

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS PROSEDUR PENGOPERASIAN ALAT NAVIGASI
RADAR DI KMP TRISNA DWITYA BERDASARKAN SOLAS
CHAPTER V DI SELAT BALI DENGAN METODE FISHBONE**



MAGITA KIRANA MAHADEVI

NIT 22 36308 2 061

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**ANALISIS PROSEDUR PENGOPERASIAN ALAT NAVIGASI
RADAR DI KMP TRISNA DWITYA BERDASARKAN SOLAS
CHAPTER V DI SELAT BALI DENGAN METODE FISHBONE**



MAGITA KIRANA MAHADEVI

NIT 22 36308 2 061

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA OPERASI KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : MAGITA KIRANA MAHADEVI
Nomor Induk Taruna : 22 36308 2 061
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi
Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

**ANALISIS PROSEDUR PENGOPERASIAN ALAT NAVIGASI RADAR DI
KMP TRISNA DWITYA BERDASARKAN SOLAS CHAPTER V DI
SELAT BALI DENGAN METODE FISHBONE**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya,.....2026



MAGITA KIRANA MAHADEVI
NIT. 22 36308 2 061

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : Analisis Prosedur Pengoperasian Alat Navigasi Radar di
KMP Trisna Dwitya Berdasarkan Solas Chapter V di Selat
Bali dengan Metode Fishbone

Program Studi : Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Nama : Magita Kirana Mahadevi

NIT : 22363082061

Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype / Proyek~~ / Karya Ilmiah Terapan*

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(A. A. Istri Sri Wahyuni, S.Si.T., M.Adm, SDA)

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19781217 200502 2 001

Dosen Pembimbing II



(Dr. Indah Ayu Johanda.P, SE.,M.Ak.)

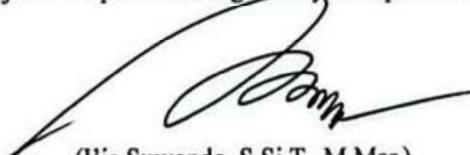
Pembina (IV/a)

NIP. 198609022 00912 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal



(I'ie Suwondo, S.Si.T., M.Mar.)

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 19770214 200912 1 001

**PERSETUJUAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : Analisis Prosedur Pengoperasian Alat Navigasi Radar di KMP
Trisna Dwitya Berdasarkan Solas Chapter V di Selat Bali
dengan Metode Fishbone

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Nama : Magita Kirana Mahadevi

NIT : 22 36308 2 061

Jenis Tugas Akhir : ~~Prototype~~ / Karya Ilmiah Terapan / ~~Karya Tulis Ilmiah*~~

Keterangan: *(coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk
dilaksanakan Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya,
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



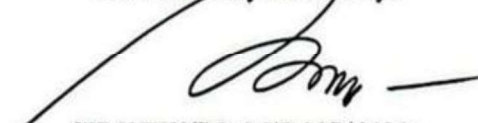
A.A. ISTRI SRI WAHYUNI, S.Si.T., M.Adm., SDA
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197812172005022001

Dosen Pembimbing II



Dr. INDAH AYU JOHANDA PUTRI, SE., M.Ak.
Pembind (IV/a)
NIP. 198609022009122001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya



L'E SUWONDO, S.SiT., M.Pd., M.Mar
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197702142009121001

PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

ANALISIS PROSEDUR PENGOPERASIAN ALAT NAVIGASI RADAR DI
KMP TRISNA DWITYA BERDASARKAN SOLAS CHAPTER V DI SELAT
BALI DENGAN METODE FISHBONE

Disusun oleh:

MAGITA KIRANA MAHADEVI

NIT. 22 36308 2 061

Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

Pada Tanggal,.....2026

Menyetujui,

Penguji I

Dr. A.A. NGURAH ADE D.P.Y. S.Si.T.M.Pd.
Pembina (IV/a)
NIP. 198302262010121003

Penguji II

A.A. ISTRI S.W. S.Si.T.,M.Adm.SDA
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197812172005022001

Penguji III

Dr. INDAH AYU JOHANDA P. SE.,M.Ak.
Pembina (IV/a)
NIP. 198609022009122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya

I'IE SUWONDO, S.SiT., M.Pd.,M.Mar
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197702142009121001

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**ANALISIS PROSEDUR PENGOPERASIAN ALAT NAVIGASI RADAR DI
KMP TRISNA DWITYA BERDASARKAN SOLAS CHAPTER V DI SELAT
BALI DENGAN METODE FISHBONE**

Disusun oleh:

MAGITA KIRANA MAHADEVI

NIT. 22 36308 2 061

Teknologi Rekayasa Operasi Kapal

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya,2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dr. A.A. NGURAH ADE D.P.Y. S.Si.T.M.Pd.
Pembina (IV/a)
NIP. 198302262010121003

Dosen Penguji II

A.A. ISTRI S.W. S.Si.T.M.Adm.SDA
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197812172005022001

Dosen Penguji III

Dr. INDAH AYU JOHANDA P. SE., M.Ak.
Pembina (IV/a)
NIP. 198609022009122001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal
Politeknik Pelayaran Surabaya

I'E SUWONDO, S.SiT, M.Pd.M.Mar
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197702142009121001

ABSTRAK

MAGITA KIRANA MAHADEVI, 2025. *Analisis Prosedur Pengoperasian Alat Navigasi Radar di KMP TRISNA DWITYA Berdasarkan Solas Chapter V di Selat Bali Menggunakan Metode Fishbone*. Dibimbing oleh Ibu Anak Agung Istri Sri Wahyuni dan Ibu Indah Ayu Johanda Putri.

Peranan sistem navigasi dalam menentukan arah dan posisi kapal sangat penting bagi pelaut untuk memastikan ketepatan manuver dan keselamatan pelayaran. Radar, sebagai perangkat navigasi utama berbasis prinsip *Radio Detection and Ranging*, berfungsi mendeteksi, mengukur jarak, serta mengidentifikasi objek di sekitar kapal. Keberadaan radar menjadi semakin penting ketika kapal beroperasi di alur pelayaran sempit yang memiliki ruang terbatas, lalu lintas padat, serta risiko tabrakan yang tinggi. Namun, efektivitas radar sering dipengaruhi oleh kesalahan manusia, seperti pengaturan yang tidak tepat, kurangnya pemantauan tampilan radar, dan kekeliruan dalam pengambilan tindakan yang dapat menimbulkan bahaya navigasi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor penyebab human error dalam pengoperasian radar serta menganalisis langkah optimalisasi penggunaan radar sesuai prosedur yang berlaku di kapal. Pendekatan kualitatif digunakan melalui observasi dan wawancara selama 12 bulan praktik layar, didukung data sekunder berupa dokumentasi, regulasi, dan literatur navigasi. Metode *Fishbone Diagram* diterapkan untuk mengklasifikasikan penyebab kesalahan dalam aspek manusia, metode, peralatan, lingkungan, dan manajemen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh alat navigasi pada kedua kapal berfungsi normal, sehingga insiden tabrakan disebabkan oleh faktor *human error*, terutama kelalaian dinas jaga dan kegagalan komunikasi radio dari pihak KMP Munic. Dengan demikian penelitian ini diharapkan menjadi landasan evaluatif bagi perwira jaga dalam meningkatkan keamanan dan ketelitian pengoperasian radar sehingga risiko kecelakaan di alur pelayaran sempit dapat diminimalkan.

Kata kunci : Radar, Navigasi, Fishbone, Alur Pelayaran Sempit

ABSTRACT

MAGITA KIRANA MAHADEVI, 2025 Analysis of Operating Procedures for Radar Navigation Equipment at KMP TRISNA DWITYA Based on Solas Chapter V in the Bali Strait Using the Fishbone Method. Supervised by Mrs. Anak Agung Istri Sri Wahyuni and Mrs. Indah Ayu Johanda Putri.

The role of navigational systems in determining a ship's course and position is crucial for ensuring accurate maneuvering and maintaining maritime safety. Radar, as one of the primary navigational instruments based on the principle of Radio Detection and Ranging, functions to detect, measure distance, and identify surrounding objects. Its importance increases significantly when a vessel operates within narrow channels, where limited maneuvering space, dense traffic, and a high risk of collision pose serious challenges. However, radar effectiveness is often reduced by human error, including improper settings, insufficient monitoring of the radar display, and inaccurate decision-making, all of which may lead to navigational hazards. This study aims to identify the factors causing human error in radar operation and to analyze strategies for optimizing radar usage in accordance with applicable onboard procedures. A qualitative approach was employed through observations and interviews conducted over a 12-month sea training period, supported by secondary data including documentation, regulations, and navigational literature. The Fishbone Diagram method was applied to classify the causes of errors into human, method, equipment, environmental, and management aspects. The results indicate that all navigational equipment on both vessels was in normal operating condition; therefore, the collision incident was caused by human error, particularly negligence in navigational watchkeeping and failures in radio communication on the part of KMP Munic. Accordingly, this study is expected to serve as an evaluative basis for watchkeeping officers to enhance safety awareness and accuracy in radar operation, thereby minimizing the risk of accidents in narrow waterways.

Keywords : Radar, Navigations, Fishbone, Narrow Channel

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang dengan memberikan ridhonya, dengan kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan dengan judul :

ANALISIS PROSEDUR PENGOPERASIAN ALAT NAVIGASI RADAR DI KMP TRISNA DWITYA BERDASARKAN SOLAS CHAPTER V DI SELAT BALI DENGAN METODE FISHBONE

Untuk menyelesaikan studi pendidikan program Sarjana Terapan salah satu syarat yang di lakukan oleh Taruna adalah penyusunan Karya Ilmiah Terapan yang berguna sebagai Tugas Akhir Taruna dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan di Politeknik Pelayaran Surabaya.

