah kombinasi terkecil dari suatu sistem hingga terjadi kejadian puncak (*Top Event*), Probabilitas kegagalan pada FTA dapat di hitung menggunakan *probability laws* (hukum probabilitas) dimana $P[X]$ nilai probabilitas *basic event intermediat event* ke-1 sampai ke-n.

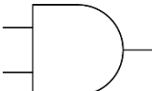
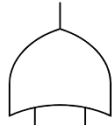
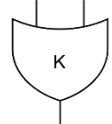
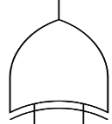
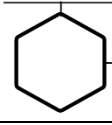
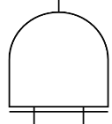
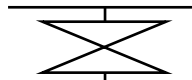
Simbol-simbol dalam FTA dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Simbol-simbol gerbang (*gate*).

Simbol gerbang (*gate*) dalam Fault Tree Analysis (FTA) berfungsi

menunjukkan hubungan logika antar kejadian penyebab kegagalan. Simbol-simbol gerbang tersebut disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Simbol-simbol gerbang (Gate)

No	Simbol Gate	Nama dan keterangan
1		And gate. Output event terjadi jika semua input event terjadi secara bersamaan.
2		Or gate. Output event terjadi jika paling tidak satu input event terjadi.
3		k out of n gate. Output event terjadi jika paling sedikit k output dari n input event terjadi.
4		Exclusive OR gate. Output event terjadi jika satu input event, tetapi tidak terjadi.
5		Inhibit gate. Input menghasilkan output jika conditional event ada.
6		Priority AND gate. Output event terjadi jika semua input event terjadi baik dari kanan maupun kiri.
7		Not gate. Output event terjadi jika input event tidak terjadi.

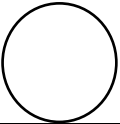
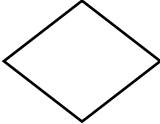
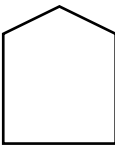
Sumber: Blanchard, 2004 (Dikutip dari Djamal dan Rifki, 2015)

2. Simbol-simbol kejadian (event)

Simbol kejadian (event) pada Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk menggambarkan berbagai jenis kejadian dalam pohon kesalahan. Simbol-simbol kejadian tersebut disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Simbol-Simbol Kejadian (Event)

No	Simbol event	Nama dan keterangan
1		Gambar <i>elipse</i> menunjukkan kejadian pada level paling atas (<i>top level event</i>) dalam pohon kesalahan

2		Gambar rectangle menunjukkan kejadian pada level menengah (intermediate fault event) dalam pohon kesalahan
3		Gambar rectangle menunjukkan kejadian pada level menengah (intermediate fault event) dalam pohon kesalahan
4		Gambar diamond menunjukkan kejadian yang tidak terduga (undeveloped event). Kejadian - kejadian tak terduga dapat dilihat pada pohon kesalahan dan dianggap sebagai kejadian paling awal yang menyebabkan kerusakan.
5		Gambar house menunjukkan kejadian input (<i>input event</i>) dan merupakan kegiatan terkendali (<i>signal</i>). Kegiatan ini dapat menyebabkan kerusakan

Sumber: Blanchard, 2004 (Dikutip dari Djamal dan Rifki, 2015)

Menurut Kartikasari (2019), penyelesaian permasalahan dengan menggunakan metode FTA dapat dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan minimal *cut set* yaitu menentukan *basic event* sebagai akar penyebab permasalahan dari penyebab risiko yang terjadi di proses reparasi kapal.
2. Mengubah logika FTA menjadi persamaan Aljabar Boolean.
3. Mereduksi persamaan Boolean menjadi model yang sederhana.
4. Melakukan analisis kualitatif pada FTA.
5. Melakukan analisis kuantitatif pada FTA.

2.8 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mencegah potensi masalah pada produk maupun proses sebelum kegagalan terjadi. Metode ini berfokus pada pencegahan kecacatan, peningkatan tingkat keselamatan, serta peningkatan kepuasan pelanggan (Farid, 2021). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana suatu komponen, sistem, atau proses dapat mengalami kegagalan dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan berdasarkan rancangan yang telah ditentukan (Henna Dellya, dkk, 2023). tingkat risiko dari suatu kegagalan dan dampaknya ditentukan oleh tiga faktor utama, yaitu:

1. Tingkat Keparahannya (*Severity*)

Severity (S) merupakan parameter dalam FMEA yang digunakan untuk mengukur tingkat keparahan dampak akibat suatu kegagalan. Kriteria penilaian severity disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 tingkat keparahan (severity)

Nilai	Efek	Keterangan
1	<i>Minor</i>	Insiden kecil yang tidak berdampak signifikan terhadap keselamatan pekerja atau operasional. Cukup mudah diatasi. (<i>Negligible Severity</i>)
2 – 3	<i>Low</i>	Kecelakaan ringan yang menimbulkan ketidaknyamanan kecil bagi pekerja atau gangguan minimal pada proses kerja. (<i>Mild Severity</i>)
4 – 6	<i>Moderate</i>	Insiden yang menyebabkan cedera ringan hingga sedang pada pekerja, atau kerusakan alat yang membutuhkan perbaikan sederhana. (<i>Moderate Severity</i>)
7 – 8	<i>High</i>	Kecelakaan serius yang berdampak signifikan pada keselamatan pekerja, produktivitas, atau operasional perusahaan. (<i>High Severity</i>)
9 – 10	<i>Very High</i>	Cedera fatal atau insiden besar yang menyebabkan penghentian total operasional dan kerugian finansial yang signifikan. (<i>Potential Safety Problems</i>)

Sumber: Stamatis, 2003

2. Tingkat Kejadian (*Occurrence*)

Parameter Occurrence (O) pada FMEA digunakan untuk mengukur kemungkinan terjadinya suatu kegagalan dalam proses atau sistem. Kriteria penilaian tingkat occurrence disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tingkat Kejadian (Occurrence)

Nilai	Efek	Keterangan
1	<i>Remote</i>	Kemungkinan kecelakaan sangat kecil dan hampir tidak pernah terjadi. (1 dalam 1 juta)
2–5	<i>Low</i>	Insiden terjadi sesekali dalam frekuensi yang rendah. (1 dalam 20.000 hingga 1 dalam 4.000)
6–7	<i>Moderate</i>	Kecelakaan terjadi dengan frekuensi sedang dan cukup signifikan. (1 dalam 1.000 hingga 1 dalam 80)
8–9	<i>High</i>	Insiden terjadi dengan frekuensi tinggi. (1 dalam 40 hingga 1 dalam 20)
10	<i>Very High</i>	Kegagalan sangat sering terjadi, hampir tidak dapat dihindari.

Sumber: Stamatis, 2003

3. Kemampuan Deteksi (*Detectability*)

Detectability (D) pada FMEA digunakan untuk mengukur kemampuan mendeteksi potensi kegagalan sebelum terjadi dampak. Kriteria penilaian

detectability disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 kemampuan deteksi (detectability)

Nilai	Efek	Keterangan
1	<i>Very High</i>	Sistem pengendalian sangat efektif dan dapat mendeteksi potensi kecelakaan dengan cepat dan akurat.
2–5	<i>High</i>	Pengendalian cukup efektif untuk mendeteksi Sebagian besar potensi kecelakaan, meskipun beberapa insiden masih mungkin terlewat.
6–8	<i>Moderate</i>	Kemampuan mendeteksi risiko sedang; hanya potensi kecelakaan tertentu yang teridentifikasi secara efektif.
9	<i>Low</i>	Deteksi sangat terbatas, sebagian besar potensi kecelakaan tidak terdeteksi sebelum terjadi.
10	<i>Very Low</i>	Risiko hampir tidak dapat dideteksi hingga insiden sudah terjadi, menyebabkan tindakan pencegahan tidak mungkin dilakukan.

Sumber: Stamatis, 2003

4. Risk Priority Number (RPN)

Nilai RPN diperoleh dari hasil perhitungan tiga faktor utama: *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detectability* (D). Perhitungan RPN digunakan untuk mempermudah menentukan tingkat prioritas mode kegagalan (Maulana & Yuamita, 2025). Rumus untuk menghitung nilai RPN adalah sebagai berikut:

$$RPN = Severity (S) \times Occurrence (O) \times Detectability (D) \quad (2.1)$$

Dengan

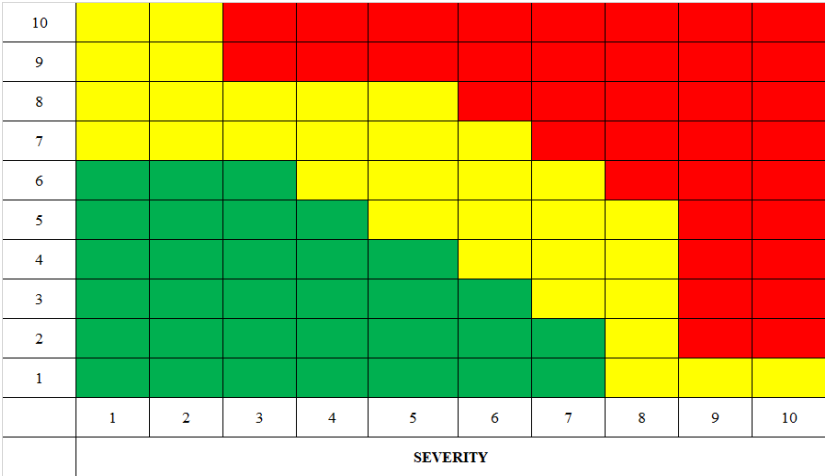
Severity (S) = Keparahan / Dampak yang ditimbulkan risiko.

Occurrence (O) = Frekuensi / Kemungkinan terjadinya risiko.

Detectability (D) = Kemampuan mendeteksi terjadinya risiko.

5. Matriks Risiko

Matriks risiko merupakan alat visual yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko berdasarkan *severity* dan *occurrence*. Matriks ini mempermudah memprioritaskan risiko dengan memberikan penilaian relatif terhadap potensi kegagalan, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai risiko yang dihadapi. (Akbar dkk., 2024)



Gambar 2.2 Matriks Risiko
(Carlos, 2012)

Pada Gambar 2.1 terdapat nilai pada setiap kolom, nilai tersebut merupakan hasil dari perhitungan:

$$Risk\ Score = Occurrence\ (O) \times Severity\ (S) \tag{2.2}$$

Dengan

- Risk Score* (R) = Nilai risiko.
- Severity* (S) = Keparahan / Dampak yang ditimbulkan risiko.
- Occurrence* (O) = Frekuensi / Kemungkinan terjadinya risiko.

Kategori risiko berdasarkan tingkatannya terdiri dari risiko rendah (*low risk*) zona hijau, risiko sedang (*medium risk*) zona kuning, dan risiko tinggi (*high risk*) zona merah (Henna Dellya, dkk, 2023).

6. Wawancara dan Kuesioner

Wawancara digunakan sebagai metode pendukung untuk memperdalam hasil kuesioner dan memahami kondisi aktual di lapangan, khususnya terkait kendala survei, penyebab munculnya rekomendasi, serta faktor yang memengaruhi ketidaksesuaian standar klasifikasi. Wawancara semi-terstruktur efektif digunakan untuk mengonfirmasi hubungan sebab-akibat

kegagalan yang tidak sepenuhnya dapat dijelaskan melalui kuesioner (Stamatis, 2003).

Kuesioner digunakan untuk memperoleh penilaian risiko secara terstruktur berdasarkan parameter *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Penilaian tersebut digunakan untuk menghitung RPN sebagai dasar penentuan prioritas risiko (Blanchard, 2004).

1. Apa saja jenis pekerjaan utama dalam mengetahui proses reparasi kapal di galangan?
2. Pengisian Kuesioner (Kosong jika anda tidak setuju pada Form wawancara)

Tabel 2.6 Contoh pengisian kuesioner

No.	Failure Mode/Mode Kegagalan	Risk Assessment		
		S	O	D
1	Pekerja tertimpa beban plat saat proses replating	-	-	-
2	Pekerja terkena percikan api saat proses pengelasan	7	7	4

Sumber: Stamatis, 2003 (Dikutip dari bagas, 2025)

2.9 Studi Kasus Metode FTA dan FMEA

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Putri, Mulyatno, dan Manik (2023) dengan judul "Studi Manajemen Risiko dengan Metode FTA dan FMEA akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Perintis KM. Sabuk Nusantara 72" yang diterbitkan pada Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 11, No. 2, April 2023.

a) Ringkasan

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor penyebab dan probabilitas keterlambatan proyek pembangunan kapal perintis KM. Sabuk Nusantara 72 di salah satu galangan kapal di Semarang, menentukan risiko yang paling dominan, serta merumuskan langkah mitigasi yang tepat menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Pengumpulan data dilakukan melalui kuisisioner (verifikasi ahli dan penilaian), serta wawancara dengan para pakar/pihak terkait di perusahaan seperti kepala departemen, kepala bagian, kepala proyek, hingga

staf. Metode FTA digunakan untuk membangun diagram pohon kesalahan dari top event hingga basic event, sedangkan FMEA digunakan untuk menilai severity, occurrence, dan detectability tiap risiko guna memperoleh nilai Risk Priority Number (RPN).

No	Kode Kejadian	Rata-rata S	Rata-rata O	Rata-rata D	TOTAL RPN
1	A.6.1.3	3	4	3	632
2	A.1.4	3	4	3	631
3	A.4.2.1	3	4	3	605
4	A.2.2	3	4	3	570
5	A.2.1.1	3	4	3	566
6	A.2.1.2	3	4	3	564
7	A.4.2.2	3	4	3	538
8	A.1.3	3	4	3	532
9	A.1.2	3	4	3	513
10	A.5.1	3	4	3	510
11	A.5.2	3	4	3	507
12	B.1.1	3	3	3	490
13	A.4.2.3	3	3	3	489
14	A.4.2.4	3	3	3	486
15	B.3	3	3	3	485
16	A.7.2.1	3	3	3	480

No	Kode Kejadian	Rata-rata S	Rata-rata O	Rata-rata D	TOTAL RPN
17	A.3.1	3	3	2	479
18	A.1.1	3	3	3	464
19	A.3.3	3	3	3	464
20	A.3.2	3	3	2	456
21	A.5.4	3	3	3	451
22	B.1.2	3	3	3	450
23	A.6.1.1	3	3	2	429
24	A.4.1.3	3	3	2	403
25	A.4.1.2	2	3	2	399
26	B.2.1	3	3	3	396
27	A.5.3	3	3	2	384
28	A.4.1.1	2	3	2	379
29	A.7.1	3	3	2	367

No	Kode Kejadian	Rata-rata S	Rata-rata O	Rata-rata D	TOTAL RPN
30	A.6.1.2	2	3	2	307
31	B.2.2	3	3	2	303
32	A.6.2.1	2	2	2	278
33	A.6.2.3	2	2	2	258
34	A.6.2.2	2	2	2	243
35	A.7.2.2	2	2	2	146

Berdasarkan tabel 9 risiko basic event dengan RPN tertinggi adalah permasalahan pemberian hak karyawan(A.6.1.3) dan RPN terendah adalah kapal dijual ke pihak lain (A.7.2.2)

Pemetaan Risiko

Tingkat keparahan risiko keterlambatan (<i>severity</i>)	5					
	4					
	3			A.1.1, A.3.1, A.3.2, A.3.3, A.4.1.3, A.4.2.3, A.4.2.4, A.5.3, A.5.4, A.6.1.1, A.7.1, A.7.2.1, B.1.1, B.1.2, B.2.1, B.2.2, B.3	A.1.2, A.1.3, A.1.4, A.2.1.1, A.2.1.2, A.2.2, A.4.2.1, A.4.2.2, A.5.1, A.5.2, A.6.1.3	
	2	A.6.2.1, A.6.2.2, A.6.2.3, A.7.2.2		A.4.1.1, A.4.1.2, A.6.1.2		
	1					
		1	2	3	4	5
Tingkat kemungkinan risiko keterlambatan terjadi (<i>occurrence</i>)						

Berdasarkan pemetaan risiko pada gambar 4 didapatkan 12 risiko kategori high risk (zona merah), 19 risiko kategori medium risk (zona kuning), 4 risiko kategori low risk (zona hijau)

Hasil analisis FTA menunjukkan bahwa terdapat dua faktor utama penyebab keterlambatan, yaitu Proses produksi terhambat dengan probabilitas minimal cut set sebesar 0,1043 dan Sistem manajemen kurang optimal dengan probabilitas 0,0228, sehingga diperoleh probabilitas top event (Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal) sebesar 0,1248. Hasil analisis FMEA mengidentifikasi 11 risiko dengan kategori high risk yang menjadi penyebab dominan keterlambatan. Berdasarkan hasil observasi dan focus group discussion (FGD) bersama Kepala Divisi Perencanaan dan Teknik, Kepala Divisi Komersil, Kepala Proyek, dan Kepala Bagian terkait, disusun urutan prioritas risiko beserta langkah mitigasi berupa rekomendasi perbaikan untuk risiko kategori high risk.

b) Hasil dan Pembahasan

1. Identifikasi Risiko dan Diagram FTA

Top event (Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal) memiliki dua intermediate event utama, yaitu Proses produksi terhambat (A) yang dihubungkan oleh 7 OR gate (pengadaan material, fasilitas peralatan, lingkungan kerja, keterbatasan pekerja, perubahan desain, produktivitas pekerja, keberterimaan produk), dan Sistem manajemen kurang optimal (B) yang dihubungkan oleh 3 OR gate (kontrol manajemen, koordinasi kerja, perubahan jadwal). Dari struktur ini teridentifikasi 35 basic event sebagai akar penyebab keterlambatan.

2. Perhitungan Probabilitas (Minimal Cut Set)

Perhitungan probabilitas intermediate event tingkat kedua menunjukkan bahwa Pengadaan material dan perlengkapan lama (A1) memberikan kontribusi probabilitas terbesar (0,0303) pada jalur proses produksi terhambat, sedangkan pada jalur sistem manajemen, Kontrol pihak manajemen kurang efektif (B1) memberi kontribusi terbesar

Kode Kejadian	Nama Kejadian	Rekomendasi Perbaikan
A.6.1.3	Permasalahan pemberian hak karyawan	Membuat kontrak mengenai aturan pemberian gaji dengan batas waktu. Pemberian insentif kepada karyawan dengan kinerja yang sangat baik. Perencanaan keuangan dengan produktifitas pekerja semaksimal mungkin.
A.1.4	Permasalahan pembayaran pembelian barang	Persiapan uang modal yang cukup, sehingga jika dana <i>owner</i> tidak turun tetap mempunyai <i>backup plan</i> .
A.4.2.1	Sub kontraktor kurang berkompeten	Pemilihan dan persyaratan menerima jasa sub kontraktor diperketat. Melakukan penilaian kinerja sub kontraktor secara kontinyu.
Kode Kejadian	Nama Kejadian	Rekomendasi Perbaikan
		Penempatan pekerja dengan efektif sesuai bidang keahliannya.
A.2.2	Jumlah peralatan terbatas	Menyiapkan daftar kebutuhan alat dan menyiapkan <i>backup plan</i> dengan menyewa peralatan agar tetap memenuhi kebutuhan
A.2.1.1	Peralatan yang tidak dirawat dengan baik	Sertifikasi alat disesuaikan dengan standar yang harus dipenuhi. Pengecekan peralatan rutin 3 bulan sekali. Respon serta penanganan yang baik jika terjadi laporan kerusakan pada alat dan fasilitas galangan yang lain.
A.2.1.2	Pemakaian alat melebihi batas	Fasilitas Sarana dan Peralatan menyesuaikan dengan kebutuhan galangan tidak kurang dan tidak lebih. Melakukan rental/ sewa peralatan dari luar agar proses produksi berjalan dengan normal
A.4.2.2	Sub kontraktor belum dibayar	Pembayaran sub kontraktor dengan presentasi 90% dari total dan 10% pelunasan diakhir. Sistem pembayaran ini dilakukan untuk menghindari terjadinya mutu dan kualitas hasil pekerjaan jika masih ada koreksi masih tanggung jawab dari sub-kontraktor.
A.1.3	Kualitas material kurang baik sehingga dilakukan <i>rebuy</i>	Sebaiknya pihak QC galangan melakukan pemeriksaan kualitas material ke pihak vendor sebelum dikirim.
A.1.2	Material belum ada di pasaran	Pengadaan material lebih dipercepat sebelum di mulainya proses produksi dan selalu alokasikan perkiraan jadwal kedatangan material terhadap <i>schedule</i> yang telah direncanakan.
A.5.1	Koreksi gambar oleh BKI	Pengawasan terhadap hasil pekerjaan di perketat dan jika masih ada yang di koreksi lakukan tindakan secepat dan seefektif mungkin.
A.5.2	Koreksi interior oleh OS	Segera ambil tindakan seefektif mungkin terhadap permintaan dari <i>Owner Surveyor</i>

(0,0104). Nilai probabilitas top event sebesar 0,1248 menunjukkan bahwa kemungkinan keterlambatan masih berada dalam batas normal dan risikonya masih dapat ditangani.

c) Kesimpulan

- d) Hasil FTA menunjukkan dua faktor utama penyebab keterlambatan: Proses produksi terhambat (probabilitas 0,1043) dan Sistem manajemen kurang optimal (probabilitas 0,0228), dengan probabilitas top event sebesar 0,1248, yang berarti risiko keterlambatan masih berada dalam batas yang dapat dikendalikan.
- e) Hasil FMEA mengidentifikasi 11 risiko kategori high risk, dengan Permasalahan pemberian hak karyawan (RPN 632) sebagai risiko dengan prioritas tertinggi, diikuti oleh permasalahan pembayaran pembelian barang dan sub kontraktor kurang berkompeten.
- f) Berdasarkan FGD bersama pihak manajemen galangan, disusun rekomendasi perbaikan yang difokuskan pada lima aspek utama: pengadaan material, fasilitas peralatan, keterbatasan pekerja, perubahan desain, dan produktivitas pekerja, sebagai langkah mitigasi untuk menekan risiko keterlambatan proyek di masa mendatang.

