

LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH OPTIMALISASI RUTE PELAYARAN  
TERHADAP EMISI GAS BUANG DI KAPAL KMP  
GILIMANUK II**



CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS  
NIT 22363062049

disusun sebagai salah satu syarat  
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN

**PENGARUH OPTIMALISASI RUTE PELAYARAN  
TERHADAP EMISI GAS BUANG DI KAPAL KMP  
GILIMANUK II**



CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS  
NIT 22363062049

disusun sebagai salah satu syarat  
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS

Nomor Induk Taruna : 22363062049

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

### **PENGARUH OPTIMALISASI RUTE PELAYARAN TERHADAP EMISI GAS BUANG DI KAPAL KMP GILIMANUK II**

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

Surabaya, 14 April 2026



CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : Pengaruh Optimalisasi Rute Pelayaran Terhadap Emisi Gas  
Buang Di KMP Gilimanuk II  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal  
Nama : Cicilia Kunti Dewi Cahyaningtyas  
NIT : 22363062049  
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, ..... 2 April ..... 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Rama Syahputra Simatupang, S.ST.Pel.M.T)  
NIP. 1988032920119021002

Dosen Pembimbing II



(Intan Sianturi, M.M.Tr)  
NIP. 199402052019022003

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E.)  
NIP. 196905312003121001

**PERSETUJUAN SEMINAR HASIL  
TUGAS AKHIR**

Judul : Pengaruh Optimalisasi Rute Pelayaran Terhadap Emisi Gas  
Buang di Kapal Gilimanuk II  
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal  
Nama : Cicilia Kunti Dewi Cahyaningtyas  
NIT : 22363062049  
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, 14 April..... 2026

Menyetujui,

Dosen Penguji I



Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E.)  
NIP. 19760528 200912 2 022

Dosen Penguji II



(Rama Syahputra Simatupang.S.ST.Pel.M.T.)  
NIP. 1988032920119021002

Dosen Penguji III

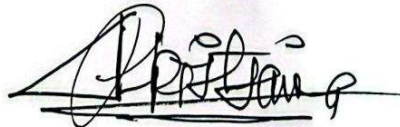


(Agus Prawoto, S. Si.T, MM)  
NIP. 19780817 200912 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E.)  
NIP. 196905312003121001

**PENGESAHAN PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN**  
**PENGARUH OPTIMALISAI RUTE PELAYARAN TERHADAP EMISI**  
**GAS BUANG DI KAPAL X**

Disusun dan Diajukan Oleh :  
**CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS**  
NIT. 22 36 306 2 049  
Ahli Teknik Pelayaran Tingkat II

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT  
Pada Tanggal, 27 Juni 2024  
Menyetujui,

Penguji I



**MUHAMMAD DARWIS, S.T.M, Mar.E**  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197706241999031001

Penguji II



**RAMA S. SIMATUPANG, S.ST.Pel., M.T.**  
Penata Muda TK. I (III/b)  
NIP. 19880329 201902 1 002

Penguji III



**(INTAN SIANTURI, S.E., M.M.Tr.)**  
Penata Muda TK. I (III/b)  
NIP. 199402052019022003

Mengetahui,  
Kepala Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal  
Politeknik Pelayaran Surabaya



**MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd., M.Mar.E.**  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 19760528 200912 2 002

**PENGESAHAN  
LAPORAN TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**PENGARUH OPTIMALISASI RUTE PELAYARAN TERHASAP EMISI  
GAS BUANG DI KAPAL KMP GILIMANUK II**

Disusun oleh:  
CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS  
NIT. 22 36 306 2 049

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

Surabaya, *14 April 2026*

Mengesahkan,

Dosen Penguji I



Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E.)  
NIP. 19760528 200912 2 022

Dosen Penguji II



(Rama Syahputra Simatupang, S.ST.Pel.M.T.)  
NIP. 1988032920119021002

Dosen Penguji III



(Agus Prawoto, S. Si.T. MM)  
NIP. 19780817 200912 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



(Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E.)  
NIP. 196905312003121001

## ABSTRAK

CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS, Pengaruh optimalisasi rute pelayaran terhadap emisi gas buang di kapal KMP Gilimanuk II. Dibimbing oleh Bapak Rama Syahputra Simatupang, S.ST.Pel,M.T dan Ibu Intan Sianturi ,S.E.,M.M.Tr.