Dalam kesempatan yang telah diberikan ini, saya menyampaikan terima kasih kepada pihak – pihak yang sudah terlibat dalam penyelesaian Karya Ilmiah Terapan ini, dengan hormat :

1. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
2. Ibu Anak Agung Istri Sri Wahyuni S.Si.T., M.Adm, SDA. yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi karya ilmiah terapan kepada penulis.
3. Ibu Dr. Indah Ayu Johanda Putri SE., M.Ak. yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi karya ilmiah terapan kepada penulis.
4. PT. Lintas Sarana Nusantara dan seluruh crew kapal di KMP. Trisna Dwitya yang telah membimbing penulis disaat menjalani Praktek Laut (PRALA)
5. Seluruh dosen di Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mengarahkan penulis.
6. Untuk Mamah tersayang, Mamah Mamik Surami yang menjadi alasan utama penulis bisa bertahan hingga saat ini. Terimakasih atas segala motivasi, semangat, doa, harapan serta bersedia menjadi sandaran terkuat dari kerasnya dunia, terimakasih karena tidak pernah menuntut akan segala hal dan bahkan senantiasa mendampingi setiap langkah penulis untuk menjadi seseorang yang berpendidikan. Terimakasih atas kasih sayang tanpa batas yang diberikan, mendoakan tanpa henti dan terimakasih atas kesabaran serta pengorbanan yang selalu mengiringi perjalanan hidup penulis. Beliau adalah wanita hebat yang tidak banyak mengeluh juga pandai menyembunyikan segala lukanya sendirian. Dan beliau lah sumber kekuatan dan inspirasi bagi penulis, sekali lagi terimakasih untuk segala bentuk pengorbanan baik secara moral maupun finansial sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir karya ilmiah terapan ini.
7. Untuk adikku, Magita Tiara Tiffany. Terimakasih sudah menjadi sumber semangat dan motivasi dalam setiap langkah perjuangan penulis. Karenamulah penulis terus berusaha menempuh pendidikan dengan sungguh-sungguh, agar

kelak dapat menikmati kehidupan yang lebih layak tanpa harus bersusah payah menata hidup dan karirmu sejak awal. Semoga apa yang kakak perjuangkan hari ini dapat menjadi pijakan bagi masa depanmu yang lebih baik.

8. Dan untuk diri sendiri, terimakasih telah bertahan di tengah rasa lelah, ragu, dan tekanan. Terimakasih telah memilih untuk terus melangkah dan tetap menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Demikian, saya berharap KIT ini dapat memberikan manfaat dan pembelajaran untuk pembaca serta dapat membantu untuk kemajuan pelayaran di Indonesia.

Surabaya,2026
Penulis

Magita Kirana Mahadevi
NIT. 22 36308 2 061

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN | ii |
| PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL | iii |
| PERSETUJUAN LAPORAN SEMINAR HASIL | iv |
| PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL | v |
| PENGESAHAN LAPORAN SEMINAR HASIL | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. LATAR BELAKANG..... | 1 |
| B. RUMUSAN MASALAH..... | 9 |
| C. TUJUAN PENELITIAN..... | 9 |
| D. MANFAAT PENELITIAN | 9 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 11 |
| A. <i>REVIEW</i> PENELITIAN SEBELUMNYA | 11 |
| B. LANDASAN TEORI | 14 |
| 1. KeselamatanPelayarandanRegulasiInternasional..... | 14 |
| 2. <i>Radio Detection and Ranging</i> (RADAR)..... | 17 |
| 3. BahayaNavigasi..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 4. Alur Pelayaran Sempit..... | 25 |
| 5. Metode <i>FishBone</i> | 28 |
| C. KERANGKA PENELITIAN..... | 31 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 32 |
| A. JENIS PENELITIAN | 32 |
| B. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN..... | 33 |
| C. JENIS DAN SUMBER DATA | 33 |
| D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA..... | 35 |
| E. TEKNIK ANALISIS DATA..... | 36 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 39 |
| A. Gambaran Umum dan Lokasi Penelitian..... | 39 |
| B. Hasil Penelitian | 45 |
| 1. Penyajian Data..... | 46 |
| 2. Analisis Data Menggunakan Metode Fishbone | 49 |
| C. Pembahasan..... | 54 |
| 1. Analisis Teknis Penyebab Insiden Tabrakan | 55 |
| 2. Evaluasi Penerapan Prosedur Navigasi dan Komunikasi | 56 |
| 3. Pengaruh Faktor Lingkungan dan Manajemen Keselamatan | 57 |
| 4. Solusi Teknis Berdasarkan Diagram Fishbone | 57 |
| 5. Implikasi Pembahasan terhadap Keselamatan Pelayaran | 58 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 60 |
| A. Kesimpulan | 60 |
| B. Saran | 61 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 63 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya | 11 |
| Tabel 4. 1 Analisis Fishone | 53 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. 1 Peta Selat Bali..... | 2 |
| Gambar 1. 2 Prinsip Kerja Radar..... | 3 |
| Gambar 1. 3 Alat Navigasi Kapal Menurut Solas <i>Chapter V</i> | 4 |
| Gambar 2. 1 Regulasi SOLAS..... | 15 |
| Gambar 2. 2 Radar pada Kapal..... | 17 |
| Gambar 2. 3 Alur Pelayaran Sempit | 25 |
| Gambar 2. 4 Contoh Diagram <i>FishBone</i> | 28 |
| Gambar 2. 5 Kerangka Penelitian..... | 31 |
| Gambar 4. 1 KMT Trisna Dwitya..... | 39 |
| Gambar 4. 2 Ruang Navigasi KMP Trisna Dwitya | 42 |
| Gambar 4. 3 Radar Furuno 1715 | 43 |
| Gambar 4. 4 SAMYUNG NF-430 GPS <i>Mapping</i> | 44 |
| Gambar 4. 5 SAMYUNG SI-30A AIS | 44 |
| Gambar 4. 6 Berita Acara Kejadian KMP Trisna Dwitya | 45 |
| Gambar 4. 7 Diagram <i>Fishbone</i> | 54 |

BAB I

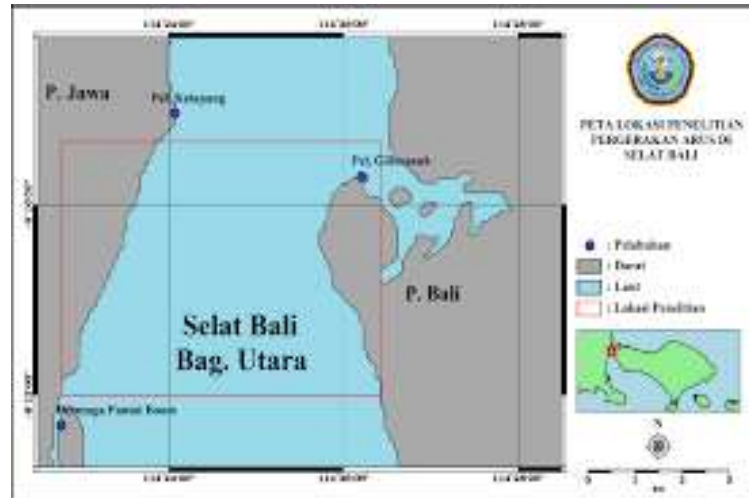
PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Keselamatan pelayaran merupakan fondasi utama dalam operasional transportasi laut. Dalam dunia maritim modern, keselamatan tidak lagi menjadi aspek tambahan, tetapi menjadi prioritas utama yang harus dipenuhi seluruh unsur pelayaran (Kurnia et al., 2024). Dengan semakin meningkatnya kebutuhan transportasi laut, sebagai jalur logistik maupun angkutan penumpang, maka tuntutan terhadap teknologi navigasi yang andal dan operator yang berkompeten menjadi semakin besar sehingga membuat perkembangan teknologi navigasi dari masa ke masa telah memberikan perubahan besar terhadap cara sebuah kapal dikendalikan. Pada awal abad ke-20, proses navigasi masih sangat bergantung pada teknik tradisional seperti penggunaan kompas magnetik, serta peta kertas (Dotulung et al., 2024). Seiring berkembangnya kebutuhan keselamatan, teknologi navigasi elektronik kemudian diperkenalkan, termasuk echo sounder, gyro compass, GPS, dan radar. Dari seluruh perangkat tersebut, radar menjadi salah satu yang memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan keselamatan pelayaran.

Sebagai negara kepulauan, Indonesia dengan 70% wilayahnya berupa perairan memiliki banyak alur pelayaran sempit yang padat, salah satunya adalah Selat Bali (Annas Amrullah et al., 2025). Selat ini merupakan jalur vital bagi transportasi laut yang menghubungkan Pulau Jawa dan Bali, khususnya pada rute Ketapang–Gilimanuk. Setiap hari ratusan kapal feri, kapal barang,

kapal nelayan, kapal cepat, dan kapal wisata melintasi jalur ini. Peta selat bali pada gambar 1.1 menampilkan gambaran *visual* kondisi perairan sempit.



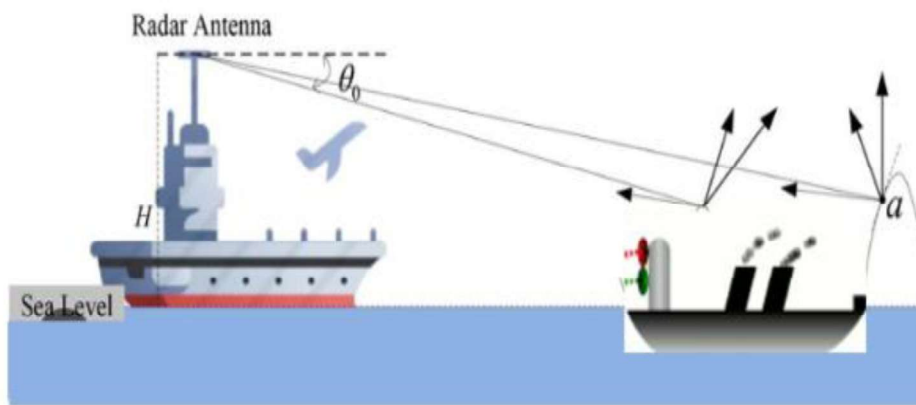
Gambar 1. 1 Peta Selat Bali

Sumber : <https://www.travelbwi.co.id/panduan-perjalanan-dari-banyuwangi-ke-bali/>

Kondisi geografis Selat Bali yang relatif sempit, ditambah dengan arus yang kuat dan cuaca yang tidak menentu, membuat Selat Bali sebagai salah satu alur pelayaran nasional yang dikenal memiliki karakteristik perairan yang cukup kompleks. Arus Selat Bali sering kali kuat dan berubah cepat sesuai dengan fase pasang surut. Banyak kecelakaan laut yang terjadi justru di area sempit dan padat, bukan di laut lepas (Annas Amrullah et al., 2025). Hal ini disebabkan oleh keterbatasan ruang gerak kapal, jarak pandang yang sering tertutup hujan, kabut pagi, atau cuaca ekstrem, serta tingginya aktivitas kapal yang lewat. Kecelakaan seperti tubrukan (*collision*), dan kandas (*grounding*). Dalam situasi demikian, radar berfungsi sebagai alat utama untuk memantau posisi relatif kapal terhadap objek lain, daratan, maupun bahaya navigasi di sekitar alur pelayaran. Faktor-faktor tersebut semakin menegaskan pentingnya

pengoperasian radar yang optimal, mengingat risiko navigasi meningkat secara signifikan ketika kapal memasuki perairan sempit seperti Selat Bali.