2.10 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang dapat dijadikan acuan dalam mengerjakan penelitian ini.

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian, Nama Peneliti, dan Tahun Peneliti	Metode	Hasil	Perbedaan
1.	Studi Manajemen Risiko dengan Metode FTA dan FMEA akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Perintis KM. Sabuk Nusantara 72 (Henna D., Imam p., dkk, 2021)	FTA dan FMEA	Hasil dan pembahasan penelitian ini didapatkan dari hasil pengisian kuisioner oleh para responden yang menggambarkan risiko risiko yang dapat mengakibatkan keterlambatan proses produksi kapal perintis KM. Sabuk Nusantara 72 di Galangan Semarang dengan parameter penilaian sesuai yang sudah ditetapkan. Penyebaran kuisioner dengan petunjuk pengisian yang jelas. Hasil kuisioner yang terkumpul kemudian dilakukan analisa identifikasi risiko membuat diagram pohon kesalahan FTA dan analisa hasil penilaian severity, occurane, dan detectability menggunakan FMEA..	Penelitian ini menganalisis risiko keterlambatan pembangunan kapal di galangan menggunakan metode FTA dan FMEA. Perbedaannya dengan penelitian ini terletak pada objek kajian, di mana penelitian terdahulu berfokus pada proses produksi kapal, sedangkan penelitian ini berfokus pada proses survei klasifikasi kapal. Kebaruan penelitian ini adalah penerapan FTA dan FMEA untuk menganalisis risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal yang memengaruhi status kelas dan keselamatan pelayaran.
2.	Analisis Standarisasi Klasifikasi Armada Kapal pada PT Samugara Artajaya (Syafriul Zulmaidi, 2024)	FMEA	Pemeriksaan yang dilakukan perusahaan menghasilkan peningkatan, tetap, penurunan kinerja (performance) pada masing-masing kapal yang diperiksa selama 2 tahun terakhir sehingga akan dijadikan pedoman untuk bahan evaluasi ke pemeriksaan berikutnya. Pemeriksaan yang dilakukan oleh Klasifikasi Indonesia akan menjadi pedoman perusahaan kedepan untuk mengambil kebijakan untuk mempertahankan atau tidak armada kapal.	Penelitian ini mengevaluasi standarisasi klasifikasi armada kapal menggunakan metode FMEA untuk menilai kinerja kapal. Perbedaannya, penelitian ini tidak menganalisis hubungan sebab-akibat ketidaksesuaian standar klasifikasi. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan FTA untuk memetakan penyebab risiko serta FMEA untuk menentukan prioritas risiko pada proses survei klasifikasi.
3.	Mitigasi Risiko Operasional Pembangunan Kapal Baru di Galangan Kapal	FMEA dan BTA	Berdasarkan hasil penelitian mitigasi risiko operasional pembangunan kapal baru di galangan kapal Surabaya menggunakan <i>Failure Mode and</i>	Penelitian ini membahas mitigasi risiko operasional pembangunan kapal baru menggunakan FMEA dan BTA.

	Surabaya Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan BTA (Bowtie Analysis) (Yoga Penangsang, Minto Basuki, dkk, 2024)		<i>Effect Analysis</i> (FMEA) dan <i>Bowtie Analysis</i> (BTA) dapat disimpulkan dari 10 kejadian risiko kegagalan pembangunan kapal baru terdapat 2 kejadian risiko kegagalan yang mengindikasikan terjadinya kegagalan pembangunan kapal baru, yaitu: tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri dan tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri.	Perbedaannya, penelitian terdahulu berfokus pada tahap konstruksi kapal, sedangkan penelitian ini mengkaji risiko pada tahap evaluasi teknis melalui survei klasifikasi. Kebaruannya adalah fokus analisis risiko pada pemenuhan standar klasifikasi kapal yang berdampak langsung pada kelayakan dan keselamatan kapal.
4.	Penilaian Risiko Operasional Proses Pembangunan Kapal Wisata Trimaran Bottom Glass Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Dan Matrik Risiko Pada PT.ABC (Fahmi Idris Almaeda, Minto Basuki, 2022)	FTA dan Matrik Risiko	Hasil dan pembahasan penelitian ini diperoleh dari pengisian kuesioner oleh para responden yang menggambarkan berbagai risiko yang dapat menyebabkan keterlambatan proses produksi kapal perintis KM Sabuk Nusantara 72 di Galangan Semarang, dengan parameter penilaian yang telah ditetapkan. Penyebaran kuesioner dilakukan dengan disertai petunjuk pengisian yang jelas. Data kuesioner yang terkumpul selanjutnya dianalisis melalui tahapan identifikasi risiko menggunakan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA), serta analisis penilaian <i>severity</i>, <i>occurrence</i>, dan <i>detectability</i> menggunakan metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).	Penelitian ini menilai risiko operasional pembangunan kapal wisata menggunakan FTA dan matriks risiko. Perbedaannya terletak pada konteks penelitian yang masih berada pada tahap produksi kapal. Kebaruan penelitian ini adalah penerapan analisis risiko pada proses survei klasifikasi kapal yang belum banyak dikaji pada penelitian sebelumnya.
5.	Analisis Kecacatan Produk dengan Metode Seven Tools dan FTA dengan Mempertimbangkan Nilai Risiko berdasarkan Metode FMEA (Farid Setia Pratama, dkk, 2021)	FTA dan FMEA	Penggunaan metode FMEA dan FTA dapat mengusulkan suatu perbaikan dalam mengatasi produk cacat. Pada proses FMEA dapat mengusulkan perbaikan pada suatu proses produksi diantaranya, meningkatkan kedisiplinan karyawan dalam melakukan pekerjaan, meningkatkan pengawasan terhadap operator didalam ruang operator, melakukan evaluasi terhadap kinerja karyawan, memberikan pelatihan terhadap karyawan produksi, perawatan	Penelitian ini menganalisis kecacatan produk industri manufaktur menggunakan FTA dan FMEA. Perbedaannya terletak pada objek dan sektor penelitian. Kebaruan penelitian ini adalah adaptasi metode FTA dan FMEA ke dalam konteks perkapalan, khususnya untuk menganalisis risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal dalam proses survei klasifikasi.

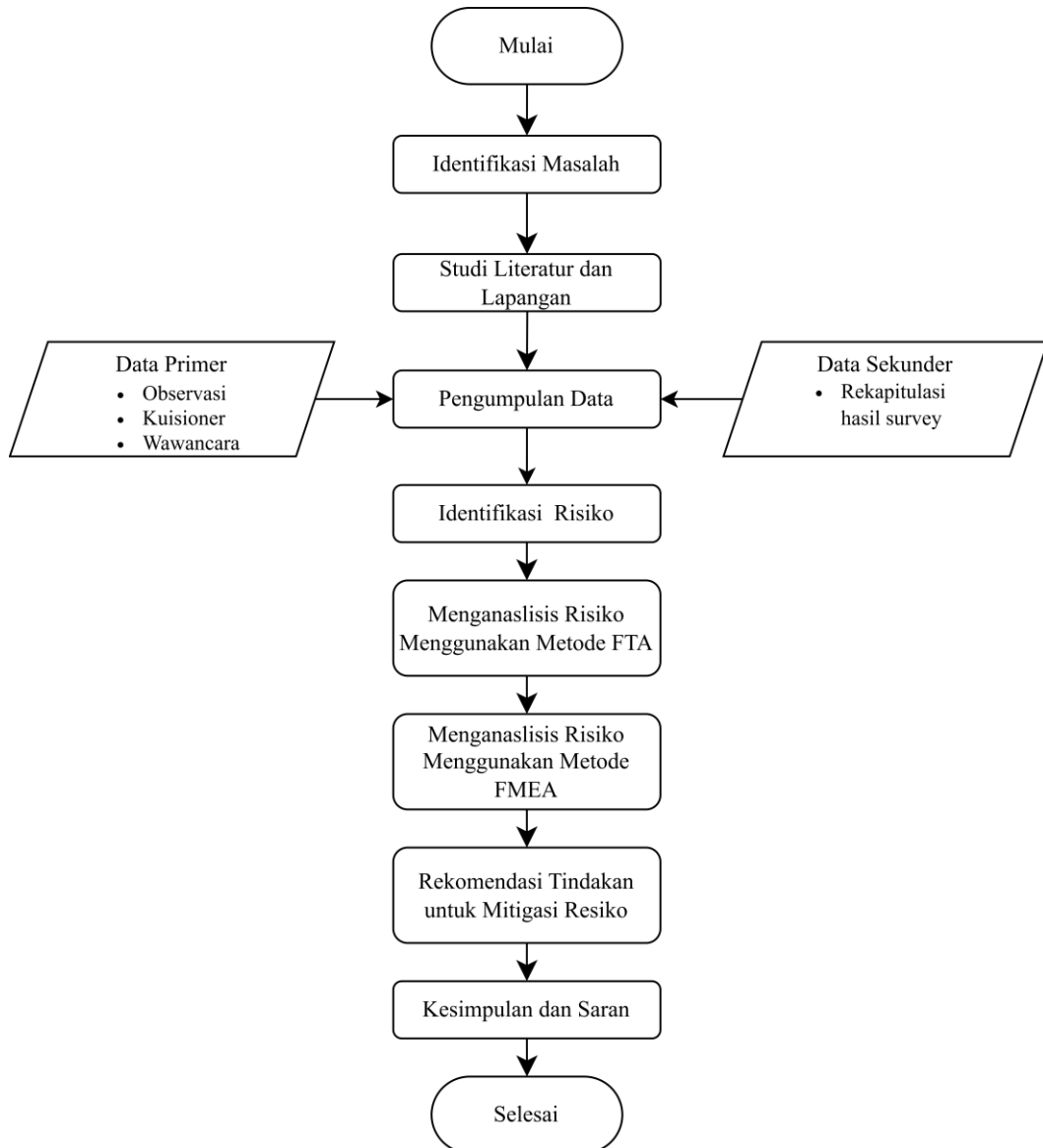
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

This page is intentionally left blank

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut alur penelitian yang dilaksanakan, dimulai dari tahap mulai hingga selesai. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan alur penelitian yang telah disusun, berikut adalah penjelasan mengenai prosedur dan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan:

1. Identifikasi Masalah

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi pada proses survei klasifikasi kapal. Identifikasi permasalahan dilakukan melalui pengamatan awal terhadap hasil pelaksanaan survei klasifikasi, khususnya temuan ketidaksesuaian terhadap standar klasifikasi yang masih memerlukan rekomendasi dan tindakan perbaikan oleh surveyor klas. Selain itu, dilakukan telaah terhadap peran survei klasifikasi sebagai instrumen pengendalian keselamatan dan kelaiklautan kapal. Tahap ini bertujuan untuk menetapkan fokus permasalahan penelitian, yaitu mengidentifikasi potensi kegagalan (*failure mode*) dalam penerapan standar klasifikasi pada setiap tahapan proses survei klasifikasi kapal.

2. Studi Literatur dan Lapangan

- Studi literatur dilakukan untuk mencari, mengkaji, dan memahami teori, konsep, serta metode yang relevan dengan topik penelitian. Kajian dilakukan terhadap sumber tertulis yang kredibel, seperti buku, jurnal ilmiah, artikel, serta peraturan dan standar yang berkaitan dengan klasifikasi kapal. Studi literatur mencakup ketentuan klasifikasi kapal berdasarkan IMO dan Badan Klasifikasi Nasional, konsep risiko dan manajemen risiko, serta penerapan metode FTA dan FMEA dalam bidang perkapalan dan keselamatan.
- Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai standarisasi kapal. Pada tahap ini dilakukan pengamatan langsung terhadap alur proses survei, tahapan pemeriksaan, serta peran surveyor dalam kegiatan klasifikasi kapal. Studi lapangan bertujuan untuk memahami kondisi aktual, prosedur yang diterapkan, serta potensi kendala yang muncul dalam pelaksanaan survei klasifikasi kapal.

3. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang relevan dalam mengidentifikasi risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal pada proses survei. Metode pengumpulan data yang digunakan meliputi:

a. Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung dari sumber utama penelitian melalui wawancara dan kuesioner kepada surveyor yang memiliki kompetensi dan pengalaman dalam pelaksanaan survei klasifikasi kapal.

- Data dikumpulkan melalui wawancara dan kuesioner kepada pihak yang berkompeten dalam survei klasifikasi kapal. Penelitian ini menggunakan *expert judgment* sebanyak tiga orang, terdiri atas satu *senior manager* sebagai pengambilan keputusan dan dua surveyor klasifikasi sebagai penilai teknis berdasarkan pengalaman lapangan.

Data primer digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan menilai tingkat risiko dalam standarisasi kapal.

b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh secara tidak langsung dari dokumen dan sumber pendukung. Data ini meliputi:

- Data ketidaksesuaian standar klasifikasi
- Laporan teknis dan dokumen klasifikasi
- Peraturan, standar, dan pedoman survei klasifikasi kapal

Data sekunder digunakan untuk memperkuat analisis risiko dan memberikan konteks empiris terhadap potensi kegagalan yang diidentifikasi.

4. Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi risiko dilakukan untuk mengenali ketidaksesuaian pada standar klasifikasi yang mungkin terjadi pada setiap tahapan proses survei klasifikasi kapal. Identifikasi risiko dilakukan berdasarkan hasil wawancara, dan studi literatur, dengan mempertimbangkan aspek teknis, prosedural, serta faktor sumber daya manusia yang dapat menimbulkan ketidaksesuaian klasifikasi.

5. Analisis Risiko Menggunakan Metode FTA

Pada tahap ini dilakukan analisis menggunakan metode FTA untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat faktor teknis yang berpotensi menyebabkan kegagalan penerapan standar pada proses survei klasifikasi kapal. Diagram pohon kesalahan disusun dengan menetapkan *top event* dan menguraikannya ke dalam *basic event*. Setiap *basic event* diberikan nilai probabilitas berdasarkan data kuesioner dan penilaian ahli. Hasil perhitungan probabilitas FTA digunakan sebagai dasar penentuan nilai *occurrence* pada analisis FMEA.

6. Analisis Akar Penyebab Menggunakan Metode FTA

Tahap selanjutnya dilakukan analisis risiko menggunakan metode FMEA. Setiap potensi kegagalan dinilai berdasarkan parameter *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Nilai *occurrence* diperoleh dari hasil probabilitas metode FTA, sedangkan *severity* dan *detection* ditentukan melalui kuesioner dan penilaian ahli. Ketiga parameter tersebut dikalikan untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang selanjutnya digunakan untuk menentukan prioritas risiko dan rekomendasi perbaikan.

7. Rekomendasi Tindakan untuk Mitigasi Risiko

Berdasarkan hasil analisis FTA dan FMEA, disusun mitigasi risiko yang difokuskan pada peningkatan penerapan standar teknis perbaikan kapal dalam proses survei klasifikasi kapal. Rekomendasi mencakup tindakan preventif dan korektif untuk menurunkan probabilitas kegagalan, mengurangi dampak teknis, serta meningkatkan kemampuan deteksi ketidaksesuaian, melalui penyempurnaan prosedur perbaikan kapal, dan penguatan pengendalian mutu.

8. Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah berdasarkan hasil analisis risiko faktor teknis standarisasi kapal pada proses survei klasifikasi. Selanjutnya disusun saran sebagai bahan pertimbangan dalam peningkatan penerapan standar perbaikan kapal serta sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya terkait analisis risiko teknis kapal.

3.2 Objek Dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian dalam tugas akhir ini adalah upaya pencegahan ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal yang berpotensi menimbulkan Condition of Class (CoC) atau rekomendasi pada saat pelaksanaan survei klasifikasi kapal. Fokus penelitian diarahkan pada identifikasi potensi risiko dan akar penyebab ketidaksesuaian standar klasifikasi yang berasal dari kondisi teknis kapal, sistem pemeliharaan, serta kesiapan kapal sebelum pelaksanaan survei.

Penelitian ini secara khusus mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaksiapan kapal dalam memenuhi standar klasifikasi, terutama pada aspek struktur, mesin, dan sistem kemudi dan propulsi, sehingga dapat dirumuskan langkah mitigasi untuk mengurangi atau menghindari munculnya rekomendasi (CoC) pada saat survei klasifikasi dilakukan.

Aspek-aspek tersebut dianalisis sebagai sumber potensi risiko yang dapat mempengaruhi kesiapan kapal dalam memenuhi standar klasifikasi, sehingga berpotensi menimbulkan Condition of Class (CoC) atau rekomendasi pada saat pelaksanaan survei. Analisis difokuskan pada bagaimana faktor-faktor tersebut dapat dicegah sejak dini melalui peningkatan kondisi teknis kapal, sistem pemeliharaan, serta kesiapan sebelum survei dilakukan.

Lokasi penelitian dilakukan pada salah satu badan klasifikasi kapal di Indonesia dengan cakupan wilayah kerja yang luas dan volume kegiatan survei klasifikasi kapal yang tinggi. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan data teknis, dokumen hasil survei, serta kemudahan akses terhadap informasi yang relevan dengan kebutuhan penelitian, khususnya yang berkaitan dengan riwayat ketidaksesuaian (non-complied) dan rekomendasi (CoC).

Dengan memilih lokasi tersebut, diharapkan identifikasi potensi risiko dan akar penyebab ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dapat dilakukan secara sistematis. Hasil analisis ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang objektif mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi munculnya rekomendasi, serta menghasilkan strategi mitigasi

yang efektif untuk mengurangi dan mencegah terjadinya CoC pada proses survei klasifikasi kapal.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.2 Identifikasi Risiko Menggunakan Metode FTA

Berdasarkan hasil observasi awal dan analisis data internal mengenai temuan survei klasifikasi sepanjang tahun 2025, ditemukan adanya kesenjangan (*non-complied*) yang signifikan antara standar klasifikasi ideal dengan kondisi aktual kapal di lapangan. Beberapa penyimpangan standar klasifikasi yang paling krusial dan dominan terjadi pada aspek teknis utama, yaitu ketidaksesuaian pada aspek struktur kapal, aspek sistem permesinan, serta aspek sistem kemudi dan propulsi. Seluruh proses dan interaksi antar-faktor risiko tersebut akan dijabarkan ke dalam bentuk akar diagram pohon kesalahan atau *fault tree analysis* (FTA), sehingga nantinya dapat diketahui faktor-faktor *basic event* yang memicu munculnya temuan maupun rekomendasi oleh *marine surveyor*.

Hasil dari model grafis *fault tree analysis* (FTA) ini dibuktikan berdasarkan hasil pengolahan data historis serta diperkuat melalui proses brainstorming atau diskusi bersama para ahli (*expert*) yang bertanggung jawab dan kompeten di bidang inspeksi dan survei klasifikasi kapal. Hasil tersebut bertujuan untuk memperkuat argumen penelitian dalam bentuk analisis kausalitas dan visualisasi grafis pada model *fault tree*.

Penggunaan gerbang logika *OR-Gate* digunakan jika suatu event atau kejadian kegagalan disebabkan oleh salah satu kejadian ataupun faktor penyusun di bawahnya yang berdiri sendiri. Sementara itu, penggunaan simbol logika *AND-Gate* digunakan jika suatu event atau kegagalan hanya akan terjadi apabila seluruh kejadian di bawahnya terjadi secara bersamaan (Rausand & Høyland, 2004).

OR Gate menunjukkan bahwa suatu *top event* atau intermediate event akan terjadi apabila minimal satu dari *basic event* penyusunnya terjadi. Dengan demikian, setiap *basic event* memiliki peluang secara independen untuk menyebabkan terjadinya kegagalan sistem. Semakin banyak basic event yang terhubung melalui *OR Gate*, maka semakin besar peluang terjadinya *top event*.

Secara matematis, probabilitas *OR Gate* untuk dua kejadian dinyatakan sebagai berikut:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

Apabila kedua kejadian diasumsikan saling independen, maka:

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$$

sehingga persamaan menjadi:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A)P(B)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa peluang terjadinya *top event* akan meningkat apabila salah satu atau lebih *basic event* terjadi (Rausand & Høyland, 2004).

AND Gate menunjukkan bahwa suatu *top event* hanya akan terjadi apabila seluruh *basic event* yang terhubung terjadi secara bersamaan. Dengan kata lain, setiap penyebab saling bergantung dalam menghasilkan suatu kegagalan sehingga apabila salah satu *basic event* tidak terjadi, maka *top event* juga tidak akan terjadi.