Emisi gas buang kapal merupakan salah satu sumber gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar High Speed Diesel (HSD). Aktivitas pelayaran yang berlangsung terus-menerus dapat meningkatkan emisi gas seperti CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rute pelayaran, menghitung besarnya emisi gas buang, serta menganalisis pengaruh optimalisasi rute terhadap emisi pada KMP Gilimanuk II yang beroperasi pada lintasan Pelabuhan Ketapang – Pelabuhan Gilimanuk melalui Selat Bali. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Activity-Based Emission Calculation* berdasarkan faktor emisi dari pedoman Intergovernmental Panel on Climate Change. Data diperoleh dari pencatatan waktu pelayaran, jarak tempuh, dan konsumsi bahan bakar selama kegiatan praktek laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan rute pelayaran mempengaruhi konsumsi bahan bakar dan besarnya emisi yang dihasilkan. Perbandingan rute 3 dan rute 19 menunjukkan bahwa meskipun waktu pelayaran sama yaitu 16 jam, emisi yang dihasilkan berbeda. Rute 19 menghasilkan emisi sebesar 2.099,39 kg, sedangkan rute 3 menghasilkan 1.994,30 kg. Hal ini menunjukkan bahwa optimalisasi rute dan efisiensi operasi mesin dapat menurunkan emisi gas buang kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute pelayaran, kondisi operasional, dan efisiensi mesin mempengaruhi konsumsi bahan bakar serta emisi. Rute 3 lebih optimal karena menghasilkan emisi lebih rendah dibandingkan rute 19, sehingga optimalisasi rute dan operasi kapal penting untuk menekan emisi gas buang

**Kata kunci:** rute pelayaran, konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, optimalisasi rute, KMP Gilimanuk II

## ABSTRACT

*CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS, The effect of optimizing shipping routes on exhaust gas emissions on ships KMP Gilimanuk II. Supervised by Mr Rama Syahputra Simatupang, S.ST.Pel,M.T and Mrs Intan Sianturi ,S.E.,M.M.Tr.*

*Ship exhaust emissions are a source of greenhouse gases produced from the combustion of High Speed Diesel (HSD) fuel. Continuous shipping activities can increase emissions such as CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O. This study aims to identify sailing routes, calculate exhaust emissions, and analyze the effect of route optimization on emissions from KMP Gilimanuk II operating between Ketapang Port and Gilimanuk Port across the Bali Strait. This research uses a quantitative method with the Activity-Based Emission Calculation approach based on emission factors from Intergovernmental Panel on Climate Change guidelines. Data were obtained from sailing records including travel time, distance, and fuel consumption during sea practice. The results show that differences in sailing routes influence fuel consumption and emissions. Although route 3 and route 19 have the same sailing time (16 hours), route 19 produces higher emissions of 2,099.39 kg compared to 1,994.30 kg on route 3. This indicates that route optimization and efficient engine operation can reduce ship exhaust emissions. The research results show that shipping routes, operational conditions, and engine efficiency influence fuel consumption and emissions. Route 3 is more optimal because it produces lower emissions than route 19. Therefore, optimizing routes and ship operations is crucial to reduce exhaust emissions.*

**Keywords:** *sailing route, fuel consumption, exhaust emissions, route optimization, KMP Gilimanuk II.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang dengan memberikan ridhonya, dengan kesempatan ini penulis dapat menyelesaikan tugas tugas akhir karya ilmiah terapan dengan judul :

### **” PENGARUH RUTE PELAYARAN TERHADAP EMISI GAS BUANG DI KAPAL KMP GILIMANUK II””**

Untuk menyelesaikan studi pendidikan program sarjana terapan salah satu syarat yang di lakukan oleh Taruna adalah penyusunan tugas akhir karya ilmiah terapan yang berguna sebagai pembekalan Taruna dalam menjalani Praktek Laut di atas kapal.