Radar merupakan alat navigasi utama yang berfungsi mendeteksi objek secara otomatis tanpa bergantung pada kondisi visual, sehingga sangat penting terutama saat jarak pandang terbatas akibat kabut, hujan, badai, maupun gelombang tinggi. Di wilayah perairan, Indonesia termasuk wilayah sempit dan padat seperti Selat Bali hal ini membuat radar berperan sebagai perangkat pemantauan situasional yang membantu mencegah tubrukan serta memastikan kelancaran arus lalu lintas kapal.



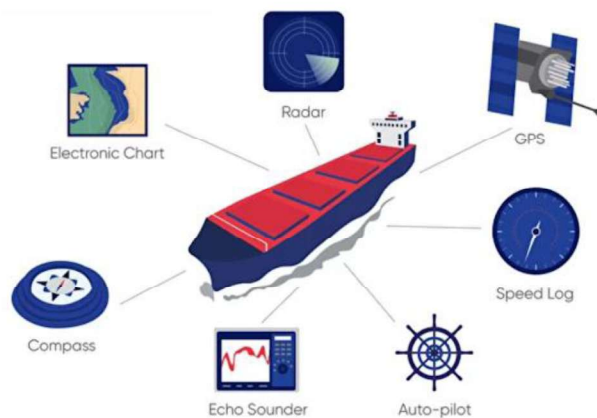
Gambar 1. 2 Prinsip Kerja Radar

Sumber : <https://ee.uui.ac.id/prinsip-kerja-radar-dan-pentingnya-dalam-menjaga-kedaulatan-negara/>

Prinsip kerja radar pada gambar 1.2 didasarkan pada pemancaran gelombang elektromagnetik dari ketinggian tertentu di atas permukaan laut. Gelombang ini merambat ke depan dan akan dipantulkan kembali oleh objek seperti kapal atau permukaan laut dengan sudut pantul tertentu (Dotulung et al., 2024). Berdasarkan pantulan tersebut, radar dapat menentukan jarak, arah, dan keberadaan objek di sekitar kapal. Namun, ketepatan informasi yang ditampilkan radar sangat bergantung pada kondisi teknis peralatan serta

pengaturan operator. Pengaturan seperti gain, tuning, sea clutter, dan rain clutter harus disesuaikan dengan kondisi perairan dan cuaca agar tampilan radar tetap jelas.

Dalam praktik, terdapat kecelakaan yang terjadi bukan hanya karena kerusakan perangkat, tetapi karena radar tidak digunakan secara optimal atau operator kurang memahami prosedur pengoperasian (Wahyuni et al., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa kompetensi perwira jaga menjadi faktor penting dalam keselamatan navigasi. Meskipun radar memiliki kemampuan mendeteksi secara konsisten dalam berbagai kondisi cuaca, perangkat ini tetap memerlukan penguasaan teknis dan ketelitian dalam pemantauan (Dotulung et al., 2024). Oleh karena itu, penggunaan radar harus dilakukan sesuai standar dan regulasi keselamatan termasuk ketentuan SOLAS Chapter V yang menegaskan bahwa peralatan navigasi wajib berada dalam kondisi siap pakai dan digunakan secara tepat.



Gambar 1. 3 Alat Navigasi Kapal Menurut Solas Chapter V

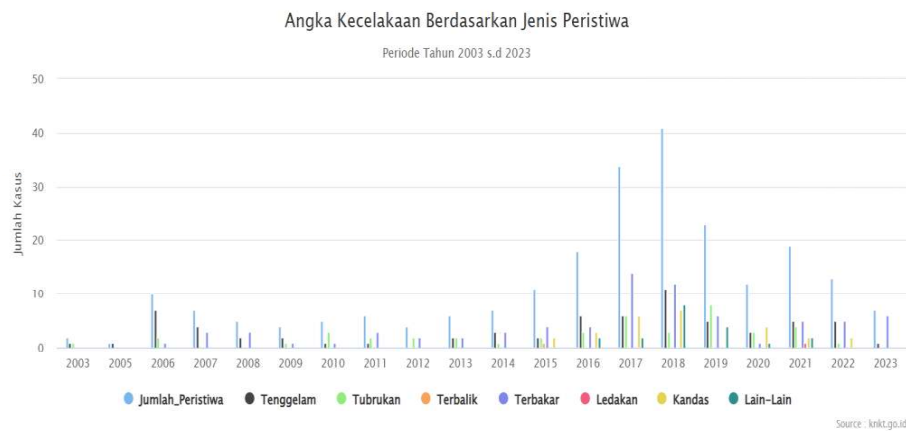
Sumber : <https://www.kapaldanlogistik.com/2020/12/peralatan-navigasi-kapal-safety-of.html>

Dalam konteks operasional kapal penyeberangan seperti KMP Trisna Dwitya, penggunaan radar tidak dapat diabaikan. Kapal ini beroperasi di Selat

Bali yang memiliki karakteristik alur sempit, banyak objek terapung, aktivitas nelayan yang tinggi, serta kondisi perairan yang dapat berubah secara tiba-tiba. Ketika kapal bergerak di malam hari, pada cuaca berkabut, atau dalam kondisi hujan deras, radar menjadi perangkat utama yang membantu nakhoda menentukan langkah-langkah navigasi secara tepat. Untuk memastikan pengoperasian radar dilakukan dengan benar, International Maritime Organization (IMO) telah menetapkan regulasi ketat yang tercantum dalam SOLAS Chapter V (Haryani et al., 2024). Regulasi ini mengatur persyaratan penggunaan radar sebagai alat bantu navigasi yang wajib digunakan dalam pemantauan situasi pelayaran. SOLAS menekankan bahwa radar harus selalu dioperasikan secara aktif, terutama dalam kondisi tertentu seperti *restricted visibility*, navigasi di alur sempit, perairan padat lalu lintas, serta ketika kapal sedang melakukan manuver kritis. Operator yang bertugas juga wajib memahami cara kerja radar serta mampu menginterpretasikan setiap tampilan radar untuk menghindari kesalahan pengambilan keputusan.

Meskipun radar merupakan perangkat navigasi yang vital, sejumlah insiden di perairan Indonesia masih terjadi akibat pemantauan kondisi lingkungan yang tidak optimal. Perubahan cuaca yang cepat menuntut perwira jaga untuk melakukan pengamatan radar dan kondisi lingkungan secara cermat. Ketidak cermatan dalam menyesuaikan pengaturan radar dan mengabaikan cuaca buruk, serta kurangnya pemantauan visual lingkungan dapat menurunkan kewaspadaan, terutama di alur pelayaran sempit. Hal ini terlihat pada insiden KMP Tunu Pratama Jaya di Selat Bali ketika kapal berlayar dari Ketapang menuju Gilimanuk. Pada pukul 23.20 WIB di posisi 8°9'32.35"S –

114°25'6.38"E, kapal mengalami distress akibat cuaca buruk ekstrim yang menyebabkan kerusakan mesin. Kondisi ekstrem tersebut seharusnya dapat diantisipasi melalui pemantauan cuaca yang lebih menyeluruh, baik melalui radar maupun informasi meteorologi resmi seperti BMKG. Kurangnya pemantauan lingkungan dan pengoperasian radar secara optimal membuat perwira jaga terlambat mengambil tindakan antisipatif seperti perubahan haluan atau pengurangan kecepatan. Kasus ini menegaskan pentingnya pemantauan cuaca dan pemanfaatan radar secara tepat guna menjaga keselamatan pelayaran di alur sempit seperti Selat Bali.



Gambar 1. 4 Angka Kecelakaan Berdasarkan Jenis Peristiwa
Sumber : <https://knkt.go.id/statistik> (2022)

Menurut data diatas yang berasal dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi, dapat disimpulkan peristiwa kandas kapal memiliki jumlah yang cukup tinggi. Dari tahun 2003 sampai tahun 2017 peristiwa tubrukan mengalami kenaikan yang signifikan tetapi pada tahun 2018 mengalami penurunan. Dilanjutkan dari tahun 2019 sampai tahun 2023 mengalami penurunan yang cukup banyak. Sedangkan kasus kandas terjadi dari tahun 2015 sampai 2018 dan sempat tidak terjadi lagi di tahun 2019 tetapi pada tahun 2020 sampai tahun 2022 mengalami penurunan yang cukup banyak. KNKT

menggarisbawahi bahwa sebagian besar kecelakaan bukan hanya disebabkan oleh kerusakan radar, tetapi karena kesalahan manusia dalam mengoperasikan radar. Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) mencatat sejumlah insiden tabrakan terjadi ketika radar tidak dioperasikan dan tidak dipantau secara berkala saat mendeteksi perubahan posisi relatif kapal lain. Dalam konteks ini kapal penyeberangan yang beroperasi di Selat Bali perlu memiliki standar pengoperasian radar yang sesuai ketentuan. Kondisi tersebut sejalan dengan insiden tabrakan antara KMP Trisna Dwitya dan KMP Munic yang terjadi di perairan Selat Bali pada 17 April 2025. Insiden ini berlangsung pada jalur pelayaran dengan tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi, sehingga menuntut kewaspadaan, ketelitian, serta koordinasi yang optimal dalam pelaksanaan dinas jaga di kapal. Meskipun pada saat kejadian kedua kapal beroperasi dalam kondisi normal, situasi tersebut mencerminkan kompleksitas navigasi di Selat Bali, di mana pemantauan yang optimal terhadap kondisi sekitar kapal serta efektivitas komunikasi antar kapal, menjadi faktor penting dalam menjaga manajemen keselamatan pelayaran (Agung et al., n.d.).