Untuk kejadian yang saling independen, probabilitas *AND Gate* dihitung menggunakan persamaan:

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B)$$

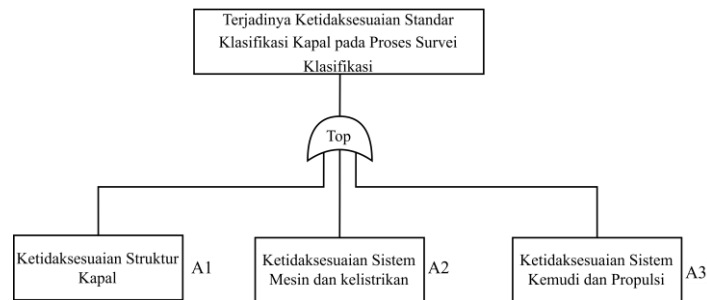
Sedangkan apabila terdapat lebih dari dua *basic event*, probabilitasnya menjadi:

$$P_{AND} = \prod_{i=1}^n P_i$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa peluang terjadinya *top event* pada *AND Gate* umumnya lebih kecil dibandingkan *OR Gate* karena seluruh penyebab harus terjadi secara bersamaan (Rausand & Høyland, 2004).

Pada penelitian ini, *OR Gate* digunakan ketika satu penyebab saja sudah cukup menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal. Sebagai contoh, kerusakan propeller dapat disebabkan oleh benturan benda keras, korosi, maupun kecelakaan pelayaran, sehingga salah satu penyebab tersebut sudah dapat memicu terjadinya kegagalan.

Pada Gambar 4.1 dijabarkan mengenai pohon kesalahan (*fault tree analysis*) dengan menetapkan kejadian puncak (*Top Event*) berupa Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal pada Proses Survei.



Gambar 4.1 Model Grafis *Fault Tree* Penyebab Ketidaksesuaian Standar (Hasil Wawancara, 2026)

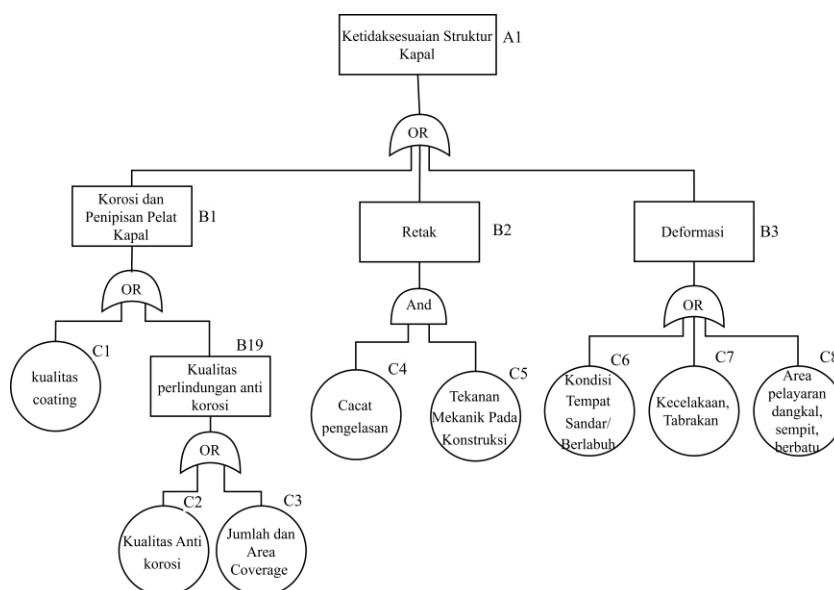
Berdasarkan model grafis pada Gambar 4.1, *Top Event* dihubungkan menggunakan gerbang logika *OR-Gate* menuju tingkat kegagalan di bawahnya (*intermediate event*). Hal ini menunjukkan bahwa munculnya rekomendasi atau status substandard pada kapal dapat dipicu secara independen oleh salah satu dari aspek teknis utama yang mengalami kegagalan, baik itu dari aspek struktur, permesinan, maupun sistem kemudi dan propulsi. Hubungan sebab-akibat dari masing-masing komponen pembentuk *fault tree* tersebut diuraikan sebagai berikut:

Ketidaksesuaian Struktur Kapal: Menjadi *intermediate event* yang dipicu oleh *basic event* seperti adanya korosi material yang melewati batas toleransi, penipisan pelat lambung, serta keretakan pada sambungan las akibat kelelahan struktur (*fatigue*).

Ketidaksesuaian Sistem Permesinan: Menjadi *intermediate event* yang disebabkan oleh kegagalan sistematis pada komponen mekanis, seperti kebocoran sirkuit pipa, kerusakan sistem pendingin dan pelumasan, serta tidak jalannya program perawatan berkala.

Ketidaksesuaian Sistem Kemudi dan Propulsi: Menjadi *intermediate event* yang dipicu oleh malafungsi pada *steering gear*, keausan komponen propeller shaft, hingga tingginya getaran (*vibration*) operasional yang tidak termitigasi dengan baik.

4.1.1 Ketidaksesuaian Struktur Kapal



Gambar 4.2 Model Grafis *Fault Tree* Faktor Ketidaksesuaian Struktur Kapal (Hasil wawancara, 2026)

Berdasarkan diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) pada Gambar 4.2, dapat diidentifikasi bahwa ketidaksesuaian struktur kapal (A1) dipengaruhi oleh tiga faktor utama (*intermediate event*), yaitu korosi dan penipisan pelat kapal (B1), retak pada struktur kapal (B2), serta deformasi struktur kapal (B3). Hubungan antar kejadian tersebut menggunakan *OR Gate*, yang menunjukkan bahwa munculnya salah satu dari ketiga kondisi tersebut sudah cukup untuk menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian struktur kapal dalam proses survei klasifikasi.

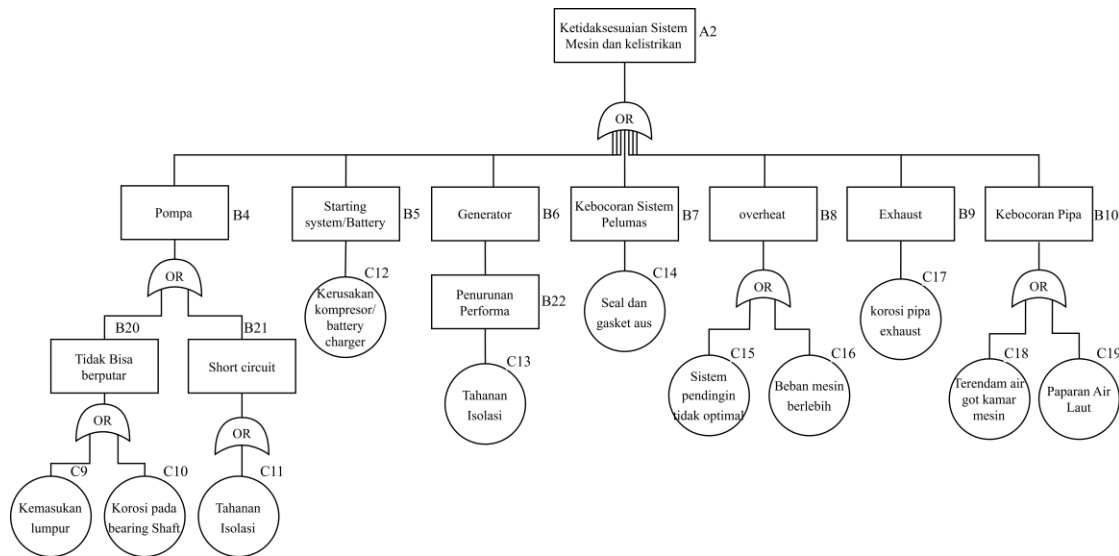
Korosi dan penipisan pelat kapal (B1) merupakan salah satu penyebab dominan yang dapat memengaruhi integritas struktur kapal. Berdasarkan hasil wawancara dan identifikasi risiko, kondisi ini dipengaruhi oleh kualitas *coating* yang kurang optimal (C1), kualitas perlindungan anti korosi yang tidak memadai (B19). Selanjutnya, kualitas perlindungan anti korosi tersebut dipengaruhi oleh beberapa *basic event*, yaitu kualitas material anti korosi yang digunakan (C2), serta jumlah dan cakupan (*coverage*) aplikasi perlindungan anti korosi pada struktur kapal (C3). Apabila salah satu atau beberapa faktor tersebut tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan, maka potensi terjadinya korosi dan penipisan pelat kapal akan semakin meningkat.

Faktor kedua yang menyebabkan ketidaksesuaian struktur kapal adalah retak pada struktur kapal (B2). Berdasarkan diagram FTA, retak struktur dipicu oleh cacat pengelasan (C4) dan adanya tekanan mekanik pada konstruksi (C5). Kondisi ini menunjukkan bahwa retak struktur dipicu oleh kombinasi kedua faktor tersebut, sehingga kualitas pekerjaan pengelasan dan kondisi pembebanan struktur memiliki peranan penting dalam menjaga kekuatan dan keutuhan struktur kapal. Cacat pengelasan yang tidak terdeteksi atau tidak diperbaiki sesuai standar, disertai dengan tekanan mekanik yang berlebihan pada konstruksi, dapat memicu terbentuknya retakan yang berpotensi menurunkan kekuatan struktur serta menjadi temuan (*finding*) pada pelaksanaan survei klasifikasi kapal.

Selain korosi dan retak, deformasi struktur kapal (B3) juga menjadi faktor yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian struktur kapal. Deformasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa *basic event*, yaitu kondisi tempat sandar atau berlabuh yang kurang memadai (C6), kejadian kecelakaan atau tabrakan kapal (C7), serta kondisi area pelayaran yang dangkal, sempit, atau berbatu (C8). Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan perubahan bentuk struktur, kerusakan lokal, maupun tekanan berlebih pada bagian tertentu kapal yang pada akhirnya mengurangi kesesuaian kondisi struktur terhadap standar klasifikasi yang berlaku.

Berdasarkan hasil analisis FTA tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketidaksesuaian struktur kapal tidak hanya dipengaruhi oleh faktor teknis internal seperti kualitas coating, perlindungan anti korosi, dan kualitas pengelasan, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor operasional eksternal seperti lokasi sandar, serta risiko kecelakaan kapal. Oleh karena itu, upaya mitigasi perlu difokuskan pada peningkatan kualitas perlindungan korosi, pengendalian mutu pekerjaan pengelasan, serta pengawasan kondisi operasional kapal untuk meminimalkan munculnya temuan dan rekomendasi pada proses survei klasifikasi kapal.

4.1.2 Ketidaksesuaian Sistem Mesin dan Kelistrikan



Gambar 4.3 Model Grafis *Fault Tree* Faktor Ketidaksesuaian Sistem Mesin (Hasil wawancara, 2026)

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa ketidaksesuaian sistem mesin dan kelistrikan (A2) dipengaruhi oleh tujuh *intermediate event*, yaitu gangguan pada Pompa (B4), kerusakan *starting system* atau baterai (B5), gangguan generator (B6), kebocoran sistem pelumas (B7), temperatur mesin yang tinggi (*overheating*) (B8), kerusakan *exhaust* (B9), dan kebocoran pipa (B10). Seluruh faktor tersebut dihubungkan menggunakan *OR Gate*, yang menunjukkan bahwa salah satu kejadian saja sudah cukup untuk menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian sistem mesin dan kelistrikan pada saat survei klasifikasi kapal.

Gangguan pada Sistem Pompa (B4) merupakan salah satu faktor yang sering ditemukan dalam proses survei. Berdasarkan hasil identifikasi, gangguan tersebut dapat berupa kondisi pompa yang macet (B20) maupun terjadinya *short circuit* (B21). Kondisi macet pada Pompa dipengaruhi oleh masuknya lumpur pada saluran perpipaan (C9) yang menyebabkan pompa tidak mampu bekerja secara optimal. korosi pada bearing shaft (C10) dapat meningkatkan gesekan dan menyebabkan pompa mengalami kemacetan. sedangkan tahanan isolasi yang rendah (C11) dapat menimbulkan gangguan kelistrikan berupa *short circuit* (B21). Apabila kondisi ini tidak segera

ditangani, maka dapat menurunkan keandalan sistem kelistrikan kapal dan berpotensi menimbulkan temuan (*finding*) dalam survei klasifikasi.

Faktor berikutnya adalah kerusakan *starting system* atau baterai (B5). Berdasarkan diagram kondisi ini dipengaruhi oleh Kerusakan kompresor/*battery charger* (C12) dapat mengurangi kemampuan sistem dalam melakukan proses starting mesin dan kerusakan *battery charger* dapat menyebabkan baterai tidak memperoleh pengisian daya yang optimal.

Gangguan generator (B6) juga menjadi salah satu penyebab ketidaksesuaian sistem mesin dan kelistrikan. Pada diagram terlihat bahwa gangguan generator dipicu oleh masalah pada menurunnya performa generator (B22) yang dipengaruhi oleh kurangnya tahanan isolasi generator (C13) maupun terjadinya *short circuit* generator. Kerusakan generator dapat berdampak langsung terhadap kontinuitas pasokan listrik kapal sehingga menjadi salah satu aspek yang mendapatkan perhatian khusus dalam survei klasifikasi.

Selain itu, ketidaksesuaian juga dapat disebabkan oleh kebocoran sistem pelumas (B7). Berdasarkan hasil identifikasi, kondisi ini dipicu oleh keausan pada seal dan gasket (C14). Kebocoran pelumas dapat mengurangi efektivitas sistem pelumasan mesin, meningkatkan gesekan antar komponen, serta mempercepat keausan peralatan. Apabila tidak segera diperbaiki, kondisi tersebut dapat berkembang menjadi kerusakan mesin yang lebih serius.

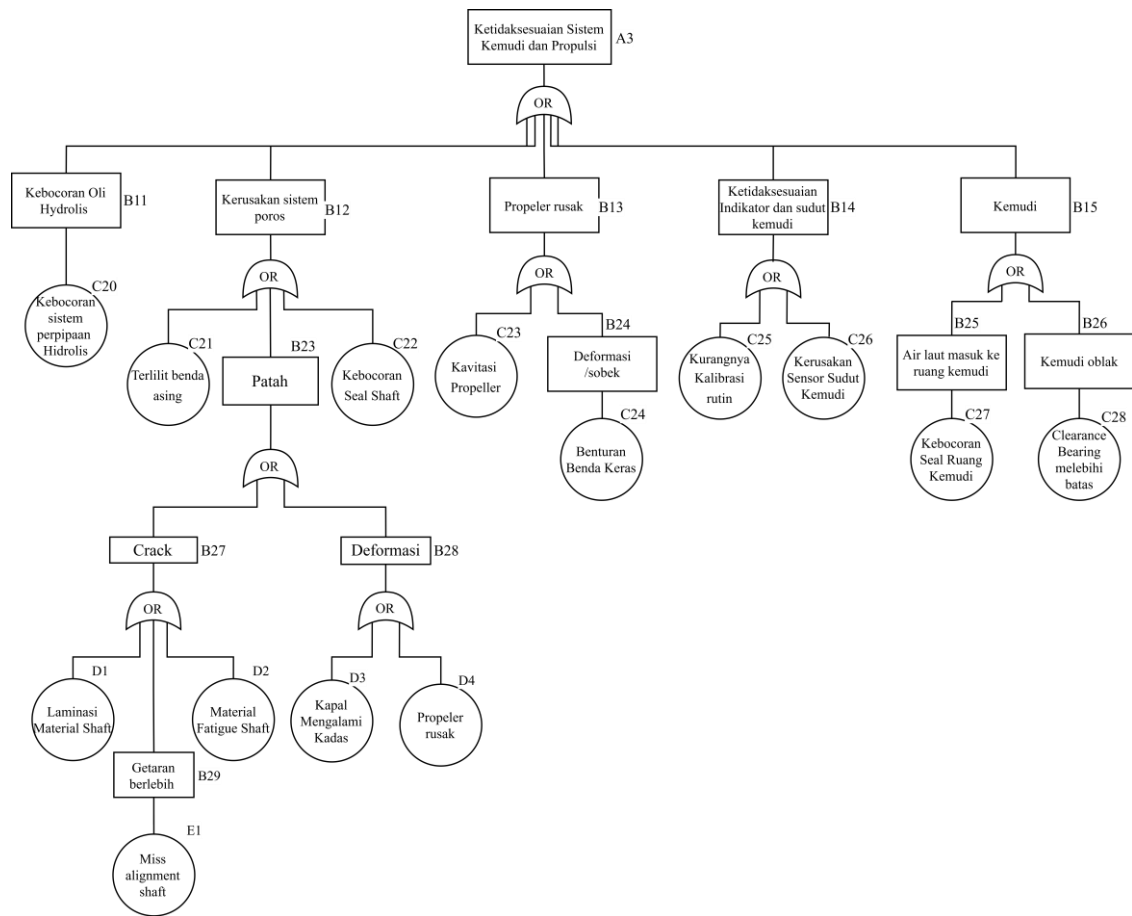
Temperatur mesin yang tinggi (*overheating*) (B8) juga menjadi salah satu faktor penyebab ketidaksesuaian sistem mesin dan kelistrikan. Kondisi ini dipengaruhi oleh sistem pendingin yang tidak bekerja secara optimal (C15) serta beban mesin yang berlebihan (C16). Sistem pendingin yang tidak mampu menjaga temperatur operasi mesin sesuai standar dapat menyebabkan peningkatan suhu komponen mesin, sedangkan beban mesin yang melebihi kapasitas desain dapat mempercepat penurunan performa dan umur peralatan.

Pada sistem *exhaust* (B9), ketidaksesuaian umumnya disebabkan oleh korosi pada pipa *exhaust* (C17) yang dapat menyebabkan penipisan material dan kebocoran gas buang. Kedua kondisi tersebut berpotensi menurunkan keandalan sistem serta membahayakan keselamatan operasional kapal.

Faktor terakhir adalah kebocoran pipa (B10). Berdasarkan diagram FTA, kebocoran pipa dipengaruhi oleh kondisi pipa yang terendam air got kamar mesin (*bilge water*) (C18) maupun paparan air laut secara terus-menerus (C19). Lingkungan yang lembap dan korosif dapat mempercepat proses korosi pada material pipa sehingga meningkatkan risiko kebocoran. Kondisi ini sering ditemukan pada kapal yang memiliki sistem drainase dan pengendalian korosi yang kurang optimal.

Berdasarkan hasil analisis FTA tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketidaksesuaian sistem mesin dan kelistrikan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berkaitan dengan keandalan peralatan, sistem kelistrikan, efektivitas sistem pelumasan, sistem pendingin, serta kondisi lingkungan operasional kapal. Sebagian besar penyebab berasal dari degradasi komponen akibat usia pakai, kurang optimalnya perawatan (*maintenance*), serta kerusakan yang tidak terdeteksi sejak dini. Oleh karena itu, upaya mitigasi perlu difokuskan pada peningkatan program *preventive maintenance*, inspeksi berkala terhadap sistem kelistrikan dan permesinan, pengendalian korosi, serta pemantauan kondisi peralatan secara berkelanjutan guna mengurangi potensi munculnya temuan dan rekomendasi pada proses survei klasifikasi kapal.

4.1.3 Ketidaksesuaian Sistem Kemudi dan Propulsi



Gambar 4.4 Model Grafis *Fault Tree* Faktor Ketidaksesuaian Sistem Kemudi (Hasil wawancara, 2026)

Berdasarkan diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) pada Gambar 4.4, terlihat bahwa ketidaksesuaian sistem kemudi dan propulsi (A3) dipengaruhi oleh lima *intermediate event*, yaitu kebocoran oli hidrolis (B11), kerusakan sistem poros (B12), kerusakan propeller (B13), ketidaksesuaian indikator dan sudut kemudi (B14), serta kerusakan sistem kemudi (B15). Seluruh faktor tersebut dihubungkan menggunakan *OR Gate*, yang menunjukkan bahwa salah satu kejadian saja sudah cukup untuk menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian pada sistem kemudi dan propulsi dalam proses survei klasifikasi kapal.

Kebocoran oli hidrolis (B11) merupakan salah satu faktor yang dapat mengurangi keandalan sistem kemudi. Berdasarkan hasil identifikasi, kondisi ini disebabkan oleh Kebocoran sistem perpipaan Hidrolis (C20). Kerusakan

atau keausan seal hidrolis dapat menyebabkan hilangnya tekanan dalam sistem. Apabila kondisi tersebut tidak segera ditangani, maka kemampuan sistem kemudi dalam merespons perintah pengoperasian dapat terganggu.

Faktor berikutnya adalah kerusakan system poros (B12). Berdasarkan diagram FTA, kerusakan shaft dipengaruhi oleh adanya benda asing yang terlilit pada poros (*shaft*) (C21), kondisi *shaft* patah (B23), serta Kebocoran *Seal Shaft* (C22). Kerusakan berupa shaft patah (B23) selanjutnya dipengaruhi oleh retak (*crack*) (B27) dan deformasi *shaft* (B28). Retak pada shaft dapat terjadi akibat laminasi material *shaft* (D1), kelelahan material (*material fatigue*) (D2), maupun getaran berlebih (B29). Sementara itu, getaran berlebih dipicu oleh *misalignment shaft* (E1). Di sisi lain, deformasi *shaft* dapat disebabkan oleh kapal yang mengalami kandas (D3), serta kerusakan *propeller* (D4). Rangkaian penyebab tersebut menunjukkan bahwa kerusakan shaft merupakan salah satu risiko kritis karena memiliki hubungan penyebab yang paling kompleks dalam sistem propulsi kapal.