Dalam kesempatan yang telah diberikan ini, peneliti menyampaikan terima kasih kepada pihak – pihak yang sudah terlibat dalam penyelesaian tugas akhir penelitian ini, dengan hormat :

1. Tuhan Yang Maha Esa peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir karya ilmiah terapan ini.
2. Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya Bapak Moejjiono, M.T, M.Mar. E. yang telah memberikan pembinaan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
3. Ketua Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal Bapak Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., M.Mar.E. yang telah memberikan bimbingan kepada taruna-taruni Politeknik Pelayaran Surabaya.
4. Pembimbing I Bapak Rama Syahputra Simatupang.S.ST.Pel,M.T, yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi tugas akhir karya ilmiah terapan kepada penulis.
5. Pembimbing II Ibu Intan Sianturi.,M.M.Tr. yang telah memberikan masukan dan arahan tentang isi dari materi tugas akhir karya ilmiah terapan kepada penulis.
6. Seluruh dosen di Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah mengarahkan penulis.
7. Seluruh Taruna-Taruni Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah membantu dalam memberikan semangat dalam penyelesaian Karya Ilmiah Terapan ini, khususnya angkatan XIII Diploma IV.

Akhir kata peneliti berharap semoga karya ilmiah terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi penulis khususnya. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan lindungan dalam melakukan penelitian selanjutnya.

Surabaya, 15 Oktober 2025

**CICILIA KUNTI DEWI CAHYANINGTYAS**  
**NIT 22363062049**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PRPOPOSAL TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACK .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori .....	9
1. Rute Pelayaran.....	9
2. Emisi Gas Buang Kapal .....	10

3. Sistem Optimalisasi.....	11
4. Bahan Bakar Kapal.....	12
5. <i>Engine Log Book</i> dan <i>Deck Log Book</i> .....	12
6. Pengurangan Gas Buang .....	13
C. Kerangka Penelitian .....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
A. Jenis Penelitian.....	16
B. Tempat Penelitian .....	17
C. Sumber Data.....	18
D. Teknik Pengumpulan Data.....	19
E. Teknik Analisis Data.....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	31
B. Hasil Penelitian .....	32
1. Data Hasil Observasi.....	32
2. Penyajian Data .....	34
C. Pembahasan Hasil Penelitian .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>
A. Kesimpulan .....	50
B. Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Penelitian .....	15
Gambar 3.1 Turbocharge Mesin Induk .....	20
Gambar 3.2 Gelas duga pada tangki harian .....	21
Gambar 3.3 Kondisi Ruang Mesin.....	21
Gambar 3.4 Rute Pelayaran Ketapang – Gilimanuk .....	21
Gambar 3.5 RPM Mesin .....	22
Gambar 3.6 Compass Repeater (kiridan Poros Kemudi (kanan). .....	22
Gambar 3.7 GPS Navigator.....	23
Gambar 4.1 Ship Particular .....	32
Gambar 4.2 Engine Log Book.....	32
Gambar 4.2 Engine Log Book .....	33
Gambar 4.3 Deck Abstrak Log .....	34
Gambar 4.4 Gelas Duga Tangki Harian .....	34

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Review Jurnal Sebelumnya .....	6
Tabel 3.1 Tabel Emmision Factor .....	28
Tabel 4.1 Data dari Deck Absrtak Log .....	35
Tabel 4.2 Data dari Engine Log Book .....	36
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Emisi Gas per Rute.....	40
Tabel 4.4 Emisi Rute 3 dan Rute 19 .....	44

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Industri pelayaran merupakan sektor transportasi laut yang mengangkut orang dan barang/kargo. Perkembangan frekuensi pelayaran nasional meningkat cukup signifikan. Banyak jenis barang yang diangkut melalui transportasi laut, pada hal ini banyak hal yang dilakukan para pelaku membuat inovasi agar lebih efektif dan juga cepat. Transportasi laut memberikan kontribusi yang sangat besar bagi perekonomian dunia dimana pengangkutan barang merupakan bagian terpenting dalam bisnis transportasi laut, dimana lebih dari tujuh miliar ton barang dikirim lewat jalur laut setiap tahunnya.