Dalam konteks ini, SOLAS (Safety of Life at Sea) yang dikeluarkan oleh Organisasi Maritim Internasional (IMO) pada bab 5 secara khusus mengatur keamanan navigasi dan mencakup berbagai regulasi untuk meningkatkan keselamatan di laut (Kendek et al., 2022). Regulasi ini termasuk persyaratan untuk peralatan navigasi, prosedur operasional, dan standar pelatihan. Oleh karena itu, diperlukan analisis menyeluruh mengenai bagaimana prosedur pengoperasian radar diterapkan di KMP Trisna Dwitya. Analisis ini penting untuk mengetahui apakah radar digunakan sesuai dengan SOLAS Chapter V.

Dalam penelitian analisis dilakukan dengan menggunakan metode Fishbone, yaitu suatu pendekatan sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan melalui faktor-faktor yang saling berkaitan. Metode ini merepresentasikan hubungan sebab-akibat dalam bentuk diagram tulang ikan, sehingga memudahkan peneliti menelusuri sumber permasalahan. Secara umum, metode Fishbone digunakan untuk menganalisis suatu masalah dengan menguraikannya ke dalam beberapa kategori utama, sehingga proses evaluasi dapat dilakukan secara komprehensif dan objektif, metode Fishbone diterapkan untuk mengidentifikasi penyebab ketidaksesuaian dalam prosedur pengoperasian radar. Melalui pendekatan tersebut, peneliti menelaah berbagai faktor yang berkontribusi terhadap permasalahan, meliputi aspek manusia, metode kerja, peralatan, manajemen, dan kondisi lingkungan. Penggunaan metode ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai faktor-faktor yang memengaruhi tingkat efektivitas penggunaan radar di KMP Trisna Dwitya, sehingga hasil analisis dapat menjadi dasar yang kuat bagi upaya perbaikan dan peningkatan keselamatan pelayaran. Dengan demikian, penelitian yang berjudul **“Analisis Prosedur Pengoperasian Alat Navigasi Radar di KMP Trisna Dwitya Berdasarkan SOLAS Chapter V di Selat Bali dengan Metode Fishbone”** ini diharapkan tidak hanya memberikan analisis akademis, tetapi juga rekomendasi yang dapat digunakan secara langsung oleh perwira kapal dan perusahaan untuk meningkatkan keselamatan pelayaran di masa mendatang.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas maka yang menjadi rumusan permasalahan adalah

1. Bagaimana kesesuaian alat navigasi radar di KMP. Trisna Dwitya terhadap ketentuan SOLAS Chapter V?
2. Bagaimana penerapan prosedur pengoperasian radar di KMP. Trisna Dwitya dalam perairan sempit sesuai SOLAS Chapter V?
3. Apa faktor penghambat dalam penggunaan radar sesuai dengan penerapan standar SOLAS Chapter V?

C. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini yaitu

1. Untuk menganalisis tingkat kesesuaian peralatan navigasi radar yang digunakan sesuai dengan yang ditetapkan dalam SOLAS Chapter V.
2. Untuk mengevaluasi penerapan prosedur pengoperasian radar saat berlayar di perairan sempit dijalankan sesuai dalam SOLAS Chapter V.
3. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi hambatan dalam penggunaan radar yang memengaruhi standar keselamatan bernavigasi.

D. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Teoritis
 - a. Adapun manfaat dari penulisan Karya Ilmiah Terapan ini sebagai pengetahuan dan membantu pembaca dalam meningkatkan ilmu, serta

sebagai acuan melakukan tindakan dengan masalah tersebut.

- b. Dapat digunakan untuk referensi pada penelitian penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan penggunaan radar pada alur pelayaran sempit.

2. Praktis

- a. Bagi Awak Kapal

Sebagai wawasan tentang penggunaan radar di atas kapal agar terciptanya pelayaran yang aman.

- b. Bagi Institusi Politeknik Pelayaran Surabaya

Sebagai referensi tentang bagaimana pentingnya mengoptimalkan penggunaan radar pada alur pelayaran sempit.

- c. Bagi Penulis

Untuk dijadikan pengalaman dan pengetahuan tentang keamanan dan keselamatan di atas kapal, yang akan bermanfaat di masa yang akan datang untuk meningkatkan evaluasi pada setiap kejadian sesuai prosedur penggunaan radar.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. REVIEW PENELITIAN SEBELUMNYA

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan acuan serta perbandingan. Selain itu untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian lain. Maka dalam tinjauan Pustaka ini peneliti mencantumkan hasil peneliti terdahulu sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya

| NO | NAMA | Hasil Penelitian | Persamaan Penelitian | Pembeda Penelitian |
|----|---|---|--|---|
| 1 | Pham & Hoang (2024) – <i>A Navigational Risk Evaluation of Ferry Transport: Continuous Risk Management Matrix</i> | Penelitian ini mengidentifikasi dan mengevaluasi faktor risiko navigasi pada kapal ferry. Studi tersebut menghasilkan pemetaan prioritas risiko yang paling berpengaruh terhadap keselamatan pelayaran, seperti human error, kegagalan alat navigasi, dan kondisi lingkungan. | Membahas aspek keselamatan navigasi kapal dan menyoroti peran peralatan navigasi (termasuk radar) sebagai elemen penting dalam mengurangi risiko insiden di perairan. Kedua penelitian menekankan pentingnya identifikasi faktor risiko dan kondisi operasional dalam mendukung keselamatan pelayaran. | Penelitian Pham & Hoang berfokus pada evaluasi risiko navigasi secara makro menggunakan metode kuantitatif, tanpa membahas secara khusus prosedur penggunaan radar atau kesesuaian terhadap SOLAS. Sementara penelitian saya fokus pada analisis prosedur pengoperasian radar di KMP Trisna Dwitya dalam perairan sempit, menilai kepatuhannya terhadap SOLAS Chapter V, dan menelusuri akar masalah melalui pendekatan <i>fishbone diagram</i> . |
| 2 | <i>Kasyk Lech ,et all The Analysis of Social and Situational Systems as Factors in Maritime Accidents (Case Study Using</i> | Penelitian ini menganalisis penyebab kecelakaan maritim melalui pendekatan sistem sosial dan situasional dengan menggunakan <i>Ishikawa</i> | Menggunakan metode <i>Ishikawa/Fishbone Diagram</i> untuk mengidentifikasi akar masalah. Keduanya membahas faktor penyebab kecelakaan atau | Penelitian ini berfokus pada kecelakaan kapal secara umum dan menganalisis faktor sosial-situasional tanpa mengkaji alat navigasi tertentu. Sementara penelitian saat saya fokus pada |

| NO | NAMA | Hasil Penelitian | Persamaan Penelitian | Pembeda Penelitian |
|----|---|--|---|---|
| | <i>Ishikawa Diagram</i>) | <i>(Fishbone) Diagram.</i> Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor manusia, budaya kerja, lingkungan operasional, komunikasi, serta kondisi kapal memiliki kontribusi signifikan terhadap terjadinya kecelakaan. | ketidakefektifan operasi di sektor maritim, termasuk aspek manusia, prosedur, dan peralatan. | pengoperasian radar dalam perairan sempit, kesesuaian prosedur terhadap SOLAS Chapter V, serta faktor penghambat penggunaan radar pada kapal tertentu |
| 3 | Tsai Ming & Lin Yuan (2022) <i>Investigation on Improving Strategies for Navigation Safety Based on SOLAS Chapter V</i> | Penelitian ini menelaah strategi peningkatan keselamatan navigasi dengan mengacu pada ketentuan SOLAS Chapter V, khususnya terkait kewajiban penggunaan peralatan navigasi, sistem peringatan, manajemen perjalanan, dan penerapan <i>bridge resource management</i> . Penelitian tersebut menghasilkan rekomendasi peningkatan penerapan SOLAS melalui pelatihan awak kapal, pemeliharaan peralatan navigasi. | Membahas ketentuan SOLAS Chapter V dan membahas kewajiban penggunaan alat navigasi, termasuk radar, sebagai bagian dari keselamatan navigasi. Kedua penelitian memberi perhatian pada kualitas penerapan prosedur keselamatan dan faktor operasional di anjungan kapal. | Penelitian ini membahas strategi peningkatan keselamatan secara umum, bersifat konseptual dan kebijakan, serta tidak meneliti kapal tertentu. Sementara penelitian saya secara khusus menganalisis prosedur operasional radar di KMP Trisna Dwitya dalam perairan sempit dan menilai kesesuaiannya terhadap SOLAS Chapter V dengan pendekatan <i>fishbone</i> untuk menelusuri faktor penghambat secara lebih detail. |
| 4 | H. Yousefi (2023) – <i>The Role of Navigational Aids Such as Radar/ARPA, ECDIS, AIS on Safe Navigation at Sea</i> | Penelitian ini membahas kontribusi utama berbagai alat bantu navigasi seperti Radar/ARPA, ECDIS, dan AIS dalam mendukung keselamatan pelayaran. Studi tersebut menekankan | Membahas peran radar sebagai peralatan utama keselamatan navigasi dan pentingnya prosedur pengoperasian yang tepat untuk mencegah kecelakaan. Keduanya | Penelitian ini bersifat umum dan fokus pada keseluruhan sistem navigasi modern (Radar, ARPA, AIS, ECDIS), bukan pada satu kapal tertentu. Sementara penelitian saat ini secara khusus melakukan analisis terhadap prosedur pengoperasian radar |