Kerusakan *propeller* (B13) juga menjadi salah satu penyebab utama ketidaksesuaian sistem kemudi dan propulsi. Berdasarkan hasil identifikasi, kerusakan *propeller* dapat disebabkan oleh kavitasi *propeller* (C23) maupun deformasi atau sobek pada daun *propeller* (B24). Selanjutnya, deformasi atau sobek pada *propeller* dipengaruhi oleh benturan dengan benda keras (C24). Kondisi tersebut dapat menyebabkan berkurangnya efisiensi propulsi, meningkatnya getaran, serta menurunkan kemampuan kapal dalam menghasilkan daya dorong yang optimal.

Faktor berikutnya adalah ketidaksesuaian indikator dan sudut kemudi (B14). Berdasarkan diagram FTA, kondisi ini dipengaruhi oleh kurangnya kalibrasi rutin (C25), serta kerusakan sensor sudut kemudi (C26). Ketidaksesuaian antara posisi kemudi aktual dan indikator yang ditampilkan dapat menyebabkan kesalahan pengoperasian kapal serta mengurangi tingkat keselamatan navigasi. Oleh karena itu, sistem indikator dan sensor kemudi menjadi salah satu komponen yang mendapatkan perhatian dalam pelaksanaan survei klasifikasi.

Selain itu, ketidaksesuaian sistem kemudi juga dapat disebabkan oleh kerusakan kemudi (B15). Faktor ini dipengaruhi oleh masuknya air laut ke ruang kemudi (B25) dan kondisi kemudi oblak (B26). Masuknya air laut ke ruang kemudi umumnya disebabkan oleh kebocoran seal ruang kemudi (C27), sedangkan kemudi oblak dipengaruhi oleh *clearance bearing* yang melebihi batas toleransi (C28). Kondisi tersebut dapat mengurangi efektivitas sistem kemudi dan meningkatkan risiko kegagalan pengendalian kapal saat beroperasi.

Berdasarkan hasil analisis FTA tersebut, dapat disimpulkan bahwa ketidaksesuaian sistem kemudi dan propulsi dipengaruhi oleh kombinasi faktor mekanis, operasional, dan lingkungan. Faktor yang paling kompleks berasal dari kerusakan *shaft* karena melibatkan berbagai penyebab turunan seperti kelelahan material, getaran berlebih, kerusakan *propeller*, hingga kondisi kandas. Selain itu, kebocoran sistem hidrolis, kerusakan *propeller*, serta ketidaksesuaian sistem kemudi juga berkontribusi terhadap munculnya temuan (*findings*) dan rekomendasi (*recommendations*) pada saat survei klasifikasi kapal. Oleh karena itu, upaya mitigasi perlu difokuskan pada peningkatan program *preventive maintenance*, inspeksi berkala terhadap sistem poros dan *propeller*, pengendalian korosi, kalibrasi sistem kemudi secara rutin, serta pemantauan kondisi komponen propulsi untuk menjaga keandalan sistem dan meminimalkan potensi ketidaksesuaian terhadap standar klasifikasi kapal.

Tabel 4.1 Tabel kode kejadian setiap event fault tree

No.	Kode	Kejadian
1		Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal pada Proses Survei Klasifikasi
2	A1	Ketidaksesuaian Struktur Kapal
3	B1	Korosi dan Penipisan Pelat Kapal
4	C1	Kualitas Coating
5	B19	Kualitas Perlindungan Anti Korosi
6	C2	Kualitas Anti Korosi
7	C3	Jumlah dan Area <i>Coverage</i>
8	B2	Retak
9	C4	Cacat Pengelasan
10	C5	Tekanan Mekanik Pada Konstruksi
11	B3	Deformasi
12	C6	Kondisi Tempat Sandar/Berlabuh

No.	Kode	Kejadian
13	C7	Kecelakaan atau Tabrakan
14	C8	Area Pelayaran Dangkal, Sempit, dan Berbatu
15	B4	Pompa
16	B20	Tidak Bisa berputar
17	C9	Kemasukan lumpur
18	C10	Korosi pada bearing Shaft
19	B21	<i>Short circuit</i>
20	C11	Tahanan Isolasi
21	B5	<i>Starting system/Battery</i>
22	C12	Kerusakan kompresor/ <i>battery charger</i>
23	B6	Generator
24	B22	Penurunan Performa
25	C13	Tahanan Isolasi
26	B7	Kebocoran Sistem Pelumas
27	C14	Seal dan gasket aus
28	B8	<i>Overheat</i>
29	C15	Sistem pendingin tidak optimal
30	C16	Beban mesin berlebih
31	B9	<i>Exhaust</i>
32	C17	korosi pipa exhaust
33	B10	Kebocoran Pipa
34	C18	Terendam air got kamar mesin
35	C19	Paparan Air Laut
36	A3	Ketidaksesuaian Sistem Kemudi dan Propulsi
37	B11	Kebocoran Oli Hidrolis
38	C10	Kebocoran sistem perpipaan Hidrolis
39	B12	Kerusakan sistem poros
40	C21	Terlilit benda asing
41	C22	Kebocoran Seal Shaft
42	B23	Patah
43	B27	Crack
44	D1	Laminasi Material Shaft
45	D2	Material Fatigue Shaft
46	B29	Getaran berlebih
47	E1	<i>Miss alignment shaft</i>
48	B28	Deformasi
49	D3	Kapal Mengalami Kadas
50	D4	Propeler rusak
51	B13	Propeler rusak
52	C23	<i>Kavitasi Propeller</i>
53	B24	Deformasi/sobek
54	C24	Benturan Benda Keras
55	B14	Ketidaksesuaian Indikator dan sudut kemudi

No.	Kode	Kejadian
56	C25	Kurangnya Kalibrasi rutin
57	C26	Kerusakan Sensor Sudut Kemudi
58	B15	Kemudi
59	B25	Air laut masuk ke ruang kemudi
60	C27	Kebocoran Seal Ruang Kemudi
61	B26	Kemudi oblok
62	C28	<i>Clearance Bearing</i> melebihi batas

Sumber: Pengolahan Data, 2026

Pada Tabel 4.1 dijelaskan kode kejadian FTA Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal dengan kode yang telah ditentukan, selanjutnya menentukan nilai *minimal cut set* dengan metode MOCUS. Pengertian dari *cut set* sendiri adalah *basic event* yang bila terjadi akan mengakibatkan terjadinya *TOP Event*. Metode MOCUS didasarkan pada analisis gerbang *AND-Gate* dan *OR-Gate* dimana memiliki pengertian *AND-Gate* meningkatkan jumlah elemen dalam *cut set* sedangkan *OR-Gate* meningkatkan jumlah *cut set*.

Minimal *cut set* merupakan hasil identifikasi kombinasi *basic event* yang dapat menyebabkan terjadinya risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal. Melalui metode *Fault Tree Analysis* (FTA), setiap *top event* diuraikan menjadi beberapa *intermediate event* hingga diperoleh *basic event* yang menjadi akar penyebab terjadinya kegagalan. Setiap *basic event* yang ditampilkan pada tabel 4.2 merupakan minimal *cut set*, yaitu kejadian minimum yang secara langsung berkontribusi terhadap terjadinya *top event*.

Tabel 4.2 Minimal Cut Set dan Basic Event

Tahap	1	2	3	4	5	6	Minimal Cut Set	Nama Kejadian
A	A1	B1	C1				C1	Kualitas Coating
			B19	C2			C2	Kualitas Anti Korosi
				C3			C3	Jumlah dan Area Coverage
		B2	C4, C5				C4, C5	Cacat Pengelasan dan Tekanan mekanik pada konstruksi
		B3	C6				C6	Kondisi Tempat Sandar/Berlabuh
			C7				C7	Kecelakaan atau Tabrakan
			C8				C8	Area Pelayaran Dangkal, Sempit, dan Berbatu
	A2	B4	B20	C9			C9	Kemasukan lumpur
				C10			C10	Korosi pada <i>bearing Shaft</i>
			B21	C11			C11	Tahanan Isolasi Pompa

Tahap	1	2	3	4	5	6	Minimal Cut Set	Nama Kejadian
		B5	C12				C12	Kerusakan Kompresor/ <i>Battery Charger</i>
		B6	B22	C13			C13	Tahanan Isolasi Generator
		B7	C14				C14	Seal dan Gasket Aus
		B8	C15				C15	Sistem Pendingin Tidak Optimal
			C16				C16	Beban Mesin Berlebih
		B9	C17				C17	Korosi Pipa <i>Exhaust</i>
		B10	C18				C18	Terendam Air Got Kamar Mesin
			C19				C19	Paparan Air Laut
	A3	B11	C20				C20	Kebocoran sistem perpipaan Hidrolis
		B12	C21				C21	Terlilit Benda Asing
			C22				C22	Kebocoran <i>Seal Shaft</i>
			B23	B27	D1		D1	Laminasi <i>Material Shaft</i>
					D2		D2	<i>Material Fatigue Shaft</i>
					B29	E1	E1	<i>miss alignment shaft</i>
				B28	D3		D3	Kapal Mengalami Kadas
					D4		D4	Propeler rusak
		B13	C23				C23	Kavitasi Propeller
			B24	C24			C24	Benturan Benda Keras
		B14	C25				C25	Kurangnya Kalibrasi rutin
			C26				C26	Kerusakan Sensor Sudut Kemudi
		B15	B25	C27			C27	Kebocoran Seal Ruang Kemudi
			B26	C28			C28	<i>Clearance Bearing</i> Melebihi Batas

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan Tabel 4.2 diatas menunjukkan Minimal *Cut Set*, diperoleh 32 minimal *cut set* yang tersebar pada empat kelompok risiko utama, yaitu ketidaksesuaian struktur kapal (A1), ketidaksesuaian sistem mesin dan kelistrikan (A2), ketidaksesuaian sistem kemudi dan propulsi (A3), serta faktor *human error* dan kompetensi *crew* (A4).

Pada kelompok A1 (Ketidaksesuaian Struktur Kapal) diperoleh delapan penyebab dasar, yaitu kualitas coating (C1), kualitas anti korosi (C2), jumlah dan area *coverage* pelindung anti korosi (C3), cacat pengelasan dan tekanan mekanik pada konstruksi (C4 dan C5), kondisi tempat sandar atau berlabuh (C6), kecelakaan atau tabrakan (C7), serta area pelayaran dangkal, sempit, dan berbatu (C8). Penyebab-penyebab tersebut menunjukkan bahwa ketidaksesuaian struktur kapal dipengaruhi oleh kualitas perlindungan korosi, mutu konstruksi, dan kondisi operasional kapal.

Pada kelompok A2 (Ketidaksesuaian Sistem Mesin dan Kelistrikan) diperoleh sebelas penyebab dasar yang meliputi kemasukan lumpur ke sistem pendingin (C9), korosi *bearing shaft* pompa (C10), rendahnya tahanan isolasi pompa (C11), kerusakan kompresor atau *battery charger* (C12), rendahnya tahanan isolasi generator (C13), keausan seal dan gasket (C14), sistem pendingin yang tidak optimal (C15), beban mesin berlebih (C16), korosi pipa *exhaust* (C17), komponen yang terendam air got kamar mesin (C18), serta paparan air laut pada sistem perpipaan (C19). Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar risiko pada sistem mesin berasal dari kondisi perawatan peralatan dan lingkungan operasional mesin.

Pada kelompok A3 (Ketidaksesuaian Sistem Kemudi dan Propulsi) diperoleh sepuluh penyebab dasar, yaitu kebocoran sistem perpipaan hidrolis (C20), poros atau propeller terlilit benda asing (C21), kebocoran *seal shaft* (C22), laminasi material shaft (D1), material *fatigue shaft* (D2), *misalignment shaft* (E1), kapal mengalami kandas (D3), kerusakan *propeller* (D4), kavitasi *propeller* (C23), benturan benda keras (C24), kurangnya kalibrasi rutin sistem kemudi (C25), kerusakan sensor sudut kemudi (C26), kebocoran seal ruang kemudi (C27), dan *clearance bearing* melebihi batas (C28). Penyebab-penyebab tersebut menggambarkan bahwa sistem propulsi dan kemudi dipengaruhi oleh kondisi mekanis komponen, lingkungan operasi kapal, serta efektivitas kegiatan pemeliharaan.

Sementara itu, kelompok A4 (Faktor *Human Error* dan Kompetensi *Crew*) tidak ditampilkan pada tabel ini karena interpretasi difokuskan pada tiga kelompok utama yang menjadi objek analisis minimal *cut set*. Namun pada hasil FTA sebelumnya, faktor *human error* tetap diidentifikasi sebagai salah satu penyebab yang dapat memperbesar kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal.

Secara keseluruhan, hasil analisis minimal *cut set* menunjukkan bahwa risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor tunggal, tetapi merupakan hasil interaksi antara kondisi teknis kapal, kualitas material dan konstruksi, efektivitas sistem pemeliharaan, kondisi operasional, serta faktor lingkungan pelayaran. Oleh karena itu, setiap

penyebab dasar yang telah diidentifikasi menjadi dasar dalam penyusunan analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menentukan tingkat prioritas risiko dan merumuskan strategi mitigasi yang tepat.

4.3 Identifikasi Risiko Menggunakan Metode FMEA

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) digunakan untuk mengevaluasi tingkat risiko dari setiap penyebab kegagalan yang telah diidentifikasi melalui *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini mampu menentukan prioritas risiko berdasarkan tiga parameter, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Pada penelitian ini, FMEA diterapkan untuk menganalisis potensi ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal selama proses survei, dengan failure mode yang berasal dari hasil identifikasi *basic event* pada diagram FTA.

Penilaian dilakukan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S) yang menunjukkan tingkat keparahan dampak, *Occurrence* (O) yang menggambarkan kemungkinan terjadinya kegagalan, dan *Detection* (D) yang menunjukkan kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum menimbulkan dampak yang lebih besar. Data diperoleh melalui *expert judgement* terhadap dua responden yang memiliki kompetensi dan pengalaman di bidang survei klasifikasi kapal, dengan memberikan penilaian pada setiap *failure mode* sesuai skala *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

4.3.1 Uji Validitas Instrumen Menggunakan *Content Validity Index* (CVI)

Uji validitas menggunakan *Content Validity Index* (CVI) dilakukan untuk memastikan bahwa setiap butir instrumen atau kuesioner telah sesuai, relevan, dan mampu merepresentasikan aspek yang akan diukur. Metode CVI dipilih karena penilaian dilakukan berdasarkan *expert judgement*, sehingga sangat sesuai digunakan pada penelitian FMEA yang mengandalkan pendapat para ahli dalam menilai tingkat risiko. Dengan demikian, instrumen yang digunakan memiliki validitas isi yang memadai sebelum dilakukan pengumpulan data penelitian.

Uji validitas instrumen pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode CVI melalui penilaian oleh tiga orang *expert judgment* yang memiliki kompetensi dan pengalaman pada bidang survei klasifikasi kapal. Metode CVI digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian, relevansi, dan kejelasan setiap item instrumen terhadap tujuan penelitian.

Penilaian dilakukan menggunakan skala empat poin, yaitu:

- 1 = Tidak relevan
- 2 = Kurang relevan
- 3 = Relevan
- 4 = Sangat relevan

Nilai Item *Content Validity Index* (I-CVI) dihitung dengan membandingkan jumlah ahli yang memberikan penilaian 3 atau 4 terhadap jumlah seluruh ahli. Menurut Lynn (1986), apabila jumlah ahli sebanyak tiga orang, maka nilai I-CVI yang dipersyaratkan adalah 1,00, yang berarti seluruh ahli harus menyatakan item tersebut relevan.

Selain itu, validitas keseluruhan instrumen dihitung menggunakan *Scale Content Validity Index* (S-CVI/Ave), yaitu rata-rata seluruh nilai I-CVI pada setiap item instrumen.

Sum I CVI	32	Sum of UA	32
S-CVI/Average: (Jml of I-CVI)/Jml Item	1	S-CVI/Average: (Jml of I-CVI)/Jml Item	1

Gambar 4.5 Hasil Uji Validitas Menggunakan CVI
Sumber : Pengolahan Data, 2026

Hasil perhitungan pada gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa seluruh item instrumen memperoleh nilai I-CVI sebesar 1,00, sehingga total nilai I-CVI yang diperoleh sebesar 32 dari 32 item yang dinilai. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh *expert* memberikan penilaian relevan atau sangat relevan terhadap setiap pernyataan yang digunakan dalam instrumen penelitian.

Nilai S-CVI/Average sebesar 1,00 menunjukkan bahwa tingkat validitas isi instrumen secara keseluruhan berada pada kategori sangat baik. Nilai tersebut telah memenuhi kriteria yang dikemukakan oleh Lynn (1986), dimana

instrumen dengan tiga orang ahli harus memperoleh nilai I-CVI sebesar 1,00 agar dinyatakan valid.

Selain itu, nilai S-CVI/UA sebesar 1,00 menunjukkan adanya *universal agreement* di antara seluruh *expert* terhadap semua item instrumen. Dengan kata lain, seluruh ahli memberikan penilaian yang sama bahwa setiap pernyataan yang disusun telah sesuai dengan konteks ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal dan mampu merepresentasikan variabel yang diteliti.

Secara keseluruhan, hasil uji validitas menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat validitas isi yang sangat tinggi dan layak digunakan dalam pengumpulan data FMEA. Dengan demikian, seluruh item *failure causes* yang digunakan dalam penelitian dapat dipertahankan dan dilanjutkan pada tahap penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* oleh responden *expert*.

4.3.2 Uji Reliabilitas Klasik Menggunakan JASP

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui tingkat konsistensi jawaban atau penilaian yang diberikan oleh para ahli terhadap instrumen penelitian. Pada penelitian ini, pengujian reliabilitas dilakukan menggunakan pendekatan *Reliability Klasik Analysis* pada perangkat lunak JASP.

Pada penelitian ini, reliabilitas diukur menggunakan dua koefisien, yaitu Cronbach's Alpha (α) dan McDonald's Omega (ω). Cronbach's Alpha digunakan untuk mengukur konsistensi internal antar item, sedangkan McDonald's Omega dianggap mampu memberikan estimasi reliabilitas yang lebih akurat karena memperhitungkan kontribusi masing-masing item terhadap konstruk yang diukur.

Menurut Nunnally dan Bernstein (1994), instrumen dapat dinyatakan reliabel apabila memiliki nilai koefisien reliabilitas $\geq 0,70$. Semakin tinggi nilai koefisien reliabilitas, maka semakin konsisten penilaian yang diberikan oleh responden terhadap instrumen penelitian. Dengan demikian, hasil uji reliabilitas dapat digunakan untuk memastikan bahwa data penilaian *Severity*

(S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) yang diperoleh dari para ahli layak digunakan dalam analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA).

1. Hasil Uji Reliabilitas Klasik *Severity* (S)

Frequentist Scale Reliability Statistics

Coefficient	Estimate	Std. Error	95% CI	
			Lower	Upper
McDonald's ω	0.9768	0.01166	0.9480	0.9909
Cronbach's α	0.9630	0.01518	0.9213	0.9802

Gambar 4.6 Hasil *Severity* Uji Reliabilitas
Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan hasil uji reliabilitas pada gambar 4.6 diatas, diperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,9630 dengan interval kepercayaan (95% CI) antara 0,9213–0,9802. Selain itu, nilai McDonald's Omega (ω) sebesar 0,9768 dengan interval kepercayaan (95% CI) antara 0,9480–0,9909.

Nilai Cronbach's Alpha yang lebih besar dari 0,70 menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat konsistensi internal yang sangat baik, sehingga setiap butir penilaian yang diberikan oleh para *expert* memiliki keterkaitan yang kuat dalam mengukur aspek yang sama. Sementara itu, nilai McDonald's Omega yang juga berada di atas 0,90 menunjukkan bahwa reliabilitas instrumen sangat tinggi dan mampu memberikan hasil pengukuran yang stabil serta konsisten.

Selain itu, nilai standar error yang relatif kecil, yaitu 0,01518 pada Cronbach's Alpha dan 0,01166 pada McDonald's Omega, menunjukkan bahwa estimasi reliabilitas memiliki tingkat ketelitian yang baik. Interval kepercayaan 95% pada kedua koefisien juga berada jauh di atas batas minimum reliabilitas (0,70), sehingga memperkuat bahwa instrumen penelitian memiliki reliabilitas yang tinggi.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa instrumen penilaian yang digunakan untuk memperoleh nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dari para *expert* memiliki tingkat reliabilitas yang sangat tinggi. Dengan demikian, data hasil penilaian *expert* dapat dinyatakan

konsisten dan layak digunakan sebagai dasar dalam analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

2. Hasil Uji Reliabilitas Klasik *Occurrence* (O)

Frequentist Scale Reliability Statistics

Coefficient	Estimate	Std. Error	95% CI	
			Lower	Upper
McDonald's ω	0.9648	0.01249	0.9350	0.9823
Cronbach's α	0.9343	0.01860	0.8868	0.9570

Gambar 4.7 Hasil Occurrence Uji Reliabilitas
Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan hasil uji reliabilitas pada gambar 4.7 *Frequentist Scale Reliability Statistics*, diperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,9343 dengan interval kepercayaan (95% CI) antara 0,8868–0,9570. Selain itu, nilai McDonald's Omega sebesar 0,9648 dengan interval kepercayaan (95% CI) antara 0,9350–0,9823. Nilai Cronbach's Alpha yang lebih besar dari 0,70 menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat konsistensi internal yang sangat baik, sehingga setiap butir penilaian yang diberikan oleh para *expert* memiliki keterkaitan yang kuat dalam mengukur aspek yang sama.