Dalam perkembangan globalisasi memicu semakin ketatnya pertumbuhan persaingan bisnis di dunia industri saat ini. Berbagai perusahaan berlomba menciptakan suatu inovasi dalam proses bisnisnya demi memenuhi permintaan konsumen. Kegiatan distribusi merupakan salah satu bagian dari lingkup supply chain yang sangat penting dan mempunyai pengaruh yang besar terhadap perusahaan. Perusahaan harus bisa menyusun jaringan distribusi yang tepat. Keputusan tentang perancangan jaringan-jaringan distribusi harus mempertimbangkan trade off dari aspek biaya, aspek fleksibilitas dan aspek kecepatan respon terhadap pelanggan (Pujawan, 2005). Semakin banyak jaringan- jaringan distribusi yang ada, maka pengiriman produk hingga ke tangan konsumen akan menjadi kompleks.

Pelayaran merupakan sarana yang penting untuk menjaga keselamatan

berlayar bagi berbagai macam kapal. Di bidang ekonomi, pelayaran masih diperlakukan sebagai industri penunjang. Tak ada perlakuan khusus, sebagaimana diterapkan oleh negara-negara maju.

Kemudian, bentuk-bentuk *conference* yang dicoba diterapkan di lingkungan pelayaran masih ditafsirkan sekaligus ekonomi Indonesia sebagai bentuk kartel atau monopoli ekonomi. Pelayaran berdasarkan Pasal 1 butir (1) Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran adalah suatu kesatuan sistem yang terdiri atas angkutan di perairan, kepelabuhan, keselamatan, dan keamanan, serta perlindungan lingkungan maritim.

Al-Khayyal & Hwang mengatakan bahwa penelitian dalam bidang laut masih jarang dilakukan sehingga masih banyak peluang penelitian dalam bidang transportasi laut untuk dikaji. Permasalahan yang sering terjadi pada transportasi laut adalah bagaimana mengirimkan produk ke konsumen di luar pulau tepat waktu dengan memperhitungkan inventori level di masing-masing gudang penyangga konsumen. Permasalahan yang berkaitan dengan status inventory level di tiap-tiap konsumen dan pemilihan rute pengiriman sehingga biaya yang terjadi minimum (Al-Khayyal., 2007). Kemudian pada tahun 2007, Hse, C.-ing & Hsieh, Y.-ping melakukan modeling secara matematik dan komputer untuk menentukan rute, ukuran, dan frekuensi berlayar kapal dengan meminimumkan biaya transportasi dan biaya inventori.

Efisiensi biaya transportasi akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang dikeluarkan suatu perusahaan. Biaya transportasi sendiri mempunyai proporsi sebesar 66% terhadap keseluruhan biaya logistik (Gianpaolo Ghiani., 2004). Tidak hanya mempertimbangkan biaya transportasi, namun juga

mempertimbangkan bahan bakar yang digunakan selama masa berlayar juga harus diperhatikan.

Rute pelayaran sangat berpengaruh terhadap waktu selama perjalanan. Menentukan jalur atau rute pelayaran dengan optimal tentu saja akan mempengaruhi bahan bakar yang terpakai. Selama masa layar sebuah kapal membutuhkan bahan bakar yang sebanding. Dalam hal tersebut proses pembakaran bahan bakar akan menimbulkan emisi gas buang kapal yang dilepaskan ke udara (Simatupang, 2023). Pada masa sekarang sudah banyak ditemukan bahan bakar yang minim menimbulkan gas buang yang merusak udara sekitar dan kualitas nya pun berbeda beda sesuai dengan kebutuhan dari kapal tersebut.

Untuk itu rute pelayaran berkaitan dengan emisi gas buang yang dihasilkan oleh kapal. Hal tersebut dapat dikurangkan dengan membuat rute pelayaran yang tepat. Berdasarkan permasalahan tersebut penulis mencoba menuangkan dalam suatu karya ilmiah yang berjudul “ PENGARUH OPTIMALISASI RUTE PELAYARAN TERHADAP EMISI GAS BUANG KAPAL KMP GILIMANUK II”

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka, rumusan masalah yang dapat penulis ambil adalah :

1. Berapa emisi gas buang pada kapal KMP Gilimanuk II ?
2. Bagaimana pengaruh optimalisasi rute pelayaran terhadap emisi gas buang di kapal KMP Gilimanuk II ?