| NO | NAMA | Hasil Penelitian | Persamaan Penelitian | Pembeda Penelitian |
|----|--|--|---|---|
| | | bahwa pemanfaatan optimal terhadap radar dan ARPA menjadi faktor kritis dalam deteksi, identifikasi, serta penghindaran tubrukan, terutama di wilayah dengan traffic padat. | menyoroti faktor manusia, kemampuan operator, serta kepatuhan terhadap prosedur sebagai variabel penting. | di KMP Trisna Dwitya dalam perairan sempit dan menilainya berdasarkan standar SOLAS Chapter V dengan pendekatan <i>fishbone diagram</i> . |
| 5 | Li, C. et all. (2025) – <i>Marine Radar Target Ship Echo Generation Algorithm and RCS Calculation</i> (MDPI) | Penelitian ini mengevaluasi algoritma pembangkitan <i>ship echo</i> pada radar maritim serta menghitung <i>Radar Cross Section (RCS)</i> untuk meningkatkan akurasi pendeteksian target kapal pada layar radar. Studi ini menawarkan model komputasi baru yang dapat memprediksi kekuatan pantulan objek berdasarkan ukuran, bentuk, dan kondisi laut. | Membahas radar sebagai peralatan navigasi utama dan menyoroti pentingnya akurasi deteksi target untuk mendukung keselamatan pelayaran. Keduanya relevan dengan aspek kualitas tampilan radar dalam pengoperasian nyata. | Penelitian ini bersifat teknis dan berorientasi pada pengembangan algoritma radar secara matematis/komputasi onal, bukan pada penerapan prosedur operasional di kapal. Penelitian saat ini fokus pada evaluasi prosedur pengoperasian radar di KMP Trisna Dwitya sesuai SOLAS Chapter V serta analisis akar penyebab hambatan penggunaan radar melalui metode <i>fishbone</i> . |

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2024)

Perbedaan antara penelitian ini dengan kajian-kajian sebelumnya terletak pada fokusnya yang memberikan sudut pandang baru terkait optimalisasi penggunaan radar dalam navigasi pada perairan sempit. Kondisi perairan sempit memiliki karakteristik tersendiri, seperti ruang gerak yang terbatas dan potensi bahaya tabrakan yang lebih tinggi, sehingga memerlukan prosedur pengoperasian radar yang lebih cermat. Penelitian ini berupaya mengembangkan temuan penelitian terdahulu, terutama yang masih menggunakan pendekatan umum, dengan menekankan analisis terhadap

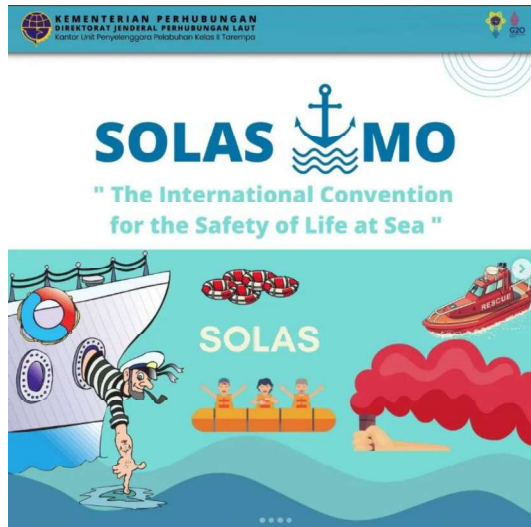
prosedur operasional radar berdasarkan ketentuan SOLAS Chapter V serta penelusuran akar permasalahan melalui metode fishbone.

B. LANDASAN TEORI

Landasan teori berfungsi sebagai dasar dalam suatu penelitian. Berbagai sumber teori digunakan sebagai kerangka untuk memahami secara sistematis bagaimana permasalahan dan tema penelitian dijelaskan serta didefinisikan. Landasan teori juga penting untuk mengkaji penelitian-penelitian terdahulu beserta teori-teori yang digunakan di dalamnya. Adapun landasan teori yang mendukung penelitian ini akan dijabarkan pada subbab berikut.

1. Keselamatan Pelayaran dan Regulasi Internasional

Keselamatan pelayaran merupakan unsur yang sangat penting dalam kegiatan transportasi laut karena berkaitan dengan perlindungan jiwa manusia, keamanan kapal dan muatan, serta pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan perairan. Untuk memastikan bahwa seluruh kapal yang beroperasi memiliki standar keselamatan yang seragam, komunitas internasional melalui International Maritime Organization (IMO) menetapkan berbagai regulasi global yang menjadi pedoman bagi seluruh negara anggota. Salah satu regulasi paling utama adalah Konvensi Safety of Life at Sea (SOLAS), yang berfungsi sebagai standar internasional mengenai keselamatan kapal, mulai dari konstruksi, instalasi peralatan, hingga prosedur operasional selama pelayaran.



Gambar 2. 1 Regulasi SOLAS

Sumber : <https://www.marineinsight.com/maritime-law/safety-of-life-at-sea-solas-convention-for-prevention-of-marine-pollution-marpol-a-general-overview/>

Dalam konteks keselamatan navigasi, SOLAS Bab V memiliki peranan penting karena mengatur kewajiban kapal dalam menjaga keselamatan selama bernavigasi. Ketentuan ini mencakup berbagai aspek, seperti persyaratan peralatan navigasi modern, pedoman penggunaan alat bantu elektronik, serta aturan mengenai penjagaan jaga yang harus dilaksanakan oleh perwira kapal. Salah satu ketentuan yang sangat relevan adalah SOLAS V/19, yang mewajibkan kapal dilengkapi dengan peralatan navigasi yang mampu memberikan informasi akurat tentang situasi di sekitar kapal. Peralatan tersebut mencakup radar sebagai alat deteksi objek, Automatic Radar Plotting Aid (ARPA) sebagai sistem pengolahan data radar secara otomatis, hingga Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) yang membantu visualisasi peta elektronik secara real-time. Kewajiban ini bertujuan meningkatkan kemampuan awak kapal dalam mendeteksi potensi bahaya, terutama pada kondisi jarak pandang terbatas,

perairan sempit, maupun area dengan tingkat kepadatan lalu lintas kapal yang tinggi.

Selain pengaturan mengenai peralatan, SOLAS juga menekankan pentingnya perencanaan pelayaran secara menyeluruh melalui ketentuan SOLAS V/34. Aturan ini mengharuskan setiap kapal untuk menyusun voyage plan sebelum keberangkatan, yang meliputi analisis rute pelayaran, identifikasi bahaya navigasi, pemilihan jalur aman, hingga pengaturan prosedur pemantauan navigasi selama perjalanan berlangsung. Dalam pelaksanaannya, perwira jaga diwajibkan untuk terus memantau pergerakan kapal dan kondisi sekitar, serta memastikan seluruh peralatan navigasi digunakan secara optimal. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan akurasi navigasi, tetapi juga meminimalkan risiko kecelakaan yang dapat timbul akibat kesalahan manusia maupun gangguan lingkungan.

Regulasi internasional ini menjadi acuan bagi negara-negara anggota IMO, termasuk Indonesia, dalam menyusun aturan keselamatan pelayaran di tingkat nasional. Implementasi standar SOLAS mendorong penggunaan peralatan navigasi modern secara konsisten, peningkatan kompetensi awak kapal, serta penegakan budaya keselamatan dalam operasional pelayaran. Penerapan radar, misalnya, diwajibkan dalam berbagai kondisi operasi berisiko seperti perairan padat, selat sempit, maupun situasi visibilitas rendah, sehingga kemampuan deteksi dan penghindaran bahaya dapat dilakukan dengan cepat dan akurat. Dengan demikian, keberadaan regulasi internasional tidak hanya memberikan landasan teknis, tetapi juga memperkuat sistem keselamatan pelayaran secara menyeluruh dan

memastikan bahwa aktivitas pelayaran dapat berlangsung dengan aman, efisien, dan sesuai standar global.

2. Radio *Detection and Ranging* (RADAR)

Radar adalah suatu sistem elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi keberadaan suatu objek, menentukan jaraknya, arah relatif, elevasi, kecepatan, serta karakteristik fisiknya. Menurut Mahafza (2020), radar melakukan proses pendeteksian dengan cara memancarkan sinyal elektromagnetik ke lingkungan sekitar, kemudian menganalisis sinyal yang dipantulkan kembali oleh target.



Gambar 2. 2 Radar pada Kapal

Sumber : https://id.pngtree.com/freepng/green-satellite-radar-illustration_5457112.html

Dalam dunia pelayaran, radar merupakan salah satu perangkat navigasi elektronik yang sangat penting. Selain membantu menentukan posisi kapal, radar juga berperan kritis dalam mendeteksi bahaya tubrukan, memantau objek di sekitar kapal pada kondisi jarak pandang terbatas, dan memastikan keselamatan navigasi secara keseluruhan.

a. Komponen Utama Radar

Secara umum, sistem radar terdiri dari beberapa unit penting yang saling terintegrasi untuk menghasilkan informasi navigasi. Menurut Mahafza (2020), komponen tersebut meliputi:

1) Transmitter (Pemancar)

Transmitter berfungsi menghasilkan dan memancarkan pulsa gelombang elektromagnetik berenergi tinggi melalui antena. Pulsa ini dikirimkan secara cepat dan berulang untuk menjangkau area di sekeliling kapal.

2) Modulator

Modulator mengatur pengoperasian transmitter dengan menentukan durasi pulsa, frekuensi pengulangan (PRF—Pulse Repetition Frequency), dan tegangan yang dibutuhkan selama pemancaran. Modulator mengatur jumlah pulsa per detik, biasanya berkisar 500 hingga 3000 pulsa tergantung jangkauan yang digunakan.

3) Antenna / Scanner

Antenna berfungsi memancarkan sinyal dari transmitter sekaligus menerima sinyal pantulan (echo) yang kembali dari target. Antena radar biasanya berbentuk *slotted waveguide* atau *open array*, dan berputar 360° secara horizontal untuk memindai area di sekeliling kapal.