Sementara itu, nilai McDonald's Omega yang berada di atas 0,90 menunjukkan bahwa reliabilitas instrumen sangat tinggi dan mampu memberikan hasil pengukuran yang stabil serta konsisten. Selain itu, nilai standar error yang relatif kecil, yaitu 0,01860 pada Cronbach's Alpha dan 0,01249 pada McDonald's Omega, menunjukkan bahwa estimasi reliabilitas memiliki tingkat ketelitian yang baik. Interval kepercayaan 95% pada kedua koefisien juga berada jauh di atas batas minimum reliabilitas (0,70), sehingga memperkuat bukti bahwa instrumen penelitian memiliki reliabilitas yang tinggi.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa instrumen penilaian yang digunakan untuk memperoleh nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dari para *expert* memiliki tingkat reliabilitas yang sangat tinggi. Dengan demikian, data hasil penilaian *expert* dapat dinyatakan konsisten dan layak digunakan sebagai dasar dalam analisis *Failure Mode and*

Effect Analysis (FMEA).

3. Hasil Uji Reliabilitas Klasik Detection (D)

Frequentist Scale Reliability Statistics

Coefficient	Estimate	Std. Error	95% CI	
			Lower	Upper
McDonald's ω	0.8703	0.03506	0.7905	0.9295
Cronbach's α	0.8245	0.03487	0.7390	0.8752

Gambar 4.8 Hasil *Detection* Uji Reliabilitas

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan hasil uji reliabilitas klasik pada gambar 4.8 *Frequentist Scale Reliability Statistics*, diperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,8245 dengan interval kepercayaan (95% CI) antara 0,7390–0,8752. Selain itu, nilai McDonald's Omega sebesar 0,8703 dengan interval kepercayaan (95% CI) antara 0,7905–0,9295. Nilai Cronbach's Alpha yang lebih besar dari 0,70 menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat konsistensi internal yang baik, sehingga setiap butir penilaian yang diberikan oleh para *expert* memiliki keterkaitan yang kuat dalam mengukur aspek yang sama.

Sementara itu, nilai McDonald's Omega yang juga berada di atas 0,70 menunjukkan bahwa reliabilitas instrumen tinggi dan mampu memberikan hasil pengukuran yang stabil serta konsisten. Selain itu, nilai standard error yang relatif kecil, yaitu 0,03487 pada Cronbach's Alpha dan 0,03506 pada McDonald's Omega, menunjukkan bahwa estimasi reliabilitas memiliki tingkat ketelitian yang baik. Interval kepercayaan 95% pada kedua koefisien juga seluruhnya berada di atas batas minimum reliabilitas (0,70), sehingga memperkuat bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat keandalan yang solid.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa instrumen penilaian yang digunakan untuk memperoleh nilai *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)* dari para *expert* memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi. Dengan demikian, data hasil penilaian *expert* dapat dinyatakan konsisten dan layak digunakan sebagai dasar dalam analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

4.3.3 Risk Priority Number (RPN)

Selanjutnya, dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas risiko dari *setiap failure mode* yang teridentifikasi. Nilai RPN diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

$$RPN = 6,67 \times 7,67 \times 2,00 = 102,22$$

Semakin tinggi nilai RPN yang diperoleh, maka semakin tinggi pula tingkat prioritas risiko yang harus mendapatkan perhatian dan tindakan mitigasi. Sebaliknya, *failure mode* dengan nilai RPN yang rendah menunjukkan bahwa risiko tersebut memiliki prioritas penanganan yang lebih rendah.

Berdasarkan hasil identifikasi melalui FTA, diperoleh beberapa *failure mode* yang berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal, antara lain korosi dan penipisan pelat kapal, retak dan deformasi struktur, kerusakan sistem perpompaan, kebocoran sistem pelumas, temperatur mesin yang tinggi, kerusakan sistem propulsi, ketidaksesuaian sistem kemudi, serta faktor human error dan kompetensi awak kapal.

Hasil analisis FMEA selanjutnya digunakan untuk menentukan *failure mode* yang memiliki tingkat risiko tertinggi sehingga dapat dijadikan dasar dalam penyusunan strategi mitigasi risiko guna meminimalkan terjadinya temuan (*finding*) pada pelaksanaan survei klasifikasi kapal.

Tabel 4.3 Tabel Hasil FMEA

No	Failure Mode	Effect Of Failure Mode	Kode	Cause Of Failure Mode	S	<u>Q</u>	D	RPN
1	Ketidaksesuaian Struktur Kapal	Menurunnya kekuatan struktur kapal yang menyebabkan temuan pada survei klasifikasi.	C1	Kualitas Coating	6,67	7,67	2,00	102,22
			C2	Kualitas Anti Korosi	6,33	5,67	3,33	119,63
			C3	Jumlah dan Area Coverage	6,33	5,33	3,67	123,85
			C4, C5	Cacat Pengelasan dan Tekanan mekanik pada konstruksi	8,00	3,33	2,67	71,11
			C6	Kondisi Tempat Sandar /Berlabuh	5,00	6,00	3,33	100,00
			C7	Kecelakaan atau Tabrakan	9,67	5,33	2,67	137,48

No	Failture Mode	Effect Of Failture Mode	Kode	Cause Of Failture Mode	S	Q	D	RPN
			C8	Area Pelayaran Dangkal, Sempit, dan Berbatu	8,67	5,67	2,67	130,96
2	Ketidakseuaian Sistem Mesin dan Kelistrikan	Terganggunya operasional sistem mesin dan kelistrikan yang menyebabkan ketidaksesuaian pada survei klasifikasi.	C9	Kemasukan lumpur	7,67	4,33	1,33	44,30
			C10	Korosi pada bearing Shaft	6,67	6,33	1,33	56,30
			C11	Tahanan Isolasi Pompa	7,33	6,33	1,33	61,93
			C12	Kerusakan Kompresor/ Battery Charger	9,00	7,00	2,67	168,00
			C13	Tahanan Isolasi Generator	7,67	6,33	3,33	161,85
			C14	Seal dan Gasket Aus	8,00	6,67	1,33	71,11
			C15	Sistem Pendingin Tidak Optimal	8,67	6,00	1,33	69,33
			C16	Beban Mesin Berlebih	9,33	5,00	1,33	62,22
			C17	Korosi Pipa Exhaust	3,67	5,67	3,33	69,26
			C18	Terendam Air Got Kamar Mesin	7,00	5,33	2,67	99,56
			C19	Paparan Air Laut	7,33	7,67	1,67	93,70
3	Ketidakseuaian Sistem Kemudi dan Propulsi	Menurunnya kemampuan manuver kapal yang menyebabkan gangguan keselamatan pelayaran.	C20	Kebocoran sistem perpipaan Hidrolis	7,67	5,33	2,67	109,04
			C21	Terlilit Benda Asing	6,67	5,33	2,67	94,81
			C22	Kebocoran Seal Shaft	5,67	5,33	2,33	70,52
			D1	Laminasi Material Shaft	8,00	2,33	1,33	24,89
			D2	Material Fatigue Shaft	8,00	2,00	1,33	21,33
			E1	miss alignment shaft	8,33	3,00	2,67	66,67
			D3	Kapal Mengalami Kadas	8,33	2,67	1,33	29,63
			D4	Propeler rusak	8,00	6,00	3,33	160,00
			C23	Kavitasi Propeller	5,67	7,67	2,33	101,37
			C24	Benturan Benda Keras	8,33	5,67	2,67	125,93
			C25	Kurangnya Kalibrasi rutin	4,67	6,33	2,67	78,81
			C26	Kerusakan Sensor Sudut Kemudi	6,33	4,67	3,33	98,52
			C27	Kebocoran Seal Ruang Kemudi	6,33	5,33	2,67	90,07
			C28	Clearance Bearing Melebihi Batas	7,00	5,67	2,67	105,78

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan hasil penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) pada Tabel 4.3 FMEA, diperoleh beberapa penyebab kegagalan yang memiliki tingkat risiko yang berbeda-beda pada aspek struktur kapal, sistem mesin dan kelistrikan, serta sistem kemudi dan propulsi. Nilai S menunjukkan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan, nilai O menunjukkan frekuensi kejadian, sedangkan nilai D menggambarkan tingkat kesulitan pendeteksian kegagalan.

Pada ketidaksesuaian struktur kapal, penyebab yang memiliki tingkat keparahan tertinggi adalah kecelakaan atau tabrakan (C7) dengan nilai S = 9,67, yang menunjukkan bahwa kejadian tersebut dapat memberikan dampak yang sangat serius terhadap kekuatan struktur kapal. Selain itu, area pelayaran dangkal, sempit, dan berbatu (C8) juga memiliki nilai severity yang tinggi yaitu S = 8,67. Dari sisi deteksi, kemasukan lumpur (C9) memiliki nilai D = 9,33, yang menunjukkan bahwa kondisi tersebut relatif sulit dideteksi sebelum menimbulkan kerusakan pada struktur kapal.

Pada ketidaksesuaian sistem mesin dan kelistrikan, nilai *severity* tertinggi terdapat pada beban mesin berlebih (C16) dengan nilai S = 9,67, diikuti oleh kerusakan kompresor atau battery charger (C12) dengan nilai S = 9,00. Sementara itu, sistem pendingin yang tidak optimal (C15) dan beban mesin berlebih (C16) memiliki nilai deteksi tertinggi yaitu D = 10,00, yang menunjukkan bahwa kedua kegagalan tersebut cukup sulit diketahui pada tahap awal sebelum menyebabkan gangguan pada sistem mesin.

Pada ketidaksesuaian sistem kemudi dan propulsi, penyebab yang memiliki tingkat keparahan tertinggi adalah *misalignment shaft* (E1) dan kapal mengalami kandas (D3) dengan nilai S = 8,33. Selain itu, propeller rusak (D4) juga memiliki dampak yang cukup besar dengan nilai S = 8,00. Dari aspek deteksi, *misalignment shaft* (E1) dan kavitasi *propeller* (C23) memiliki nilai D = 9,33, yang menunjukkan bahwa kerusakan tersebut relatif sulit dideteksi tanpa inspeksi dan monitoring yang memadai.

Secara umum, hasil FMEA menunjukkan bahwa beberapa penyebab kegagalan memiliki nilai severity dan detection yang tinggi, terutama pada sistem mesin serta sistem propulsi kapal. Kondisi ini mengindikasikan bahwa

kegagalan tersebut dapat menimbulkan dampak yang serius terhadap keselamatan dan operasional kapal serta sulit dideteksi pada tahap awal. Oleh karena itu, hasil penilaian S, O, dan D selanjutnya digunakan untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar dalam menentukan prioritas mitigasi risiko.

Semakin tinggi nilai RPN yang diperoleh, maka semakin tinggi pula prioritas penanganan yang harus dilakukan. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa ketidaksesuaian standar klasifikasi tidak hanya dipengaruhi oleh kerusakan teknis pada struktur, mesin, dan propulsi, tetapi juga dipengaruhi oleh efektivitas pemeliharaan, inspeksi rutin, serta kemampuan deteksi dini terhadap potensi kerusakan yang terjadi pada kapal.

Tabel 4.4 Tabel Hasil Perangkingan RPN

No	Kode	<i>Cause Of Faillure Mode</i>	RPN	Ranking
1	C12	Kerusakan Kompresor/Battery Charger	168,00	1
2	C13	Tahanan Isolasi Generator	161,85	2
3	D4	Propeler rusak	160,00	3
4	C7	Kecelakaan atau Tabrakan	137,48	4
5	C8	Area Pelayaran Dangkal, Sempit, dan Berbatu	130,96	5
6	C24	Benturan Benda Keras	125,93	6
7	C3	Jumlah dan Area Coverage	123,85	7
8	C2	Kualitas Anti Korosi	119,63	8
9	C20	Kebocoran sistem perpipaan Hidrolis	109,04	9
10	C28	Clearance Bearing Melebihi Batas	105,78	10
11	C1	Kualitas Coating	102,22	11
12	C23	Kavitasi Propeller	101,37	12
13	C6	Kondisi Tempat Sandar/Berlabuh	100,00	13
14	C18	Terendam Air Got Kamar Mesin	99,56	14
15	C26	Kerusakan Sensor Sudut Kemudi	98,52	15
16	C21	Terlilit Benda Asing	94,81	16
17	C19	Paparan Air Laut	93,70	17
18	C27	Kebocoran Seal Ruang Kemudi	90,07	18
19	C25	Kurangnya Kalibrasi rutin	78,81	19
20	C4, C5	Cacat Pengelasan dan Tekanan mekanik pada konstruksi	71,11	20
21	C14	Seal dan Gasket Aus	71,11	20
22	C22	Kebocoran Seal Shaft	70,52	22
23	C15	Sistem Pendingin Tidak Optimal	69,33	23
24	C17	Korosi Pipa Exhaust	69,26	24
25	E1	miss alignment shaft	66,67	25

No	Kode	Cause Of Faillure Mode	RPN	Ranking
26	C16	Beban Mesin Berlebih	62,22	26
27	C11	Tahanan Isolasi Pompa	61,93	27
28	C10	Korosi pada bearing Shaft	56,30	28
29	C9	Kemasukan lumpur	44,30	29
30	D3	Kapal Mengalami Kadas	29,63	30
31	D1	Laminasi Material Shaft	24,89	31
32	D2	Material Fatigue Shaft	21,33	32

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada Tabel 4.4 Perangkingan FMEA, diperoleh urutan prioritas risiko yang digunakan untuk menentukan penyebab kegagalan yang memerlukan tindakan mitigasi terlebih dahulu. Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Semakin tinggi nilai RPN, maka semakin tinggi tingkat prioritas penanganannya.

Hasil perangkingan menunjukkan bahwa sistem pendingin tidak optimal (C15) merupakan penyebab kegagalan dengan tingkat risiko tertinggi dengan nilai RPN sebesar 520,00 dan menempati peringkat pertama. Kondisi ini menunjukkan bahwa gangguan pada sistem pendingin memiliki dampak yang serius terhadap operasional mesin kapal, cukup sering terjadi, serta relatif sulit dideteksi pada tahap awal.

Risiko tertinggi berikutnya adalah kerusakan kompresor atau *battery charger* (C12) dengan nilai RPN sebesar 493,00, disusul oleh seal dan gasket aus (C14) dengan nilai 423,11. Tingginya nilai RPN pada ketiga penyebab tersebut menunjukkan bahwa sistem permesinan dan sistem pendukung mesin merupakan area yang memerlukan perhatian khusus dalam kegiatan perawatan dan inspeksi.

Pada kelompok risiko tinggi lainnya, area pelayaran dangkal, sempit, dan berbatu (C8) memiliki nilai RPN sebesar 392,89, diikuti oleh beban mesin berlebih (C16) sebesar 386,67, benturan benda keras (C24) sebesar 385,19, serta *propeller* rusak (D4) sebesar 384,00. Nilai tersebut menunjukkan bahwa faktor operasional kapal dan kondisi lingkungan pelayaran turut memberikan kontribusi yang signifikan terhadap terjadinya ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal.

Selanjutnya, beberapa penyebab kegagalan yang juga memiliki tingkat risiko cukup tinggi antara lain kualitas coating (C1) dengan nilai RPN sebesar 376,52, kavitasi propeller (C23) sebesar 333,93, paparan air laut (C19) sebesar 333,33, korosi pada *bearing shaft* (C10) sebesar 327,41, serta kebocoran sistem perpipaan hidrolis (C20) sebesar 319,44. Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor korosi dan kerusakan komponen akibat lingkungan laut masih menjadi permasalahan yang dominan pada kapal.

Di sisi lain, terdapat beberapa penyebab kegagalan yang memiliki nilai RPN relatif rendah, seperti korosi pipa exhaust (C17) dengan nilai 57,04, kerusakan sensor sudut kemudi (C26) sebesar 83,74, laminasi material *shaft* (D1) sebesar 97,78, serta material *fatigue shaft* (D2) sebesar 112,00. Meskipun memiliki tingkat prioritas yang lebih rendah dibandingkan risiko lainnya, penyebab kegagalan tersebut tetap memerlukan pengendalian untuk mencegah terjadinya peningkatan risiko di masa mendatang.

Secara keseluruhan, hasil perangkingan FMEA menunjukkan bahwa risiko dominan dalam ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal banyak berasal dari sistem permesinan, sistem pendingin, sistem propulsi, serta kondisi operasional kapal. Oleh karena itu, tindakan mitigasi perlu difokuskan pada penyebab kegagalan dengan nilai RPN tertinggi agar potensi munculnya temuan atau rekomendasi pada saat survei klasifikasi dapat diminimalkan.

4.2.4 Matriks Risiko

Setelah diperoleh nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D), dan *Risk Priority Number* (RPN) melalui metode FMEA, Mengingat metode FMEA konvensional memiliki keterbatasan dalam penggunaan *Risk Priority Number* (RPN), terutama karena kombinasi nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* yang berbeda dapat menghasilkan nilai RPN yang sama, maka hasil perangkingan RPN pada penelitian ini dilengkapi dengan pemetaan menggunakan matriks risiko *Severity - Occurrence*. Pendekatan ini bertujuan untuk melakukan validasi silang (*cross-check*) terhadap prioritas risiko sekaligus memberikan visualisasi tingkat risiko berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan kejadian. Dengan demikian, penyebab kegagalan yang

memiliki nilai RPN tinggi dan sekaligus berada pada kategori *High Risk* pada matriks risiko ditetapkan sebagai prioritas utama dalam penyusunan usulan mitigasi. Pendekatan ini sejalan dengan perkembangan metode FMEA yang banyak mengombinasikan RPN dengan teknik evaluasi risiko lainnya untuk meningkatkan akurasi penentuan prioritas risiko. Dengan demikian, perusahaan dapat lebih mudah menentukan prioritas mitigasi terhadap penyebab kegagalan yang memiliki tingkat risiko paling tinggi.

OCCURRENCE	10										
	9										
	8						C23	C1 C19			
	7								C14	C12	
	6				C17	C6 C25	C2	C10 C11 C28	C13 D4 C24	C8 C15	
	5						C3 C22 C26 C27	C18 C21	C20	C16	C7
	4								C9		
	3								C4, C5 E1 D3		
	2								D1 D2		
	1										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		SEVERITY									

Gambar 4.9 Matriks Risiko
(Hasil Pengolahan Data, 2026)

Berdasarkan pada gambar 4.9 matriks risiko *Severity–Occurrence* di atas, diketahui bahwa seluruh penyebab kegagalan (*cause of failure mode*) berada pada kategori High Risk. Hal ini menunjukkan bahwa setiap penyebab kegagalan memiliki tingkat keparahan (*Severity*) dan kemungkinan terjadinya (*Occurrence*) yang cukup tinggi sehingga memerlukan perhatian dan tindakan mitigasi.

Penyebab kegagalan dengan tingkat risiko paling tinggi berada pada bagian atas matriks, yaitu C16 (Beban mesin berlebih) dan C7 (Kecelakaan atau tabrakan) yang memiliki nilai *severity* sangat tinggi. Selain itu, beberapa penyebab lain seperti E1 (*Misalignment shaft*), D3 (Kapal mengalami kandas), C8 (Area pelayaran dangkal, sempit, dan berbatu), C12 (Kerusakan kompresor/*battery charger*), C15 (Sistem pendingin tidak optimal), dan C24

(Benturan benda keras) juga berada pada zona merah, sehingga menjadi prioritas utama dalam penyusunan strategi mitigasi risiko.

Sementara itu, beberapa penyebab seperti C6 (Kondisi tempat sandar/berlabuh), C17 (Korosi pipa *exhaust*), C22 (Kebocoran *seal shaft*), C25 (Kurangunya kalibrasi rutin), dan C26 (Kerusakan sensor sudut kemudi) berada pada area kuning. Meskipun tingkat risikonya relatif lebih rendah dibandingkan penyebab lainnya, faktor-faktor tersebut tetap memerlukan pengendalian agar tidak berkembang menjadi risiko yang lebih besar.

Secara keseluruhan, hasil pemetaan matriks menunjukkan bahwa risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal pada proses survei didominasi oleh faktor-faktor teknis yang memiliki dampak besar terhadap keselamatan, keandalan sistem, dan kelancaran operasional kapal. Oleh karena itu, perusahaan perlu memprioritaskan tindakan mitigasi pada penyebab kegagalan yang berada di zona merah, disertai program pemeliharaan preventif, inspeksi berkala, serta peningkatan kualitas pengawasan selama proses survei klasifikasi kapal.