### **C. Batasan Masalah**

Dalam menyelesaikan masalah tersebut dan luasnya bidang yang saya ambil, maka dari itu penulis memberi Batasan masalah pada konsumsi bahan bakar, emisi gas, dan rute pelayaran yang digunakan selama masa pelayaran kapal KMP Gilimanuk II.

### **D. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui besarnya emisi gas buang yang dihasilkan oleh kapal KMP Gilimanuk II selama kegiatan pelayaran.
2. Untuk menganalisis pengaruh optimalisasi rute pelayaran terhadap emisi gas buang pada kapal KMP Gilimanuk II.

### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipakai pedoman supaya para pelaut muda dapat menentukan rute yang tepat sehingga emisi gas buang kapal yang dihasilkan tidak sebanyak ketika menggunakan rute yang tidak tepat.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi taruna taruni Politeknik Pelayaran Surabaya, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi motivasi dalam menambah ilmu serta pengetahuan tentang optimalisasi rute pelayaran.
- b. Bagi Politeknik Pelayaran Surabaya, hasil penelitian ini diharapkan

dapat memberikan atau menambah pustaka di perpustakaan

- c. Bagi peneliti lainnya, kegiatan penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi serta keterampilan dalam penelitian

**BAB II**  
**KAJIAN PUSTAKA**

**A. Review Penelitian Sebelumnya**

Review penelitian sebelumnya adalah upaya peneliti untuk membandingkan dan mendapatkan inspirasi dari penelitian sebelumnya. Selain itu, hasil penelitian tersebut dapat berfungsi sebagai bahan referensi bagi peneliti saat melakukan penelitian ini. Dengan adanya hasil penelitian sebelumnya maka penulis akan mengetahui perbedaan pembahasan tentang bahan yang sedang diteliti

Tabel 2.1 Review Jurnal Sebelumnya

No	Nama	Judul	Hasil
1.	Achilleas Grigoriadis Sumber : <i>Scienc Direct (2021) Atmospheric Environment: X Volume12, December 2021, 100142</i>	<i>Development of exhaust emission factors for vessels: A review and meta- analysis of available data</i>	Pada jurnal ini menggunakan nilai rata- rata CO dan HC yang dihitung menunjukkan bahwa emisi lebih tinggi pada mesin berkecepatan tinggi. Sedangkan pada penelitian yang saya buat untuk mengetahui emisi menggunakan log book deck digabungkan dengan log book mesin.
2.	Arif Fadillah, Augustinus Pusaka K., Moch. Ricky ,Dariansyah sumber : Universitas Darma Persada(4 maret 2015) KAJIAN STRATEGI PENURUNAN EMISI GAS BUANG DARI KAPAL DI PELABUHAN TANJUNG PRIOK Jurusan Teknik Perkapalan, Fak. Teknologi Kelautan,	KAJIAN STRATEGI PENURUNAN EMISI GAS BUANG DARI KAPAL DI PELABUHAN TANJUNG PRIOK	Pada kajian ini Strategi untuk menurunkan emisi dibandingkan dengan skenario strategi business as usual (BAU) sedangkan pada penelitian saya menggunakan optimalisasi pada rute pelayaran.

No	Nama	Judul	Hasil
3.	Artur Bogdanowicz, Sumber : <i>Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Polish Naval Academy</i> , 81-103 Gdynia, Poland; Published online 2020 Nov 18.	<i>Environmental impact of exhaust emissions by Arctic shipping</i>	Pada jurnal ini membahas permasalahan kapan yang berlayar di es lalu emisi yang dihasilkan, sedangkan untuk penelitian saya rute pelayaran bukan lah di es. Namun pada penelitian yang saya ambil Dimana kapal yang saya jadikan objek berapa pada cuaca tropis sehingga hasil akhirnya akan berbeda
4.	Christian Schröder Sumber: <i>National Institutes of Health</i> (24 Oktober 2017) PMCID: PMC5673872 PMID: <a href="#">29067640</a>	<i>Marine Diesel Engine Exhaust Emissions Measured in Ship's Dynamic Operating Conditions</i>	Pada penelitian ini membahas Integrasi numerik dari intensitas program emisi massal memungkinkan diperolehnya kurva yang menunjukkan bentuk gelombang emisi selama manuver kapal hidrografi di pelabuhan. Pada penelitian yang saya lakukan menggunakan perbandingan buku log book di deck dengan buku log book engine.