4) Receiver (Penerima)

Receiver adalah rangkaian elektronik yang mengolah sinyal pantulan yang sangat lemah. Sinyal tersebut diperkuat, disaring dari

gangguan (noise), kemudian dikonversi ke bentuk yang dapat dianalisis lebih lanjut oleh prosesor radar.

5) Indicator / Display Unit

Display merupakan unit tampilan yang menampilkan hasil pengolahan sinyal radar dalam bentuk visual di layar, biasanya menggunakan PPI (*Plan Position Indicator*). Pengguna dapat melihat posisi kapal, target berupa kapal lain, daratan, navigational marks, atau objek lain dalam radius jangkauan radar.

b. Jenis-Jenis Radar

Menurut Mahafza (2020), radar diklasifikasikan berdasarkan frekuensi kerja atau panjang gelombang, antara lain:

1) L-Band Radar

Bekerja pada frekuensi rendah dan panjang gelombang lebih panjang. Umumnya digunakan untuk mendeteksi fenomena atmosfer dan turbulensi udara.

2) S-Band Radar

Memiliki resistansi yang baik terhadap redaman hujan sehingga ideal untuk observasi cuaca jarak dekat maupun jauh. Dalam navigasi kapal, S-Band berguna ketika visibilitas rendah akibat hujan lebat.

3) C-Band Radar

Radar berukuran relatif kecil dan dapat dibuat portabel. Biasanya digunakan untuk observasi cuaca jarak pendek seperti mendeteksi pola badai atau hujan lokal.

4) X-Band Radar

Memiliki resolusi tinggi dan mampu mendeteksi objek berukuran kecil. Sangat sensitif dan sering digunakan dalam radar kapal karena memberikan detail target yang lebih jelas pada jarak pendek. Namun, lebih mudah terpengaruh redaman cuaca (rain clutter).

c. Fungsi Radar

Mengacu pada Mahafza (2020), radar memiliki berbagai kegunaan penting, meliputi:

1) Deteksi dan Pelacakan Objek

Radar dapat mendeteksi keberadaan objek, menentukan jarak, arah, dan kecepatannya. Ini sangat penting dalam navigasi kapal terutama pada kondisi malam hari dan kabut.

2) Navigasi dan Anti-Tabrakan

Radar membantu perwira jaga menentukan posisi relatif kapal terhadap objek sekeliling, sehingga memudahkan pengambilan keputusan untuk menghindari tabrakan.

3) Observasi Cuaca

Beberapa radar digunakan untuk memonitor kondisi cuaca, mendeteksi hujan, badai, serta fenomena meteorologi lainnya.

4) Aplikasi Militer

Dalam bidang pertahanan, radar digunakan untuk mengidentifikasi pesawat, rudal, kapal, dan objek strategis lainnya.

5) Pengendalian Lalu Lintas

Radar juga dipakai dalam pengawasan lalu lintas udara maupun maritim untuk menjaga keselamatan pergerakan pesawat dan kapal.

d. Prinsip Kerja Radar

Radar bekerja berdasarkan pengukuran waktu tempuh sinyal elektromagnetik saat dikirimkan dan dipantulkan kembali oleh objek.

Proses kerja radar dapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Pemancaran Sinyal

Transmitter menghasilkan pulsa gelombang elektromagnetik yang dikirimkan melalui antena ke area sekitar kapal.

2) Pemantulan dari Target

Ketika pulsa mengenai objek seperti kapal lain, daratan, atau buoy, sebagian energi pulsa dipantulkan kembali sebagai *echo*.

3) Penerimaan Sinyal Pantulan

Receiver menerima sinyal pantulan yang telah melemah dan memperkuatnya sehingga dapat diproses oleh sistem.

4) Pengolahan oleh Processor

Prosesor menganalisis sinyal pantulan untuk menentukan jarak objek (berdasarkan waktu tempuh sinyal) dan Arah (berdasarkan posisi antena saat menerima echo) serta kecepatan (menggunakan efek Doppler) Hasil analisis kemudian ditampilkan pada indikator radar dalam bentuk gambar dua dimensi PPI.

3. Bahaya Navigasi

Bahaya navigasi merupakan salah satu aspek penting dalam keselamatan pelayaran yang banyak dibahas dalam literatur kemaritiman. Hanafi (2020) menyatakan bahwa bahaya navigasi adalah segala bentuk kondisi atau objek yang dapat mengancam keselamatan kapal dan awak kapal dalam pelayaran, seperti cuaca buruk, keberadaan benda terapung, hingga kondisi laut yang berpotensi membahayakan. Ancaman ini dapat memicu kecelakaan, kerusakan fisik kapal, hingga risiko keselamatan jiwa. Definisi ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2010 tentang Kenavigasian, yang menjelaskan bahaya navigasi sebagai segala sesuatu yang dapat mengganggu, menghambat, atau membahayakan keselamatan serta kelancaran lalu lintas kapal di suatu perairan. Lebih lanjut, Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran menguraikan bahwa bahaya navigasi mencakup ancaman terhadap keselamatan pelayaran, baik yang berasal dari fenomena alam, rintangan fisik, maupun gangguan pada fasilitas dan peralatan navigasi. Dengan demikian, dari berbagai sudut pandang literatur dan regulasi tersebut, bahaya navigasi dapat dipahami sebagai segala faktor yang menimbulkan risiko terhadap keamanan operasional kapal dan kelancaran navigasi.

a. Bahaya Navigasi Alamiah

Bahaya yang dipengaruhi oleh kondisi alam dan fenomena geofisika, antara lain:

1) Cuaca Buruk

Termasuk badai, hujan lebat, kabut tebal, petir, dan angin kencang

yang mengurangi visibilitas dan menghambat manuver kapal.

2) Gelombang Tinggi dan Ombak Besar

Tinggi gelombang yang ekstrem dapat merusak struktur kapal serta meningkatkan risiko kapal kehilangan stabilitas.

3) Arus Laut Kuat

Arus yang tidak terduga dapat menyebabkan penyimpangan jalur pelayaran, terutama di daerah selat atau perairan sempit.

4) Pasang Surut dan Kedalaman Perairan

Pasang surut ekstrem dapat menyebabkan kandas, terutama pada perairan dangkal.

b. Bahaya Navigasi Fisik

Bahaya yang berasal dari objek nyata di perairan, seperti:

1) Karang dan Gosong Laut

Struktur bawah laut yang tidak terlihat jelas dapat menyebabkan kapal kandas atau mengalami kerusakan serius.

2) Bangkai Kapal (Wrecks)

Menjadi sumber ancaman terutama bila tidak ditandai dengan baik pada peta laut.

3) Benda Terapung (Floating Debris)

Contohnya batang kayu besar, kontainer jatuh dari kapal, atau sampah laut yang dapat merusak baling-baling atau lambung.

4) Kapal Lain dan Kepadatan Lalu Lintas

Risiko tabrakan meningkat pada jalur pelayaran yang ramai atau perairan sempit.

5) Pulau Kecil, Batu, atau Struktur Alam Lainnya

Sering menjadi ancaman di malam hari atau saat kondisi visibilitas buruk.

c. Bahaya Navigasi Buatan

Bahaya yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia maupun kerusakan fasilitas navigasi.

1) Kerusakan Alat Bantu Navigasi (Aids to Navigation)

Misalnya kerusakan lampu suar, buoy, rambu laut, atau radar reflector yang menyebabkan kesalahan interpretasi navigasi.

2) Gangguan Komunikasi dan Sistem Navigasi Elektronik

Termasuk gangguan sinyal GPS, interferensi radio, atau kerusakan peralatan navigasi seperti radar, ECDIS, AIS.

3) Pekerjaan Reklamasi atau Konstruksi di Perairan

Aktivitas pembangunan pelabuhan, jembatan, atau instalasi lainnya dapat menciptakan hambatan navigasi sementara.

4) Instalasi Lepas Pantai

Seperti rig minyak, pipa bawah laut, atau kabel laut yang memiliki batas aman navigasi tertentu.

5) Pencemaran dan Tumpahan Minyak

Dapat mengganggu visibilitas permukaan, merusak alat kapal, serta menimbulkan risiko kebakaran.

d. Bahaya Navigasi Operasional

Bahaya yang timbul dari kesalahan prosedur atau kelalaian manusia (*human error*), seperti:

1) Kesalahan Manuver dan Pengoperasian

Misalnya gagal menjaga jarak aman, kesalahan penilaian situasi, atau kurangnya pemahaman terhadap instruksi navigasi.

2) Kegagalan Sistem di Kapal

Termasuk kerusakan mesin, sistem kemudi, atau alat komunikasi.

3) Kurangnya Perencanaan Pelayaran

Tidak memperhitungkan kondisi cuaca, kedalaman, arus, dan rintangan dapat meningkatkan risiko kecelakaan.

4) *Fatigue* (Kelelahan Awak Kapal)

Menyebabkan penurunan konsentrasi sehingga meningkatkan

4. Alur Pelayaran Sempit

Menurut UU No. 17 Tahun 2008 Alur pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar, dan bebas hambatan pelayaran lainnya dianggap aman dan selamat untuk dilayari. Alur pelayaran sempit termasuk alur pelayaran yang tidak mudah untuk dijelaskan.