Tabel 4.5 Tabel Hasil Kategori Berdasarkan Matriks

No	Kode	<i>Cause Of failre Mode</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	Kategori Risiko
1	C1	Kualitas coating yang tidak sesuai standar menyebabkan korosi dan penipisan pelat kapal.	6,7	7,7	High
2	C2	Penggunaan material anti korosi yang berkualitas rendah meningkatkan risiko korosi struktur kapal.	6,3	5,7	Medium
3	C3	Cakupan perlindungan anti korosi yang tidak merata menyebabkan korosi pada area struktur kapal.	6,3	5,3	Medium
4	C4, C5	Cacat pengelasan dan tekanan mekanik pada konstruksi yang tinggi menyebabkan retak pada struktur kapal.	8,0	3,3	Medium
5	C6	Kondisi tempat sandar atau berlabuh yang tidak memadai menyebabkan deformasi struktur kapal.	5,0	6,0	Medium
6	C7	Kecelakaan atau tabrakan menyebabkan deformasi pada struktur kapal.	9,7	5,3	High
7	C8	kapal kandas pada area berkarang atau berbatu menyebabkan deformasi struktur kapal.	8,7	5,7	High

No	Kode	Cause Of faillre Mode	Severity	Occurrence	Kategori Risiko
8	C9	Lumpur masuk kedalam saluran air laut menyebabkan kerusakan sistem perpompaan	7,7	4,3	Medium
9	C10	Korosi pada Bearing Shaft pompa menyebabkan pompa macet	6,7	6,3	Medium
10	C11	Tahanan isolasi pompa rendah menyebabkan Short Circuit	7,3	6,3	Medium
11	C12	Kerusakan baterai/kompresor menyebabkan sistem starting tidak berfungsi	9,0	7,0	High
12	C13	Tahanan isolasi rendah menyebabkan Penurunan performa generator	7,7	6,3	High
13	C14	Seal dan gasket yang aus menyebabkan kebocoran sistem pelumas.	8,0	6,7	High
14	C15	Sistem pendingin yang tidak optimal menyebabkan overhear	8,7	6,0	High
15	C16	Beban mesin yang berlebihan menyebabkan overheating pada mesin.	9,3	5,0	High
16	C17	Korosi pada pipa exhaust menyebabkan kebocoran gas buang.	3,7	5,7	Medium
17	C18	Terendamnya komponen oleh air got kamar mesin mempercepat korosi pada sistem perpipaan.	7,0	5,3	Medium
18	C19	Pipa yang digunakan untuk aliran air laut mempercepat korosi pada sistem perpipaan.	7,3	7,7	High
19	C20	Kebocoran sistem perpipaan menyebabkan kehilangan tekanan hidrolis sistem kemudi	7,7	5,3	Medium
20	C21	Shaft atau propeller yang terlilit benda asing menyebabkan kerusakan sistem poros.	6,7	5,3	Medium
21	C22	Kebocoran Seal Shaft menyebabkan air masuk kedalam sistem pelumasan poros	5,7	5,3	Medium
22	D1	Laminasi pada material menyebabkan shaft patah	8,0	2,3	Medium
23	D2	Material fatigue pada shaft menyebabkan retak pada shaft.	8,0	2,0	Medium
24	E1	Misalignment shaft menyebabkan getaran berlebih pada sistem poros.	8,3	3,0	Medium
25	D3	Kapal yang mengalami kandas menyebabkan deformasi shaft.	8,3	2,7	Medium
26	D4	Kerusakan propeller menyebabkan ketidakseimbangan putaran sistem propulsi.	8,0	6,0	High
27	C23	Kavitasi propeller menyebabkan erosi pada permukaan propeller.	5,7	7,7	High

No	Kode	<i>Cause Of failre Mode</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	Kategori Risiko
28	C24	Benturan propeller dengan benda keras menyebabkan kerusakan propeller.	8,3	5,7	High
29	C25	Kalibrasi sistem kemudi yang tidak dilakukan secara rutin menyebabkan penyimpangan pembacaan sudut kemudi.	4,7	6,3	Medium
30	C26	Kerusakan sensor sudut kemudi menyebabkan kesalahan informasi posisi kemudi.	6,3	4,7	Medium
31	C27	Kebocoran seal ruang kemudi menyebabkan masuknya air ke ruang kemudi.	6,3	5,3	Medium
32	C28	Clearance bearing yang melebihi batas menyebabkan kemudi oblok.	7,0	5,7	Medium

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan Tabel 4.5 diatas seluruh *cause of failure* mode yang telah diidentifikasi berada pada kategori *High Risk*. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh penyebab kegagalan memiliki tingkat dampak maupun peluang kejadian yang cukup tinggi sehingga memerlukan perhatian dan tindakan pengendalian dari perusahaan.

Penyebab kegagalan yang memiliki nilai *severity* tertinggi adalah kecelakaan atau tabrakan yang menyebabkan deformasi struktur kapal (C7) dengan nilai *severity* sebesar 9,7, diikuti oleh beban mesin yang berlebihan (C16) sebesar 9,3, serta kerusakan baterai atau kompresor yang menyebabkan sistem starting tidak berfungsi (C12) dengan nilai 9,0. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kegagalan yang terjadi dapat menimbulkan dampak yang sangat serius terhadap keselamatan, operasional kapal, maupun kelancaran proses survei klasifikasi.

Dari sisi kemungkinan kejadian (*occurrence*), beberapa penyebab kegagalan memiliki nilai tertinggi sebesar 7,7, yaitu kualitas coating yang tidak sesuai standar (C1), pipa yang digunakan untuk aliran air laut mempercepat korosi pada sistem perpipaan (C19), dan kavitasi *propeller* yang menyebabkan erosi pada permukaan *propeller* (C23). Hal ini mengindikasikan bahwa penyebab kegagalan tersebut relatif sering ditemukan atau berpotensi besar terjadi pada kapal yang menjalani survei klasifikasi.

Selain faktor teknis, hasil pemetaan risiko juga menunjukkan bahwa aspek pemeliharaan dan pengawasan turut memberikan kontribusi terhadap timbulnya ketidaksesuaian. Misalnya, kalibrasi sistem kemudi yang tidak dilakukan secara rutin (C25) dan kerusakan sensor sudut kemudi (C26) yang dapat memengaruhi keandalan sistem kemudi kapal.

Secara keseluruhan, hasil pemetaan risiko ini menunjukkan bahwa ketidaksesuaian dalam survei klasifikasi kapal tidak hanya disebabkan oleh kerusakan komponen atau kegagalan sistem, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor operasional, pemeliharaan, dan kondisi lingkungan operasi kapal. Oleh karena itu, perusahaan perlu memfokuskan upaya mitigasi pada penyebab kegagalan yang memiliki tingkat keparahan dan kemungkinan kejadian yang tinggi.

Hasil pengelompokan risiko ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan usulan perbaikan dan strategi mitigasi risiko. Prioritas perbaikan diberikan pada penyebab kegagalan yang memiliki tingkat risiko tertinggi agar potensi ketidaksesuaian pada proses survei klasifikasi kapal dapat diminimalkan dan keselamatan serta keandalan operasional kapal dapat ditingkatkan.

4.4 Usulan Mitigasi Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal

Untuk memperkuat penentuan prioritas risiko, hasil perangkaan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) selanjutnya dicocokkan dengan matriks risiko (*risk matrix*). Pencocokan ini dilakukan untuk membandingkan konsistensi hasil identifikasi risiko dari dua pendekatan yang berbeda. Nilai RPN digunakan untuk menentukan prioritas berdasarkan kombinasi tiga parameter, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), sedangkan matriks risiko mengelompokkan tingkat risiko berdasarkan kombinasi *Severity* (S) dan *Occurrence* (O). Melalui pencocokan tersebut dapat diketahui penyebab kegagalan yang secara konsisten berada pada tingkat risiko tinggi, sehingga dapat dijadikan prioritas utama dalam penyusunan usulan mitigasi risiko.

Tabel 4.6 Tabel Hasil Pencocokan RPN dan Matriks

Ranking RPN	Kode	<i>Cause of Failure Mode</i>	Nilai RPN	Posisi pada Matriks Risiko	Kategori Risiko
1	C12	Kerusakan Kompresor / Battery Charger	168,00	Severity 9 – Occurrence 7	High
2	C13	Tahanan Isolasi Generator	161,85	Severity 8 – Occurrence 6	High
3	D4	Propeller rusak	160,00	Severity 8 – Occurrence 6	High
4	C7	Kecelakaan atau Tabrakan	137,48	Severity 10 – Occurrence 5	High
5	C8	Area Pelayaran Dangkal, Sempit, dan Berbatu	130,96	Severity 9 – Occurrence 6	High
6	C24	Benturan Benda Keras	125,93	Severity 8 – Occurrence 6	High

Sumber : Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan tabel 4.6 Hasil pencocokan diatas menunjukkan bahwa dari 10 penyebab kegagalan dengan nilai RPN tertinggi, hanya terdapat enam penyebab kegagalan yang juga berada pada kategori *High* pada matriks risiko, yaitu C12 (Kerusakan Kompresor/*Battery Charger*), C13 (Tahanan Isolasi Generator), D4 (*Propeller* Rusak), C7 (Kecelakaan atau Tabrakan), C8 (Area Pelayaran Dangkal, Sempit, dan Berbatu), serta C24 (Benturan Benda Keras). Keenam penyebab kegagalan tersebut memiliki tingkat keparahan dan peluang kejadian yang sama-sama tinggi sehingga konsisten menjadi risiko prioritas baik berdasarkan nilai RPN maupun matriks risiko.

Sementara itu, empat penyebab kegagalan lainnya, yaitu C3, C2, C20, dan C28, meskipun termasuk dalam 10 besar nilai RPN, berada pada kategori *Medium* pada matriks risiko. Perbedaan ini terjadi karena nilai RPN dihitung berdasarkan tiga parameter (*Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*), sedangkan matriks risiko hanya mempertimbangkan *Severity* dan *Occurrence*. Nilai *Detection* yang tinggi menyebabkan keempat penyebab kegagalan tersebut tetap memperoleh nilai RPN yang tinggi meskipun tingkat peluang kejadiannya tidak cukup tinggi untuk masuk ke zona *High* pada matriks risiko.

Berdasarkan hasil tersebut, risiko yang menjadi prioritas utama untuk diberikan usulan mitigasi adalah enam penyebab kegagalan yang konsisten memiliki nilai RPN tinggi dan berada pada zona High matriks risiko, yaitu kerusakan kompresor/*battery charger* (C12), tahanan isolasi generator (C13), *propeller* rusak (D4), kecelakaan atau tabrakan (C7), area pelayaran dangkal,

sempit, dan berbatu (C8), serta benturan benda keras (C24). Keenam risiko tersebut berpotensi memberikan dampak yang besar terhadap proses survei klasifikasi kapal sehingga memerlukan tindakan pengendalian yang lebih diprioritaskan

Tabel 4.7 Tabel Hasil Usulan Mitigasi Risiko

No	Kode	Cause of Failure Mode	Mitigasi Risiko	Persiapan yang Harus Dilakukan
1	C12	Kerusakan kompresor/battery charger menyebabkan sistem starting tidak berfungsi	Meningkatkan kesiapan sistem starting melalui penerapan program pemeliharaan terencana (Planned Maintenance System/PMS) serta penguatan pembinaan teknis dan sosialisasi pra-survei oleh badan klasifikasi kepada perusahaan pelayaran, pemilik kapal, dan galangan kapal agar seluruh persyaratan teknis dapat dipenuhi sebelum pelaksanaan survei.	1. Memverifikasi tegangan baterai, arus pengisian (charging current), serta kondisi kapasitas baterai sesuai spesifikasi pabrikan. 2. Melakukan pengujian fungsi battery charger, automatic change over, dan automatic starting sequence untuk memastikan sistem starting bekerja secara otomatis. 3. Memeriksa tekanan starting air receiver, kinerja air compressor, serta memastikan tidak terdapat kebocoran pada sistem udara tekan. 4. Melakukan pemeriksaan dan pembersihan terminal baterai, koneksi kabel, serta memastikan tidak terdapat korosi, kelonggaran sambungan, maupun penurunan tahanan kontak. 5. Memastikan seluruh komponen kritis seperti baterai, relay, fuse, charger, contactor, dan terminal tersedia sebagai spare part sesuai daftar inventaris. 6. Menyiapkan riwayat preventive maintenance, hasil uji fungsi sistem starting, laporan penggantian komponen, dan catatan pengujian untuk verifikasi surveyor.
2	C13	Tahanan isolasi generator rendah menyebabkan penurunan	Meningkatkan pemeliharaan preventif generator serta sosialisasi dan pembinaan teknis pra-survei oleh badan klasifikasi untuk	1. Melaksanakan Insulation Resistance Test (Megger Test) dan membandingkan hasilnya dengan nilai minimum yang dipersyaratkan. 2. Membersihkan winding generator menggunakan metode yang sesuai agar bebas dari debu, minyak, dan

No	Kode	<i>Cause of Failure Mode</i>	Mitigasi Risiko	Persiapan yang Harus Dilakukan
		performa generator	memastikan pemenuhan persyaratan klasifikasi.	kelembapan. 3. Mengevaluasi kondisi AVR, terminal listrik, kabel daya, dan sistem grounding. 4. Melaksanakan load test untuk mengetahui kemampuan generator menerima beban kerja. 5. Mengarsipkan hasil pengujian isolasi, load test, dan log pemeliharaan generator sebagai dokumen pendukung survei.
3	D4	Kerusakan propeller menyebabkan ketidakseimbangan putaran sistem propulsi	Meningkatkan inspeksi berkala sistem propulsi serta sosialisasi dan pembinaan teknis pra-survei oleh badan klasifikasi untuk memastikan kondisi propeller memenuhi persyaratan klasifikasi.	1. Melaksanakan inspeksi bawah air (underwater inspection) atau docking untuk mengetahui kondisi propeller secara menyeluruh. 2. Mengidentifikasi adanya retak, deformasi, kavitasi, atau erosi pada setiap blade propeller. 3. Melakukan analisis getaran (vibration analysis) untuk mengetahui adanya ketidakseimbangan putaran. 4. Melakukan pengecekan shaft alignment serta kondisi bearing dan stern tube. 5. Memperbaiki atau mengganti propeller apabila kerusakan melebihi batas toleransi klasifikasi. 6. Mendokumentasikan hasil inspeksi beserta tindakan perbaikan sebagai referensi pada saat survei.
4	C7	Kecelakaan atau tabrakan menyebabkan deformasi struktur kapal	Meningkatkan pengendalian navigasi dan memastikan tindak lanjut inspeksi pasca insiden sesuai persyaratan klasifikasi.	1. Menyusun voyage plan dengan mempertimbangkan kondisi alur pelayaran dan potensi bahaya navigasi 2. Memastikan seluruh peralatan navigasi seperti Radar, AIS, GPS, ECDIS, dan steering gear beroperasi normal. 3. Melakukan inspeksi visual segera setelah terjadi benturan untuk mengidentifikasi deformasi, retak, atau kerusakan struktur. 4. Mengukur tingkat deformasi apabila ditemukan perubahan bentuk pada pelat atau konstruksi. 5. Melaksanakan perbaikan permanen sesuai prosedur klasifikasi sebelum kapal diajukan untuk survei. 6. Menyampaikan laporan kejadian (damage report) beserta dokumentasi perbaikan kepada surveyor.

No	Kode	Cause of Failure Mode	Mitigasi Risiko	Persiapan yang Harus Dilakukan
5	C8	Area pelayaran dangkal, sempit dan berbatu menyebabkan deformasi struktur kapal	Meningkatkan perencanaan pelayaran, pengendalian navigasi, serta sosialisasi keselamatan pelayaran oleh badan klasifikasi kepada perusahaan pelayaran untuk mengurangi risiko operasi di perairan berisiko tinggi.	1. Menggunakan peta laut elektronik (ENC) yang telah diperbarui sesuai Notice to Mariners 2. Menghitung Under Keel Clearance (UKC) berdasarkan draft kapal, pasang surut, dan kedalaman alur. 3. Mengoperasikan echo sounder secara kontinu selama melewati perairan dangkal. 4. Mengurangi kecepatan kapal dan meningkatkan pengawasan anjungan pada daerah berisiko tinggi. 5. Melakukan inspeksi bagian bawah lambung apabila diduga terjadi kontak dengan dasar perairan.
6	C24	Benturan propeller dengan benda keras menyebabkan kerusakan propeller	Melakukan pengendalian navigasi dan inspeksi propeller setelah melewati area yang berpotensi terdapat benda asing.	1. Memantau kedalaman perairan secara terus-menerus menggunakan echo sounder ketika memasuki area dangkal. 2. Mengurangi putaran mesin apabila terdapat indikasi benda asing atau hambatan di bawah permukaan air. 3. Menghentikan operasi propulsi apabila muncul getaran atau suara abnormal setelah benturan. 4. Melaksanakan pemeriksaan bawah air untuk mengevaluasi kondisi propeller, shaft, dan stern tube. 5. Melakukan dynamic balancing atau penggantian propeller apabila ditemukan kerusakan struktural. 6. Menyiapkan laporan hasil inspeksi dan dokumentasi perbaikan sebagai bukti pemenuhan persyaratan klasifikasi.

Sumber : Hasil Wawancara, 2026

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Analisis Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil identifikasi menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) menunjukkan bahwa risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal pada proses survei dipengaruhi oleh tiga aspek teknis utama, yaitu ketidaksesuaian struktur kapal, ketidaksesuaian sistem mesin dan kelistrikan, serta ketidaksesuaian sistem kemudi dan propulsi. Ketiga aspek tersebut diuraikan menjadi beberapa intermediate event dan menghasilkan 32 *basic event* (minimal cut set) sebagai akar penyebab risiko yang berpotensi menimbulkan temuan (*findings*), *deficiencies*, maupun rekomendasi (*Condition of Class/Recommendation*) pada saat pelaksanaan survei klasifikasi. Hasil FTA menunjukkan bahwa risiko ketidaksesuaian tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, tetapi merupakan kombinasi kondisi teknis kapal, efektivitas pemeliharaan, kualitas material, kondisi operasional, dan lingkungan pelayaran.
2. Hasil analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menunjukkan bahwa seluruh penyebab kegagalan telah dinilai berdasarkan parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) sehingga diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar penentuan prioritas risiko. Berdasarkan hasil perangkingan RPN dan pencocokan dengan matriks risiko, diperoleh enam penyebab kegagalan yang menjadi prioritas utama, yaitu kerusakan kompresor/*battery charger* (C12), tahanan isolasi generator rendah (C13), kerusakan propeller (D4), kecelakaan atau tabrakan (C7), area pelayaran dangkal, sempit, dan berbatu (C8), serta benturan propeller dengan benda keras (C24). Keenam penyebab kegagalan tersebut memiliki tingkat risiko tertinggi karena

secara konsisten berada pada peringkat RPN tertinggi dan kategori High pada matriks risiko, sehingga menjadi prioritas dalam penyusunan strategi mitigasi.

3. Strategi mitigasi risiko disusun berdasarkan hasil analisis FTA dan FMEA dengan memfokuskan pengendalian pada enam penyebab kegagalan prioritas. Mitigasi yang diusulkan meliputi penerapan *Planned Maintenance System* (PMS) secara konsisten, inspeksi dan pengujian berkala terhadap sistem propulsi, generator, *battery charger*, dan struktur kapal, peningkatan kesiapan dokumen survei, penyediaan suku cadang kritis, pelaksanaan underwater inspection, serta peningkatan kompetensi awak kapal melalui prosedur operasional dan pemeriksaan pra-survei. Implementasi strategi tersebut diharapkan dapat mengurangi potensi munculnya *findings*, *deficiencies*, dan rekomendasi pada saat survei klasifikasi, sehingga meningkatkan pemenuhan standar klasifikasi, mendukung keselamatan pelayaran, dan mempertahankan status kelas kapal. Strategi ini juga sejalan dengan konsep persiapan annual survey yang menekankan kesiapan teknis, pemeliharaan terencana, dan dokumentasi yang baik sebelum pelaksanaan survei.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Analisis Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Bagi badan klasifikasi, disarankan untuk meningkatkan kegiatan sosialisasi, pembinaan teknis, dan edukasi kepada perusahaan pelayaran, pemilik kapal, serta galangan kapal mengenai pentingnya persiapan sebelum pelaksanaan survei klasifikasi. Kegiatan tersebut dapat dilakukan melalui seminar, workshop, technical meeting, maupun penyusunan pre-survey checklist dan panduan persiapan survei yang memuat persyaratan teknis dan administrasi sesuai jenis survei yang akan dilaksanakan. Selain itu, badan klasifikasi juga perlu melakukan evaluasi secara berkala terhadap tren findings, deficiencies,

dan rekomendasi hasil survei sebagai dasar penyusunan program pembinaan yang lebih tepat sasaran. Dengan demikian, diharapkan tingkat pemahaman dan kepatuhan perusahaan terhadap standar klasifikasi dapat meningkat, sehingga jumlah ketidaksesuaian yang ditemukan selama proses survei dapat diminimalkan serta keselamatan dan kelaiklautan kapal tetap terjaga.