Gambar 2. 3 Alur Pelayaran Sempit

Sumber : <https://dishub.kukarkab.go.id/berita/detail/alur-pelayaran-kapal-sungai-dan-danau>

Faktor penting untuk menyatakan jika sebuah alur dalam kenyataannya adalah alur pelayaran sempit bila :

- a. Lebar alur pelayaran dapat dilayari (berbeda konsep pada setiap kapal).
- b. Ukuran kedalaman kapal dan kemampuan olah gerak kapal juga merupakan hal penting yang terkait dengan alur pelayaran penerapan (P2TL) aturan 9 (COLREG).
- c. P2TL Aturan 9 – Alur Pelayaran Sempit

Alur pelayaran sempit (*narrow channel*) yaitu jalur alami yang dibatasi di kedua sisinya oleh perairan dangkal. Di daerah pelayaran ini harus berlayar sedekat mungkin dengan batas luar alur pelayaran yang terletak di sisi lambung sebelah kanannya selama masih aman dan dapat dilaksanakan. Tiap kapal yang memiliki panjang kurang dari 20 meter dan kapal nelayan yang sedang menangkap ikan tidak boleh menghalangi jalannya kapal lain

- 1) Kapal harus berlayar mengikuti arah alur pelayaran sempit harus berlayar sedekat mungkin dengan batas luar alur pelayaran atau air pelayaran yang terletak di sisi kanannya selama masih aman dan dapat dilaksanakan
- 2) Kapal tenaga yang panjangnya < 20 m atau kapal layar tidak boleh menghalangi jalannya kapal yang hanya dapat berlayar dengan aman hanya di dalam alur pelayaran sempit atau alur pelayaran
- 3) Kapal yang sedang menangkap ikan dilarang merintang jalannya kapal lain yang sedang berlayar hanya di alur pelayaran sempit atau alur pelayaran. Kapal tidak boleh memotong alur pelayaran atau air

pelayaran sempit, jika pemotongan itu merintanginya penyeberangan kapal yang hanya dapat berlayar dengan aman dalam alur pelayaran sempit. Kapal yang disebut terakhir boleh menggunakan isyarat bunyi yang diisyaratkan dalam aturan 34

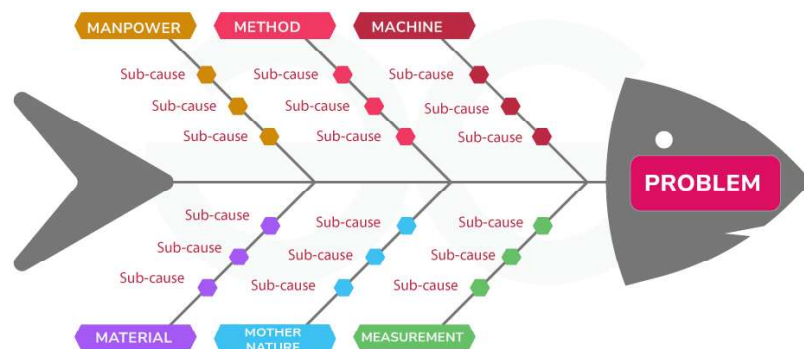
- 4) Jika ragu-ragu mengenai maksud kapal yang sedang memotong tersebut. Kapal yang disebut terakhir boleh menggunakan isyarat bunyi yang diisyaratkan dalam aturan 34
- 5) Didalam alur pelayaran sempit, bilamana penyusulan dapat dilakukan hanya jika kapal yang disusul itu melakukan tindakan untuk memungkinkan penyusulan dengan naman, maka kapal yang hendak menyusul itu harus menyatakan maksudnya dengan membunyikan isyarat sesuai yang ditetapkan dalam Aturan 34 (c)
 - (i). kapal yang akan disusul itu, jika telah setuju, harus membunyikan isyarat sesuai yang ditetapkan dalam Aturan 34 (c)
 - (ii) dan mengambil langkah-langkah untuk memungkinkan penyusulan aman. Jika ragu-ragu, boleh membunyikan isyarat sesuai dalam Aturan 34 (d)
- 6) Kapal yang sedang mendekati tikungan atau daerah alur pelayaran sempit dimana kapal lain dapat terhalang oleh rintangan yang terletak diantaranya, harus berlayar dengan kewaspadaan khusus dan hati-hati, serta harus membunyikan isyarat yang sesuai dalam Aturan 34 (e)
- 7) Setiap kapal jika keadaan mengizinkan, harus selalu menghindari dari berlabuh jangkar di alur pelayaran sempit

Penerapan SOLAS Bab 5 mengenai penggunaan radar di alur pelayaran sempit penting untuk menjamin keselamatan maritim. Sistem radar dirancang untuk membantu navigator dalam melacak dan memprediksi pergerakan kapal lain, yang sangat penting pada perairan yang terbatas dan padat dimana risiko tabrakan lebih tinggi.

5. Metode *FishBone*

Metode Fishbone, yang juga dikenal sebagai *Ishikawa Diagram* atau *Cause and Effect Diagram*, merupakan salah satu alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan berbagai faktor penyebab dari suatu permasalahan. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa pada tahun 1960-an sebagai bagian dari sistem manajemen kualitas untuk membantu organisasi memahami akar permasalahan secara sistematis.

Fishbone Diagram



Fishbone Diagram



Gambar 2. 4 Contoh Diagram *FishBone*

Sumber : <https://www.geeksforgeeks.org/biology/fishbone-diagram-example-use/>

Diagram Fishbone digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antara suatu masalah (efek) dengan berbagai penyebab potensial yang berkontribusi terhadap masalah tersebut. Diagram ini memberikan gambaran yang terstruktur mengenai kategori penyebab utama, sehingga memudahkan proses identifikasi dan analisis akar masalah. Umumnya, kategori utama yang digunakan meliputi *man*, *method*, *machine*, *material*, *measurement*, dan *environment*, tergantung pada konteks permasalahan yang dikaji.

Sementara itu, *American Society for Quality* menjelaskan bahwa Fishbone diagram dapat meningkatkan pemahaman terhadap proses dan mempermudah identifikasi penyebab yang paling signifikan. Dengan struktur visualnya, metode ini sangat bermanfaat dalam kegiatan investigasi kecelakaan, peningkatan kualitas, perbaikan kinerja, serta dalam pengambilan keputusan berbasis analisis.

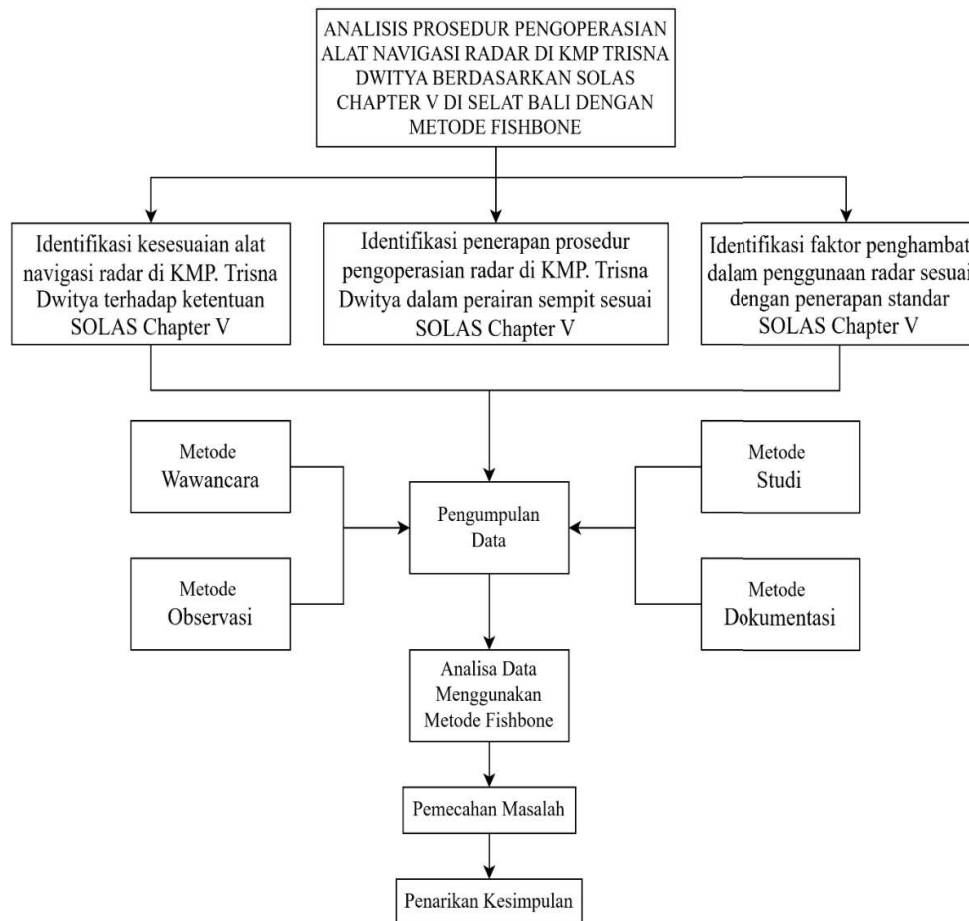
Dalam penelitian operasional dan manajemen, metode Fishbone banyak digunakan untuk menganalisis faktor penyebab dalam berbagai bidang seperti keselamatan kerja, produktivitas, kegagalan sistem, hingga kecelakaan transportasi laut. Diagram Fishbone sangat relevan untuk menguraikan permasalahan kompleks, termasuk dalam kajian transportasi dan navigasi, karena dapat membantu mengidentifikasi interaksi faktor manusia, teknis, lingkungan, dan prosedural yang berkontribusi terhadap terjadinya suatu insiden.

Secara keseluruhan menunjukkan bahwa metode Fishbone adalah alat analisis yang sistematis, visual, dan mudah diterapkan untuk

mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah. Dengan mengorganisasikan berbagai faktor dalam struktur yang teratur, diagram ini mampu memberikan dasar yang kuat dalam proses evaluasi, perbaikan, dan pengambilan keputusan.

C. KERANGKA PENELITIAN

Kerangka penelitian yang disusun penulis menitikberatkan pada penelitian tentang analisa prosedur pengoperasian alat navigasi terhadap SOLAS Chapter V untuk mengurangi bahaya di alur pelayaran sempit. Adapun kerangka penelitian yang dipaparkan penulis adalah sebagai berikut, dimana dijelaskan penulis secara runtut dari masalah yang timbul, penyebab terjadinya, serta penyelesaiannya.



Gambar 2. 5 Kerangka Penelitian
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

BAB III

METODE PENELITIAN

A. JENIS PENELITIAN

Penelitian dalam Karya Ilmiah Terapan (KIT) ini menggunakan metode penulisan deskriptif kualitatif. Menurut Dr. Sapto Maryono, M.Pd. (2021) dalam bukunya *Metodologi Penelitian Kualitatif*, metode deskriptif merupakan pendekatan penelitian yang bertujuan menggambarkan, memaparkan, dan menjelaskan kondisi objek secara apa adanya sesuai dengan situasi nyata pada saat penelitian berlangsung. Sementara itu, pendekatan kualitatif digunakan untuk melakukan pendalaman data sehingga peneliti dapat memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif dan bermakna terhadap fenomena yang diteliti. Dengan demikian, pendekatan kualitatif pada dasarnya mengandalkan uraian deskriptif berupa kata-kata atau kalimat dalam proses pengumpulan data, analisis, interpretasi, hingga penyusunan laporan penelitian secara sistematis.

Metode kualitatif yang diterapkan dalam penelitian ini dilakukan melalui studi dokumen, observasi langsung, serta wawancara. Pendekatan yang digunakan bersifat *observational-analytical*, yaitu peneliti melakukan pengamatan terhadap kegiatan operasional kapal sebagai objek penelitian, kemudian menganalisisnya berdasarkan aturan dan prosedur navigasi yang berlaku. Pendekatan ini bertujuan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menimbulkan bahaya navigasi serta mengevaluasi penanganan yang sesuai dengan ketentuan keselamatan pelayaran.

Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan metode Fishbone (*Ishikawa Diagram*) sebagai alat bantu analisis untuk mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan yang terjadi. Fishbone digunakan untuk mengelompokkan faktor-faktor penyebab ke dalam kategori tertentu, sehingga memudahkan peneliti dalam memahami hubungan antara masalah utama dengan penyebab yang memengaruhinya. Metode ini mendukung proses analisis kualitatif dengan memberikan gambaran struktural yang jelas mengenai faktor manusia, peralatan, metode kerja, lingkungan, maupun prosedur yang terkait dengan kejadian yang diteliti. Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah untuk mengungkap fakta, kondisi, serta fenomena yang terjadi selama proses penelitian berlangsung, sehingga dapat menghasilkan temuan akhir yang mencerminkan keadaan sebenarnya berdasarkan data yang diperoleh di lapangan.

B. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di KMP Trisna Dwitya, yaitu kapal penyeberangan yang beroperasi di Selat Bali pada lintas Ketapang – Gilimanuk. Waktu *sign on* penelitian dilakukan pada tanggal 26 Juli 2024 dan waktu *sign off* pada tanggal 26 Juli 2025 selama kegiatan praktik laut.

C. JENIS DAN SUMBER DATA

1. Data Primer

Data primer merupakan data utama yang diperoleh secara langsung oleh peneliti melalui kegiatan observasi dan pencatatan di lapangan.

Pengumpulan data dilakukan dengan mengamati secara langsung proses operasional kapal serta mencatat kondisi-kondisi yang relevan dengan fokus penelitian. Selain observasi, peneliti juga melakukan wawancara dengan pihak penanggung jawab kapal yaitu **Mualim I**, untuk memperoleh informasi mendalam mengenai prosedur pengoperasian radar dan kendala yang dihadapi dalam kapal. Data primer tersebut menjadi dasar dalam analisis kualitatif dan digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab permasalahan melalui metode Fishbone.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang berfungsi untuk melengkapi dan memperkuat temuan dari data primer. Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh melalui studi kepustakaan dan penelaahan dokumen resmi yang relevan dengan pengoperasian radar dan keselamatan navigasi. Sumber data sekunder meliputi *manual book* Radar Furuno Model 1715 yang digunakan untuk memahami spesifikasi teknis serta prinsip kerja peralatan navigasi di kapal, dokumen berita acara tabrakan kapal yang memberikan gambaran objektif mengenai insiden dan faktor penyebabnya, serta Standar Operasional Prosedur (SOP) pengoperasian radar yang menjadi acuan resmi dalam pelaksanaan tugas jaga navigasi. Seluruh data sekunder tersebut digunakan untuk memperkuat analisis, membandingkan temuan lapangan dengan standar yang berlaku, serta memastikan bahwa hasil penelitian memiliki dasar yang valid dan sesuai.

D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

1. Observasi

Menurut Menurut H. Winda (2024), observasi merupakan teknik pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung terhadap gejala, peristiwa, serta fakta empiris yang berkaitan dengan fokus penelitian. Pada tahap ini, peneliti melakukan pengamatan sistematis dengan menggunakan *checklist* yang telah disusun sebelumnya, kemudian mencatat temuan-temuan penting selama penelitian berlangsung.

Dalam penelitian ini, observasi dilakukan terhadap prosedur pengoperasian radar di KMP Trisna Dwitya, khususnya terkait penerapan aspek keselamatan pelayaran sebagaimana diatur dalam SOLAS Chapter V. Pengamatan difokuskan pada bagaimana peralatan radar digunakan selama pelayaran di Selat Bali, bagaimana perwira jaga menjalankan prosedur operasional standar, serta bagaimana potensi bahaya navigasi terdeteksi dan ditangani. Observasi ini bertujuan untuk memperoleh gambaran mengenai pelaksanaan operasi radar di kapal dan mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap efektivitas penggunaannya.

2. Wawancara

Teknik wawancara dalam penelitian ini menggunakan wawancara terstruktur. wawancara dilakukan dengan memberikan pertanyaan yang telah disusun dan dijawab secara langsung oleh narasumber dalam suasana yang formal. Peneliti melakukan wawancara kepada perwira dan personel terkait selama kegiatan praktik laut (PRALA) di KMP Trisna Dwitya. Pertanyaan difokuskan pada prosedur pengoperasian radar, langkah-

langkah yang dilakukan saat pelayaran di perairan sempit seperti Selat Bali, serta kendala-kendala yang biasa muncul dalam penggunaan radar. Teknik ini digunakan untuk memperoleh informasi mendalam dan memastikan data yang diperoleh konsisten dengan temuan observasi.

3. Dokumentasi

Menurut Yanuar (2024), dokumentasi adalah teknik pengumpulan data berupa pengumpulan informasi yang tersimpan dalam bentuk gambar, tulisan, atau benda-benda visual yang memiliki keterkaitan dengan penelitian.

Dalam penelitian ini, dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan foto, catatan teknis, serta dokumen kapal yang berkaitan dengan operasional radar, termasuk prosedur standar, buku pedoman, serta rekaman visual dari kegiatan pengoperasian radar di anjungan. Teknik ini membantu memperkuat hasil observasi dan wawancara serta memberikan bukti pendukung mengenai kondisi nyata peralatan dan prosedur operasional di kapal.

E. TEKNIK ANALISIS DATA

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode Fishbone (*Ishikawa Diagram*) sebagai salah satu pendekatan analisis untuk mengidentifikasi dan memetakan penyebab–penyebab yang berkontribusi terhadap permasalahan dalam prosedur pengoperasian radar di KMP Trisna Dwitya. Metode ini dipilih karena mampu memberikan gambaran yang sistematis mengenai hubungan antara permasalahan utama dengan faktor-faktor penyebabnya. Diagram

Fishbone merupakan alat analisis yang digunakan untuk menemukan akar penyebab (*root cause*) dari suatu masalah melalui pengelompokan berbagai faktor yang memengaruhi masalah tersebut ke dalam kategori tertentu. Dengan demikian, metode ini sangat relevan digunakan dalam penelitian yang bertujuan mengevaluasi efektivitas prosedur pengoperasian radar berdasarkan ketentuan SOLAS Chapter V serta memberikan dasar yang kuat untuk merumuskan rekomendasi peningkatan keselamatan navigasi di daerah pelayaran yang padat seperti Selat Bali.

1. Identifikasi Masalah Utama

Langkah pertama dalam analisis Fishbone adalah menentukan masalah utama yang terjadi pada objek penelitian. Dalam konteks penelitian ini, masalah utama terkait dengan ketidaksesuaian dalam prosedur pengoperasian radar selama pelayaran di Selat Bali. Masalah tersebut ditetapkan berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi.

2. Penentuan Kategori Penyebab

Setelah masalah utama diidentifikasi, berbagai faktor penyebab dikelompokkan ke dalam kategori-kategori umum. Penelitian ini menggunakan kategori analisis yang lazim dalam metode Fishbone, yaitu:

- a. *Man* (SDM/Operator)
- b. *Method* (Prosedur atau Standar Operasi)
- c. *Machine* (Kondisi Peralatan Radar)
- d. *Environment* (Lingkungan Perairan dan Kondisi Operasional)
- e. *Material* (Dokumen Pendukung dan Informasi Navigasi)
- f. *Management* (Kebijakan dan Pengawasan Operasional)

3. Pengumpulan dan Pemilahan Data Penyebab

Data dari hasil observasi, wawancara, serta dokumentasi diklasifikasikan berdasarkan kategori penyebab tersebut. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi:

- a. Faktor penyebab langsung
- b. Penyebab tidak langsung
- c. Penyebab yang memiliki dampak dominan terhadap pelaksanaan prosedur radar

Setiap temuan dialokasikan pada cabang-cabang Fishbone untuk menentukan pola penyebab yang paling signifikan.

4. Analisis Akar Masalah (*Root Cause Analysis*)

Melalui diagram Fishbone, penyebab-penyebab awal ditelusuri lebih jauh untuk menemukan akar masalah yang sebenarnya. Analisis ini memungkinkan peneliti menilai faktor mana yang paling berpengaruh terhadap efektivitas pengoperasian radar, misalnya terkait keterampilan operator, kejelasan prosedur, kondisi peralatan, atau faktor lingkungan seperti cuaca dan kepadatan lalu lintas pelayaran.

5. Penyusunan Hasil dan Penarikan Kesimpulan

Hasil analisis Fishbone disajikan secara deskriptif dengan memaparkan hubungan antara masalah utama dan akar penyebabnya. Temuan ini kemudian dijadikan dasar merumuskan kesimpulan dan rekomendasi peningkatan prosedur pengoperasian radar agar sesuai ketentuan SOLAS Chapter V serta praktik keselamatan pelayaran di Selat Bali.