2. Perusahaan pelayaran disarankan untuk meningkatkan efektivitas *Planned Maintenance System* (PMS) dengan memastikan seluruh kegiatan pemeliharaan dilaksanakan sesuai jadwal serta terdokumentasi dengan baik. Selain itu, perusahaan perlu melakukan inspeksi dan pengujian berkala terhadap komponen kritis, khususnya sistem propulsi, generator, *battery charger*, struktur kapal, serta sistem kemudi sebelum pelaksanaan survei klasifikasi. Langkah tersebut diharapkan dapat mengurangi potensi munculnya *findings*, *deficiencies*, maupun rekomendasi dari surveyor klas.
3. Pemilik kapal dan galangan kapal disarankan untuk meningkatkan koordinasi dalam pelaksanaan perbaikan hasil temuan survei, memastikan penggunaan material dan metode perbaikan sesuai dengan persyaratan badan klasifikasi, serta melakukan inspeksi kualitas sebelum kapal diajukan untuk survei klasifikasi. Kesiapan teknis kapal sebelum survei akan mempercepat proses sertifikasi dan meminimalkan risiko terjadinya ketidaksesuaian standar klasifikasi.
4. Surveyor klasifikasi diharapkan terus meningkatkan konsistensi pelaksanaan survei berdasarkan ketentuan *Rules* yang berlaku serta memberikan rekomendasi yang jelas dan terukur terhadap setiap temuan. Selain itu, komunikasi teknis antara surveyor dengan pihak perusahaan perlu ditingkatkan agar proses pemenuhan rekomendasi dapat dilakukan secara tepat dan efektif.
5. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah responden *expert judgement* yang lebih banyak agar hasil penilaian risiko lebih representatif. Selain itu, penelitian dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan metode FTA dan FMEA dengan metode

pengambilan keputusan multikriteria, seperti *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Fuzzy FMEA*, atau *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) untuk meningkatkan objektivitas dalam penentuan prioritas risiko dan strategi mitigasi. Penelitian berikutnya juga dapat memanfaatkan data temuan survei (*findings dan deficiencies*) dari periode yang lebih panjang atau melibatkan beberapa perusahaan pelayaran dan badan klasifikasi sehingga hasil penelitian memiliki cakupan yang lebih luas dan dapat dibandingkan antar organisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afnella, R. N., Hidayah, N. A., & Muadzah. (2022). *Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Pada Proses Produksi Cetak Blok Kalender (Studi Kasus : PT. XYZ)*. BULLET: **Jurnal Multidisiplin Ilmu**, pp.1311-1320.
- Akbar, A., Mangka, A., & Andivas, M. (2024). *Analisis tingkat risiko kecelakaan kerja pada galangan kapal logistik di PT X dengan metode HIRARC*. JUTIN: **Jurnal Teknik Industri Terintegrasi**, Vol.7, No.2, pp.664–671.
- Alijoyo, A., Wijaya, B., & Jacob, I. (2020). **Failure Mode Effect Analysis: Analisis Modus Kegagalan dan Dampak (31 Teknik Penilaian Risiko Berbasis ISO 31010)**. Bandung: CRMS Indonesia.
- Carlson, C. S. (2012). **Effective FMEAs: Achieving safe, reliable, and economical products and processes using failure mode and effects analysis (Quality and Reliability Engineering Series)**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Djamal, Nugraheni, and Rifki Azizi. (2015). *"Identifikasi dan rencana perbaikan penyebab delay produksi melting proses dengan konsep Fault Tree Analysis (FTA) di PT. XYZ."* **Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya**, Vol.11, pp.34-45.
- Fahmi Idris Almaeda, & Minto Basuki (2022). *Penilaian Risiko Operasional Proses Pembangunan Kapal Wisata Trimaran Bottom Glass Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Dan Matrik Risiko Pada PT.ABC*. **Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan**. Vol.1,. No.1, pp.127-135
- Farid Setia Pratama, & Suhartini (2021). *Analisis Kecacatan Produk dengan Metode Seven Tools dan FTA dengan Mempertimbangkan Nilai Risiko berdasarkan Metode FMEA*. **Jurnal SENOPATI**. Vol.1,. No.1, pp.41-49
- Firdaus, M. I., Zaman, M. B., & Gurning, R. O. S. (2024). Analysis of ship collision accidents in Indonesia using fault tree analysis (FTA) method. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, 1423, 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1423/1/012003>
- Henna Dellya Zenitta Putri, Imam Pujo Mulyatno, dkk. (2023). *Studi manajemen risiko dengan metode FTA dan FMEA akibat keterlambatan proyek pembangunan kapal perintis KM Sabuk Nusantara 72*. **Jurnal Teknik Perkapalan**.

- Ilham, A. (2021). Ketentuan Badan Klasifikasi Nasional dalam menentukan kelayakan kapal sesuai dengan SOLAS. **Karya Tulis, Universitas Maritim AMNI Semarang.**
- International Association of Classification Societies (IACS). (2021). **IACS procedural requirements and classification rules.** IACS Publications.
- International Maritime Organization (IMO). (2014). **Formal safety assessment (FSA): Guidelines for use in the IMO rule-making process.** IMO Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (2018). **SOLAS consolidated edition.** IMO Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (2020). **Guidelines on survey and certification.** IMO Publishing.
- International Organization for Standardization. (2018). **Risk management - Guidelines (ISO 31000:2018) (2nd ed.).** BSI Standards Publication.
- Kartikasari, V., & Romadhon, H. (2019). *Analisa Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Proses Pengalengan Ikan Tuna Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) Studi Kasus di PT XXX Jawa Timur.* **Journal of Industrial View**, pp.1-10.
- Knapp, S., & Franses, P. H. (2007). **Econometric analysis on the effect of port state control inspections on ship accidents.** Marine Policy.
- Knapp, S., & Franses, P. H. (2009). **Evaluation of safety management systems for shipping.** Transportation Research Part E.
- Kundori, & Hermawati, R. (2020). Strategi persiapan pemeriksaan annual survey oleh surveyor biro klasifikasi di kamar mesin kapal. **Majalah Ilmiah Gema Maritim**, 22(1), 34–43.
- Kushadianto, B. N. D., & Ciptomulyono, U. (2022). AHP-COPRAS model for determination of suitability of surveyor assignment for survey of new building ships at PT. BKI Main Branch Surabaya. **International Journal of Entrepreneurship and Business Development**, 5(3), 476–486.
- Louhenapessy, B. B., & Febriansyah, H. (2017). **Standardisasi industri nasional kapal di Indonesia.** **Jurnal Standardisasi**, 19(1), 11–24.

- Maulana, M. I., & Yuamita, F. (2025). *Analisis Perawatan dan Perbaikan Mesin Carding dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*. **Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi**, pp.13-24.
- Madyantoro, A., dkk. (2022). *Analisis risiko sistem pendingin pada kapal perikanan menggunakan metode FMEA*. **Jurnal Kelautan dan Perikanan**, Vol. 17, No.1, pp.45–54.
- Santhi Wilastri. (2021). *Peran badan klasifikasi dalam penentuan kelaiklautan kapal*. **Jurnal Teknik Perkapalan Indonesia**.
- Stamatis, D. H. (2003). **Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution**. ASQ Quality Press.
- Susanto, A., & Nugroho, S. (2021). *Peran sertifikat klasifikasi dalam pengendalian keselamatan kapal*. **Jurnal Transportasi Laut**, Vol.13, No.2, 89–98.
- Syafril Zulmaidi, & Jones Zenas Rante (2024). *Analisis Standarisasi Klasifikasi Armada Kapal pada PT. Samugara Artajaya*. **Jurnal Pendidikan Manajemen Transportasi**, Vol.4, No 57-112.
- Vesely, W. E., Goldberg, F. F., Roberts, N. H., & Haasl, D. F. (2002). **Fault tree handbook**. U.S. Nuclear Regulatory Commission.
- Yoga T P Penangsang, & Minto Basuki (2024). *Mitigasi Risiko Operasional Pembangunan Kapal Baru di Galangan Kapal Surabaya Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan BTA (Bowtie Analysis)*. **Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV**, pp. 43-56
- Zio, E. (2018). *The future of risk assessment*. **Reliability Engineering & System Safety**, Vol. 177, pp.176–190.

LAMPIRAN

IDENTIFIKASI RISIKO KETIDAKSESUAIAN PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI KAPAL

Dengan Hormat,

Saya Fais Alrafi, mahasiswa Manajemen Bisnis Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang sedang melakukan penelitian untuk Tugas Akhir dengan judul "Analisis Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal pada Proses Survei Klasifikasi Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)". Langkah awal dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya ketidaksesuaian standar klasifikasi kapal pada proses survei klasifikasi melalui kegiatan wawancara.

Besar harapan saya agar Bapak berkenan menjadi salah satu expert judgement dalam wawancara ini serta bersedia memberikan masukan dan pendapat berdasarkan pengalaman di lapangan terkait proses survei klasifikasi kapal. Seluruh jawaban dan informasi yang diberikan hanya akan digunakan untuk keperluan penelitian akademik dan tidak akan mempengaruhi penilaian maupun kinerja pihak terkait.

Terima kasih atas waktu dan bantuan yang diberikan dalam wawancara ini.

Hormat saya,



Fais Alrafi
Manajemen Bisnis Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

LAMPIRAN

Hasil wawancara Expert 1

DAFTAR HADIR EXPERT TERKAIT PENYUSUNAN *FAULT TREE ANALYSIS*

Nama : MAN
Umur : 32

Hasil wawancara berfungsi untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian yang berjudul "Analisis Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal pada Proses Survei Klasifikasi Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)".

Surabaya, 15 Mei 2026



(.....)

LAMPIRAN

HASIL WAWANCARA TERKAIT KETIDAKSESUAIAN PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI KAPAL

Faktor-faktor ketidaksesuaian yang sering ditemukan pada proses survei klasifikasi kapal, antara lain:

1. Kerusakan dan korosi pada struktur kapal

Permasalahan yang paling sering ditemukan pada struktur kapal adalah korosi dan penipisan pelat, terutama pada area yang terpapar air laut secara terus-menerus. Kondisi tersebut umumnya disebabkan oleh kualitas coating yang menurun, penggunaan material anti korosi yang kurang sesuai, serta perlindungan anti korosi yang tidak merata. Apabila tidak segera dilakukan perbaikan, korosi akan menyebabkan berkurangnya ketebalan pelat sehingga memengaruhi kekuatan struktur kapal dan menjadi temuan pada pelaksanaan survei klasifikasi.

2. Permasalahan pada mesin kapal

Permasalahan yang paling sering ditemukan pada sistem mesin adalah kerusakan sistem perpompaan. Kerusakan tersebut umumnya disebabkan oleh masuknya lumpur ke dalam saluran air laut sehingga mengganggu aliran fluida, korosi pada bearing shaft yang menyebabkan pompa macet, serta rendahnya tahanan isolasi yang berpotensi menimbulkan short circuit. Kondisi tersebut dapat menurunkan kinerja sistem bantu kapal dan memengaruhi keandalan operasional mesin.

3. Ketidaksesuaian pada sistem kemudi dan propulsi kapal

Ketidaksesuaian yang paling sering ditemukan pada sistem propulsi adalah kerusakan pada shaft yang berupa retak, patah, maupun deformasi. Kerusakan tersebut umumnya dipengaruhi oleh material fatigue, laminasi material, misalignment shaft, maupun kapal yang pernah mengalami kandas sehingga memengaruhi kinerja sistem propulsi.

4. Pengaruh kompetensi crew terhadap kondisi kapal

LAMPIRAN

Kompetensi crew memiliki pengaruh yang besar terhadap kondisi mesin karena pelaksanaan pemeriksaan rutin dan preventive maintenance bergantung pada kemampuan crew dalam mengoperasikan serta memelihara peralatan kapal. Crew yang memahami prosedur perawatan mampu mendeteksi gejala awal kerusakan sebelum berkembang menjadi kegagalan sistem.

5. Dampak ketidaksesuaian yang tidak segera diperbaiki

Ketidaksesuaian yang tidak segera diperbaiki dapat menyebabkan kerusakan berkembang ke komponen lain sehingga meningkatkan biaya perbaikan dan memperpanjang waktu perawatan kapal.

6. Perbedaan pendapat antara surveyor dan pihak kapal

Perbedaan pendapat cukup sering terjadi pada penilaian tingkat korosi dan penipisan pelat kapal. Dalam beberapa kasus, pihak kapal menganggap kondisi tersebut masih layak digunakan, sedangkan berdasarkan hasil pengukuran ketebalan pelat, kondisi tersebut telah melampaui batas minimum yang dipersyaratkan dalam aturan klasifikasi.

7. Risiko ketidaksesuaian yang sulit terdeteksi

Risiko ketidaksesuaian yang sulit terdeteksi umumnya berupa korosi internal pada struktur kapal dan retak halus (hairline crack) yang tidak terlihat melalui pemeriksaan visual biasa. Kondisi tersebut memerlukan pemeriksaan lebih rinci atau pengujian tambahan untuk memastikan tingkat kerusakannya.

Surabaya, 21 Mei 2024



(.....)

LAMPIRAN

Hasil wawancara Expert I

DAFTAR HADIR EXPERT TERKAIT PENYUSUNAN *FAULT TREE ANALYSIS*

Nama : MAN

Umur : 32

Hasil wawancara berfungsi untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian yang berjudul "Analisis Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal pada Proses Survei Klasifikasi Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)".

Surabaya, 15 Mei 2026



(.....)

LAMPIRAN

HASIL WAWANCARA TERKAIT KETIDAKSESUAIAN PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI KAPAL

Faktor-faktor ketidaksesuaian yang sering ditemukan pada proses survei klasifikasi kapal, antara lain:

1. Kerusakan dan korosi pada struktur kapal

Ketidaksesuaian pada struktur kapal umumnya ditemukan pada kondisi korosi, penipisan pelat, retak struktur, dan deformasi yang menyebabkan kondisi kapal tidak lagi memenuhi persyaratan klasifikasi. Permasalahan tersebut banyak dipengaruhi oleh kurang optimalnya sistem perlindungan anti korosi, penurunan kualitas coating, serta beban operasional kapal yang terus-menerus diterima oleh struktur. Selain itu, benturan saat sandar maupun kandas juga menjadi salah satu penyebab terjadinya deformasi struktur yang memerlukan evaluasi lebih lanjut pada saat survei klasifikasi.

2. Permasalahan pada mesin kapal

Ketidaksesuaian pada sistem mesin umumnya berkaitan dengan menurunnya keandalan sistem bantu maupun sistem utama kapal. Permasalahan yang sering ditemukan meliputi kerusakan pompa akibat masuknya lumpur, korosi pada bearing shaft, penurunan tahanan isolasi, kebocoran sistem pelumas, hingga temperatur mesin yang melebihi batas operasi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pelaksanaan pemeliharaan dan pemeriksaan berkala memiliki peran penting dalam menjaga keandalan sistem permesinan.

3. Ketidaksesuaian pada sistem kemudi dan propulsi kapal

Pada sistem kemudi dan propulsi, ketidaksesuaian umumnya ditemukan pada kerusakan poros (shaft), propeller, serta sistem kemudi hidrolis. Retak, deformasi, misalignment shaft, kavitasi propeller, hingga kerusakan sensor sudut kemudi menjadi beberapa kondisi yang berpotensi mengurangi kemampuan manuver kapal. Apabila tidak segera ditindaklanjuti, kondisi tersebut dapat memengaruhi keselamatan operasi kapal serta menjadi

LAMPIRAN

temuan pada survei klasifikasi.

4. Pengaruh kompetensi crew terhadap kondisi kapal

Kompetensi crew menjadi salah satu faktor yang memengaruhi keberhasilan pelaksanaan pemeliharaan kapal. Kemampuan dalam melakukan inspeksi rutin, mendeteksi gejala awal kerusakan, serta melaksanakan preventive maintenance sesuai prosedur sangat menentukan kondisi peralatan kapal. Sebaliknya, kurangnya pemahaman terhadap prosedur pemeliharaan maupun standar klasifikasi berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian tidak teridentifikasi sejak dini.

5. Dampak ketidaksesuaian yang tidak segera diperbaiki

Ketidaksesuaian yang tidak segera ditangani dapat menyebabkan penurunan keandalan struktur maupun sistem kapal serta meningkatkan risiko kerusakan lanjutan. Selain berdampak pada bertambahnya biaya perbaikan, kondisi tersebut juga dapat menghambat proses penerbitan atau perpanjangan sertifikat klasifikasi sampai seluruh rekomendasi perbaikan dipenuhi.

6. Perbedaan pendapat antara surveyor dan pihak kapal

Perbedaan pendapat umumnya terjadi dalam menentukan tingkat penerimaan suatu kondisi peralatan atau struktur kapal terhadap persyaratan klasifikasi. Pihak kapal terkadang menilai bahwa peralatan masih dapat dioperasikan karena belum mengalami kegagalan fungsi, sedangkan hasil inspeksi menunjukkan bahwa kondisi tersebut telah melewati batas toleransi yang ditetapkan dalam aturan klasifikasi sehingga memerlukan tindakan perbaikan.

7. Risiko ketidaksesuaian yang sulit terdeteksi

Beberapa ketidaksesuaian tidak dapat diidentifikasi melalui pemeriksaan visual biasa karena berada pada bagian internal komponen. Kondisi seperti korosi internal, retak halus pada struktur, penurunan tahanan isolasi, serta

LAMPIRAN

kerusakan awal pada poros dan bearing umumnya memerlukan pengujian tambahan maupun pembongkaran komponen agar penyebab kerusakan dapat diketahui secara lebih akurat.

Surabaya, 21 Mei 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Amirka'.

(.....)

LAMPIRAN

Hasil wawancara Expert 2

DAFTAR HADIR EXPERT TERKAIT PENYUSUNAN *FAULT TREE ANALYSIS*

Nama : AW
Umur : 52

Hasil wawancara berfungsi untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian yang berjudul “Analisis Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal pada Proses Survei Klasifikasi Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)”.

Surabaya, 15 Mei 2026



(.....)

LAMPIRAN

HASIL WAWANCARA TERKAIT KETIDAKSESUAIAN PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI KAPAL

Faktor-faktor ketidaksesuaian yang sering ditemukan pada proses survei klasifikasi kapal, antara lain:

1. Kerusakan dan korosi pada struktur kapal

Temuan yang paling sering dijumpai pada saat survei biasanya masih didominasi oleh korosi dan penipisan pelat kapal. Kondisi tersebut banyak ditemukan pada bagian lambung, ballast tank, maupun area yang terus-menerus terpapar air laut. Selain itu, masih ditemukan retak pada sambungan las dan deformasi pada beberapa bagian struktur akibat benturan atau kondisi operasional kapal. Apabila hasil pengukuran ketebalan pelat sudah berada di bawah batas yang dipersyaratkan, maka kondisi tersebut akan menjadi temuan dan harus diperbaiki sebelum persyaratan klasifikasi dapat dipenuhi.

2. Permasalahan pada mesin kapal

Pada sistem mesin, temuan yang sering dijumpai meliputi kebocoran sistem pelumas, kerusakan pompa, temperatur mesin yang melebihi batas normal, serta penurunan performa generator. Beberapa kondisi tersebut disebabkan oleh kurang optimalnya perawatan, adanya korosi pada komponen, maupun gangguan pada sistem kelistrikan seperti tahanan isolasi yang rendah. Selama survei, kondisi tersebut akan diperiksa karena dapat memengaruhi keandalan sistem mesin kapal.

3. Ketidaksesuaian pada sistem kemudi dan propulsi kapal

Untuk sistem kemudi dan propulsi, temuan yang cukup sering dijumpai adalah kerusakan pada shaft, propeller, maupun sistem hidrolis kemudi. Selain itu, juga ditemukan kondisi seperti kebocoran seal, kerusakan sensor sudut kemudi, propeller yang mengalami benturan, hingga keausan pada bearing. Meskipun beberapa kerusakan belum mengganggu operasional secara langsung, kondisi tersebut tetap menjadi perhatian karena dapat

LAMPIRAN

memengaruhi keselamatan dan kemampuan manuver kapal.

4. Pengaruh kompetensi crew terhadap kondisi kapal

Kompetensi crew sangat berpengaruh terhadap kondisi kapal. Berdasarkan pengalaman selama survei, kapal yang melaksanakan preventive maintenance secara rutin umumnya memiliki jumlah temuan yang lebih sedikit. Sebaliknya, apabila pemeriksaan harian tidak dilakukan dengan baik atau crew kurang memahami prosedur pemeliharaan, sering ditemukan kerusakan yang sebenarnya dapat dicegah sejak awal tetapi baru diketahui pada saat survei klasifikasi.

5. Dampak ketidaksesuaian yang tidak segera diperbaiki

Apabila temuan tidak segera ditindaklanjuti, kerusakan dapat berkembang menjadi lebih serius dan memengaruhi komponen lain. Selain meningkatkan biaya perbaikan, kondisi tersebut juga dapat menyebabkan rekomendasi survei belum dapat ditutup sehingga sertifikat klasifikasi tidak dapat diterbitkan atau diperpanjang sampai seluruh temuan telah diperbaiki sesuai ketentuan.

6. Perbedaan pendapat antara surveyor dan pihak kapal

Perbedaan pendapat biasanya terjadi ketika pihak kapal menilai suatu komponen masih layak digunakan karena masih dapat beroperasi. Namun, berdasarkan hasil inspeksi dan pengukuran, kondisi tersebut terkadang sudah tidak memenuhi batas toleransi yang ditetapkan dalam aturan klasifikasi. Contoh yang cukup sering ditemukan adalah penipisan pelat akibat korosi atau kebocoran pada sistem pelumas yang menurut pihak kapal masih dapat digunakan sementara, tetapi berdasarkan standar klasifikasi tetap memerlukan tindakan perbaikan.

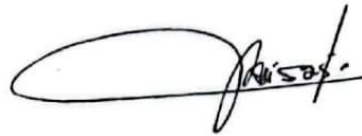
7. Risiko ketidaksesuaian yang sulit terdeteksi

Tidak semua ketidaksesuaian dapat diketahui melalui pemeriksaan visual. Beberapa temuan baru diketahui setelah dilakukan pengukuran ketebalan,

LAMPIRAN

pengujian tahanan isolasi, maupun pembongkaran komponen pada saat docking. Contohnya seperti korosi internal, retak halus pada struktur, kerusakan bearing, atau penurunan kualitas isolasi generator. Oleh karena itu, selain inspeksi visual, sering kali diperlukan pemeriksaan lanjutan agar kondisi sebenarnya dapat dipastikan.

Surabaya, 25 Mei 2026

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop followed by a series of smaller, connected strokes.

(.....)

LAMPIRAN

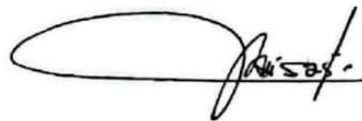
Hasil wawancara Expert 3

DAFTAR HADIR EXPERT TERKAIT PENYUSUNAN *FAULT TREE ANALYSIS*

Nama : BND
Umur : 45

Hasil wawancara berfungsi untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian yang berjudul “Analisis Risiko Ketidaksesuaian Standar Klasifikasi Kapal pada Proses Survei Klasifikasi Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)”.

Surabaya, 15 Mei 2026



(.....)

LEMBAR VALIDASI KUESIONER

Kuesioner yang akan Bapak validasi disusun untuk mendukung penelitian mengenai **“ANALISIS RISIKO KETIDAKSESUAIAN STANDAR KLASIFIKASI KAPAL PADA PROSES SURVEI KLASIFIKASI MENGGUNAKAN METODE FTA DAN FMEA”**. Kuesioner ini memuat sejumlah item pernyataan yang disusun berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan expert, serta identifikasi risiko yang berpotensi menyebabkan adanya temuan dan rekomendasi ketidaksesuaian.

Sebagai validator materi (content validator), saya memohon kesediaan Bapak untuk memberikan penilaian terhadap tingkat relevansi setiap item pernyataan dengan aspek yang diukur. Penilaian Bapak diharapkan didasarkan pada isi pernyataan, kejelasan bahasa, dan kesesuaian item dengan tujuan penelitian. Review Bapak juga diharapkan dilakukan secara objektif dan konstruktif guna menyempurnakan instrumen penelitian ini agar layak digunakan sebagai alat pengumpulan data. Hasil validasi ini selanjutnya akan digunakan sebagai dasar penyusunan kuesioner FMEA yang digunakan dalam analisis risiko ketidaksesuaian standar klasifikasi.

A. Identitas Validator

Nama Validator (Inisial) :

Usia :

B. Petunjuk Pengisian

Bapak dimohon memberikan penilaian terhadap setiap butir risiko berdasarkan tingkat relevansinya terhadap keterlambatan layanan delivery. Gunakan skala berikut dengan memberikan tanda centang (✓) pada pilihan yang sesuai.

Skala	Keterangan
1	Tidak relevan
2	Kurang relevan
3	Relevan
4	Sangat Relevan

C. Penilaian Instrumen Identifikasi Risiko

Ketidaksesuaian Struktur Kapal						
Kode	Sub Risiko	1	2	3	4	Catatan/Saran
C1	Kualitas coating yang tidak sesuai standar menyebabkan korosi dan penipisan pelat kapal.	☐	☐	☐	☐	

Rekapan Hasil Nilai Validitas Menggunakan CVI

Kode	<i>Cause Of Failure Mode</i>	Expert 1	Expert 2	Expert 3
C1	Kualitas coating yang tidak sesuai standar menyebabkan korosi dan penipisan pelat kapal.	3	4	4
C2	Penggunaan material anti korosi yang berkualitas rendah meningkatkan risiko korosi struktur kapal.	4	3	4
C3	Cakupan perlindungan anti korosi yang tidak merata menyebabkan korosi pada area struktur kapal.	3	3	4
C4, C5	Cacat pengelasan dan tekanan mekanik pada konstruksi yang tinggi menyebabkan retak pada struktur kapal.	3	4	4
C6	Kondisi tempat sandar atau berlabuh yang tidak memadai menyebabkan deformasi struktur kapal.	3	4	4
C7	Kecelakaan atau tabrakan menyebabkan deformasi pada struktur kapal.	3	3	3
C8	kapal kandas pada area berkarang atau berbatu menyebabkan deformasi struktur kapal.	4	4	4
C9	Lumpur masuk kedalam saluran air laut menyebabkan kerusakan sistem perpompaan	3	3	4
C10	Korosi pada Bearing Shaft pompa menyebabkan pompa macet	3	3	4
C11	Tahanan isolasi pompa rendah menyebabkan Short Circuit	4	3	4
C12	Kerusakan baterai/kompresor menyebabkan sistem starting tidak berfungsi	3	3	3
C13	Tahanan isolasi rendah menyebabkan Penurunan performa generator	4	4	4
C14	Seal dan gasket yang aus menyebabkan kebocoran sistem pelumas.	4	4	3
C15	Sistem pendingin yang tidak optimal menyebabkan overheat	4	3	3
C16	Beban mesin yang berlebihan menyebabkan overheating pada mesin.	4	3	4
C17	Korosi pada pipa exhaust menyebabkan kebocoran gas buang.	3	4	4
C18	Terendamnya komponen oleh air got kamar mesin mempercepat korosi pada sistem perpipaan.	4	3	4

Kode	<i>Cause Of Failure Mode</i>	Expert 1	Expert 2	Expert 3
C19	Pipa yang digunakan untuk aliran air laut mempercepat korosi pada sistem perpipaan.	4	3	4
C20	Kebocoran sistem perpipaan menyebabkan kehilangan tekanan hidrolis sistem kemudi	4	3	4
C21	Shaft atau propeller yang terlilit benda asing menyebabkan kerusakan sistem poros.	4	3	3
C22	Kebocoran Seal Shaft menyebabkan air masuk kedalam sistem pelumasan poros	3	3	4
D1	Laminasi pada material menyebabkan shaft patah	4	4	3
D2	Material fatigue pada shaft menyebabkan retak pada shaft.	4	4	4
E1	Misalignment shaft menyebabkan getaran berlebih pada sistem poros.	4	4	3
D3	Kapal yang mengalami kandas menyebabkan deformasi shaft.	4	3	3
D4	Kerusakan propeller menyebabkan ketidakseimbangan putaran sistem propulsi.	4	3	4
C23	Kavitasi propeller menyebabkan erosi pada permukaan propeller.	3	4	4
C24	Benturan propeller dengan benda keras menyebabkan kerusakan propeller.	4	4	4
C25	Kalibrasi sistem kemudi yang tidak dilakukan secara rutin menyebabkan penyimpangan pembacaan sudut kemudi.	3	3	4
C26	Kerusakan sensor sudut kemudi menyebabkan kesalahan informasi posisi kemudi.	3	3	3
C27	Kebocoran seal ruang kemudi menyebabkan masuknya air ke ruang kemudi.	4	4	4
C28	Clearance bearing yang melebihi batas menyebabkan kemudi oblok.	4	4	3

LAMPIRAN

Rekapan hasil nilai FMEA pada expert

Kode	S1	S2	S3	O1	O2	O3	D1	D2	D3
C1	6	7	5	8	7	8	1	2	1
C2	6	5	6	5	6	4	3	3	4
C3	6	5	6	3	4	3	4	3	4
C4, C5	8	9	7	2	3	2	3	2	3
C6	3	4	3	5	4	5	3	4	3
C7	10	9	10	2	3	2	3	2	3
C8	8	7	8	6	7	5	3	3	2
C9	9	8	9	3	4	3	1	1	2
C10	8	8	7	7	6	8	1	2	1
C11	8	7	8	4	5	4	1	1	2
C12	10	9	10	6	5	7	3	2	3
C13	7	8	6	5	6	4	3	4	3
C14	8	7	9	5	4	6	1	1	2
C15	8	7	8	5	6	5	1	2	1
C16	10	9	10	2	3	2	1	1	2
C17	2	3	2	5	4	6	3	3	4
C18	6	5	7	5	4	6	3	2	3
C19	6	7	5	9	8	9	3	4	3
C20	8	7	9	5	4	5	3	3	2
C21	8	7	8	4	5	3	3	2	3
C22	5	6	5	7	6	8	2	2	3
D1	10	9	10	2	3	2	1	1	2
D2	9	8	9	2	3	2	1	2	1
E1	8	7	8	2	3	2	3	2	3
D3	10	9	10	2	3	2	1	1	2
D4	8	7	8	6	5	7	3	4	3
C23	4	5	4	7	6	8	2	2	3
C24	8	7	8	6	5	7	3	3	2
C25	2	3	2	8	7	8	3	2	3
C26	7	6	8	3	4	3	3	4	3
C27	8	7	8	6	5	6	3	3	2
C28	8	7	9	6	5	6	3	2	3

LAMPIRAN

Perhitungan rata - rata nilai masing masing komponen RPN

Perhitngan rata - rata nilai Severity

Kode	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Rata-rata S
C1	6	7	7	6,67
C2	6	7	6	6,33
C3	6	6	7	6,33
C4, C5	8	7	9	8,00
C6	4	5	6	5,00
C7	10	9	10	9,67
C8	8	9	9	8,67
C9	9	7	7	7,67
C10	8	5	7	6,67
C11	8	6	8	7,33
C12	10	8	9	9,00
C13	8	7	8	7,67
C14	8	8	8	8,00
C15	8	9	9	8,67
C16	9	10	9	9,33
C17	3	4	4	3,67
C18	6	8	7	7,00
C19	7	8	7	7,33
C20	8	7	8	7,67
C21	8	7	5	6,67
C22	5	6	6	5,67
D1	10	7	7	8,00
D2	9	7	8	8,00
E1	8	8	9	8,33
D3	10	7	8	8,33
D4	8	7	9	8,00
C23	6	5	6	5,67
C24	8	10	7	8,33
C25	4	4	6	4,67
C26	7	5	7	6,33
C27	8	5	6	6,33
C28	8	7	6	7,00

LAMPIRAN

Perhitungan rata - rata nilai masing masing komponen RPN

Perhitngan rata - rata nilai Occurrence

Kode	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Rata-rata O
C1	8	7	8	7,67
C2	5	6	6	5,67
C3	5	5	6	5,33
C4, C5	3	3	4	3,33
C6	5	7	6	6,00
C7	5	5	6	5,33
C8	6	5	6	5,67
C9	5	3	5	4,33
C10	7	5	7	6,33
C11	5	8	6	6,33
C12	7	7	7	7,00
C13	7	5	7	6,33
C14	6	6	8	6,67
C15	5	7	6	6,00
C16	5	5	5	5,00
C17	5	6	6	5,67
C18	5	5	6	5,33
C19	9	7	7	7,67
C20	6	4	6	5,33
C21	5	5	6	5,33
C22	7	4	5	5,33
D1	3	2	2	2,33
D2	3	1	2	2,00
E1	3	3	3	3,00
D3	3	2	3	2,67
D4	6	6	6	6,00
C23	7	8	8	7,67
C24	6	5	6	5,67
C25	8	5	6	6,33
C26	4	5	5	4,67
C27	6	6	4	5,33
C28	6	6	5	5,67

LAMPIRAN

Perhitungan rata - rata nilai masing masing komponen RPN

Perhitngan rata - rata nilai Occurrence

Kode	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Rata-rata D
C1	2	2	2	2,00
C2	3	3	4	3,33
C3	4	3	4	3,67
C4, C5	3	2	3	2,67
C6	3	4	3	3,33
C7	3	2	3	2,67
C8	3	3	2	2,67
C9	1	1	2	1,33
C10	1	2	1	1,33
C11	1	1	2	1,33
C12	3	2	3	2,67
C13	3	4	3	3,33
C14	1	1	2	1,33
C15	1	2	1	1,33
C16	1	1	2	1,33
C17	3	3	4	3,33
C18	3	2	3	2,67
C19	2	2	1	1,67
C20	3	3	2	2,67
C21	3	2	3	2,67
C22	2	2	3	2,33
D1	1	1	2	1,33
D2	1	2	1	1,33
E1	3	2	3	2,67
D3	1	1	2	1,33
D4	3	4	3	3,33
C23	2	2	3	2,33
C24	3	3	2	2,67
C25	3	2	3	2,67
C26	3	4	3	3,33
C27	3	3	2	2,67
C28	3	2	3	2,67

FORM WAWANCARA

Nama :

Usia :

Jabatan :

Lama Bekerja (Tahun):

Pertanyaan berikut diajukan untuk mengetahui risiko pada proses survey

1. Pekerjaan mana yang menurut Anda berisiko dapat terjadi? (✓ Jika setuju)

	Masalah apa yang paling sering terjadi pada struktur kapal?	
	Masalah apa yang sering terjadi pada mesin kapal?	
	Masalah apa yang sering terjadi terkait system kemudi dan propulsi kapal?	
	Bagaimana pengaruh kompetensi crew terhadap kondisi mesin?	
	Apa dampak terburuk jika ketidaksesuaian tersebut tidak segera diperbaiki?	
	Apakah pernah terjadi perbedaan pendapat antara surveyor dan pihak kapal terkait standar, dan contoh casenya seperti apa?	
	Apakah ada risiko ketidaksesuaian yang sulit terdeteksi?	

LEMBAR KUESIONER

A. Identitas Responden

Nama :

Lama Bekerja (Tahun) :

B. Petunjuk Cara Pengisian

1. Terdapat 3 kriteria dalam pengukuran risiko menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

- a. *Severity* / Tingkat Keparahan (S)

Untuk mengukur tingkat keparahan dari dampak yang ditimbulkan bila risiko terjadi.

Rating	Efek	Keterangan
1	Sangat Ringan	Tidak ada cedera atau gangguan terhadap aktivitas kerja.
2	Ringan	Cedera sangat kecil, tidak perlu perawatan.
3	Cukup Ringan	Cedera ringan, cukup diberi plester atau antiseptik.
4	Sedikit Serious	Cedera ringan tapi perlu pertolongan pertama.
5	Sedang	Cedera butuh bantuan medis ringan, aktivitas terganggu.
6	Cukup Serious	Perlu istirahat kerja sementara (1–2 hari).
7	Serius	Cedera cukup serius, tidak bisa bekerja selama beberapa hari.
8	Berat	Cedera serius, perlu perawatan intensif.
9	Sangat Berat	Cedera berat, bisa menyebabkan cacat permanen.
10	Fatal	Cedera sangat serius bisa menyebabkan

- b. *Occurrence* / Tingkat Kejadian (O)

Untuk mengukur besarnya kemungkinan risiko dapat terjadi.

Rating	Efek	Keterangan
1	Tidak Pernah Terjadi	Tidak pernah terjadi dalam 1 tahun.
2	Sangat Jarang	Terjadi 1 kali dalam setahun.
3	Jarang	Terjadi 2–3 kali dalam setahun.
4	Kadang-Kadang	Terjadi 4–5 kali dalam setahun.

5	Sesekali	Terjadi 6–7 kali dalam setahun.
6	Cukup Sering	Terjadi 8–9 kali dalam setahun.
7	Sering	Terjadi 10–11 kali dalam setahun.
8	Sangat Sering	Terjadi lebih dari 12 kali dalam setahun.
9	Hampir Selalu	Terjadi lebih dari 24 kali dalam setahun.
10	Selalu Terjadi	Terjadi lebih dari 40 kali dalam setahun.

c. *Detectability* / Deteksi (D)

Untuk mengukur besarnya kemungkinan risiko bisa segera dideteksi.

Rating	Efek	Keterangan
1	Sangat Jelas	Sangat mudah diketahui sebelum terjadi.
2	Jelas	Biasanya bisa diketahui sebelum terjadi.
3	Cukup Jelas	Bisa diketahui akan terjadi selama ada pemeriksaan.
4	Perlu Diperiksa	Harus diperiksa baru bisa diketahui akan terjadi.
5	Kadang Terlihat	Tidak selalu terlihat akan terjadi, bisa jika teliti.
6	Sulit Dilihat	Jarang bisa diketahui sebelum terjadi.
7	Jarang Terlihat	Hampir tidak pernah diketahui sebelum terjadi.
8	Tersamar	Hanya bisa diketahui akan terjadi jika menggunakan alat khusus.
9	Hampir Mustahil	Hampir tidak ada cara untuk mengetahui sebelum terjadi.
10	Mustahil Terlihat	Tidak mungkin diketahui sebelum terjadi.

- Responden diminta untuk menilai masing-masing risiko sesuai dengan rating dan kriteria dari *severity*, *occurrence*, *detectability* pada kolom dibawah ini.

C. Contoh Pengisian Kuisisioner

No.	Failure Mode/Mode Kegagalan	Risk Assesment		
		S	O	D
1	Pemeriksaan struktur kapal tidak selalu dilakukan secara menyeluruh pada setiap kegiatan survei.	7	7	4

Keterangan:

- Nilai Severity (S) Menunjukkan angka 7 yang berarti tingkat keparahan yang menyebabkan perlunya istirahat kerja selama 1-2 hari yang ditimbulkan oleh risiko.
- Nilai Occurrence (O) Menunjukkan angka 7 berarti kemungkinan risiko terjadi 10-12 kali dalam setahun.

3. Nilai Detectability (D) menunjukkan angka 4 berarti harus diperiksa baru risiko bisa akan terjadi.

D. Pengisian Kuisisioner Pengukuran Risiko

*Kosongi apabila anda tidak setuju pada Form Wawancara

No	Failure Mode	Effect of Failure Mode	Kode	Cause Of Failure Mode	S	O	D
1	Ketidaksesuaian Struktur Kapal		C1	Kualitas coating tidak sesuai standar perlindungan korosi			
			C2	Kapal beroperasi pada area pelayaran dengan tingkat korosivitas tinggi			
			C3	Kualitas material anti korosi yang digunakan kurang optimal			
			C4	Umur perlindungan anti korosi telah melewati masa efektif			
			C5	Cakupan perlindungan anti korosi tidak merata dan tidak mencakup seluruh area kritis			
			C6	Terdapat cacat pada hasil pengelasan struktur kapal			
			C7	Kondisi tempat sandar atau berlabuh tidak memadai			
			C8	Kapal mengalami kecelakaan atau tabrakan saat beroperasi			
			C9	Kapal beroperasi pada area pelayaran dangkal, sempit, dan berbatu			
2	Ketidaksesuaian Sistem Mesin dan Kelistrikan		C10	Kerusakan pada pompa atau gear sistem penggerak			
			C11	Penurunan performa tahanan isolasi peralatan listrik			
			C12	Terjadi hubungan arus pendek (short circuit) pada sistem kelistrikan			
			C13	Kapasitas baterai mengalami penurunan			
			C14	Kerusakan pada kompresor udara atau battery charger			
			C15	Performa generator mengalami penurunan			
			C16	Short Circuit Generator akibat tahanan isolasi kurang			
			C17	Seal dan gasket mengalami keausan			
			C18	Sistem pendingin mesin tidak bekerja secara optimal			
			C19	Mesin bekerja melebihi kapasitas beban yang direkomendasikan			

No	Failure Mode	Effect of Failure Mode	Kode	Cause Of Failure Mode	S	O	D
			C20	Terjadi korosi pada pipa exhaust			
			C21	Kerusakan pada flexible coupling sistem penggerak			
			C22	Komponen sistem terendam air got kamar mesin			
			C23	Komponen terpapar air laut secara langsung			
3	Ketidaksesuaian Sistem Kemudi dan Propulsi		C24	Terjadi korosi pada pipa sistem hidrolis			
			C25	Kebocoran pada seal hidrolis			
			C26	Shaft atau propeller terlilit benda asing			
			C27	Jam operasi komponen telah melebihi batas rekomendasi			
			D1	Terjadi laminasi pada material shaft			
			D2	Material shaft mengalami kelelahan (fatigue)			
			E1	Kerusakan pada propeller yang menyebabkan getaran			
			E2	Terjadi misalignment pada shaft			
			D3	Kapal mengalami kandas sehingga menyebabkan deformasi shaft			
			D4	Clearance komponen melebihi batas yang diizinkan			
			D5	Propeller mengalami kerusakan atau deformasi			
			C28	Terjadi kavitasi pada propeller			
			C29	Propeller mengalami benturan dengan benda keras			
			C30	Kapal mengalami kandas saat beroperasi			
			C31	Kerusakan pada indikator posisi kemudi			
			C32	Kalibrasi sistem kemudi tidak dilakukan secara rutin			
			C33	Kerusakan pada sensor sudut kemudi			
			C34	Kebocoran seal pada ruang kemudi			
			C35	Clearance bearing kemudi melebihi batas yang diizinkan			
4	Faktor Human Error dan		C36	Pelatihan terkait standar klasifikasi kapal masih kurang			

No	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect of Failure Mode</i>	Kode	<i>Cause Of Failure Mode</i>	S	O	D
	Kompetensi Crew		C37	Pengalaman kerja crew dalam penanganan sistem kapal masih terbatas			
			C38	Terjadi dilakukan human error dalam pengoperasian kapal atau peralatan			
			C39	Monitoring kondisi kapal tidak dilakukan secara rutin			
			C40	Jumlah personel pengawas tidak mencukupi			
			C41	Evaluasi pekerjaan dan tindak lanjut tidak secara rutin			

Lampiran Dokumentasi