Pada penelitian 1 membahas tentang *Development of exhaust emission factors for vessels: A review and meta-analysis of available data*. Pada penelitian 1 menggunakan CO dan HC untuk menghitung emisi gas buang yang dihasilkan ketika kapal berkecepatan tinggi. Berdasarkan penelitian tersebut dijelaskan bahwa kecepatan kapal berpengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan oleh kapal tersebut. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini terletak pada variabel dan pendekatan analisis yang digunakan. Penelitian ini tidak hanya meninjau pengaruh kecepatan kapal terhadap emisi gas buang, tetapi juga menghitung besaran emisi berdasarkan konsumsi bahan bakar kapal serta faktor emisi (Emission Factor) sesuai pedoman inventarisasi emisi. Selain itu, penelitian ini menggunakan data operasional kapal yang diperoleh dari log book sehingga perhitungan emisi dilakukan berdasarkan data aktual kegiatan pelayaran kapal.

Penelitian 2 membahas tentang strategi penurunan gas buang dari kapal di Pelabuhan. Pada penelitian 2 menggunakan strategi penurunan emisi gas buang kapal dengan menggunakan skenario strategi *Business as Usual* (BAU). Berdasarkan penelitian tersebut emisi gas buang kapal dapat dikurangi dengan menggunakan skenario BAU. Perbedaan dengan penelitian ini adalah bahwa penelitian ini tidak berfokus pada strategi pengendalian atau skenario penurunan emisi, melainkan lebih menitikberatkan pada perhitungan dan analisis besarnya emisi gas buang kapal berdasarkan aktivitas pelayaran dan konsumsi bahan bakar kapal. Dengan demikian, penelitian ini lebih menekankan pada perhitungan kuantitatif emisi yang dihasilkan oleh kapal selama kegiatan operasional.

Pada penelitian 3 membahas tentang *Environmental impact of exhaust emissions by Arctic shipping*. Pada penelitian 3 ini memaparkan tentang emisi yang dihasilkan pada rute pelayaran es. Berdasarkan penelitian tersebut dijelaskan emisi gas buang yang dihasilkan oleh kapal ketika kapal tersebut berada pada rute pelayaran dengan kondisi dingin (es). Perbedaan dengan penelitian ini terletak pada kondisi wilayah dan objek penelitian. Penelitian tersebut berfokus pada kapal yang beroperasi pada wilayah pelayaran es (*Arctic shipping*) dengan kondisi lingkungan yang ekstrem, sedangkan penelitian ini dilakukan pada kapal yang beroperasi pada perairan Indonesia dengan karakteristik rute pelayaran yang berbeda. Selain itu, penelitian ini lebih menitikberatkan pada perhitungan emisi berdasarkan konsumsi bahan bakar kapal dan faktor emisi yang digunakan.

Pada penelitian 4 membahas tentang *Marine Diesel Engine Exhaust*

*Emissions Measured in Ship's Dynamic Operating Conditions*. Pada penelitian 4 ini memaparkan tentang Integrasi numerik dari intensitas program emisi massal memungkinkan diperolehnya kurva yang menunjukkan bentuk gelombang emisi selama manuver kapal hidrografi di Pelabuhan, dimana cara tersebut digunakan untuk menghitung emisi gas buang yang dihasilkan oleh kapal tersebut. Perbedaan dengan penelitian ini terletak pada metode pengukuran emisi yang digunakan. Penelitian tersebut melakukan pengukuran langsung terhadap emisi mesin kapal menggunakan pendekatan eksperimen dan pemodelan dinamika operasi mesin, sedangkan penelitian ini menggunakan pendekatan perhitungan emisi berdasarkan konsumsi bahan bakar kapal, faktor emisi, serta data operasional kapal yang diperoleh dari *log book*.

## **B. Landasan Teori**

### **1. Rute Pelayaran**

Definisi rute merupakan jarak tempuh atau arah tempah dari tempat yang satu ke tempat lainnya yang dilalui atau dijalani dalam kurun waktu tertentu menurut (Suwardjoko P, 2002). Sedangkan definisi dari pelayaran merupakan satu kesatuan sistem yang terdiri atas angkutan di perairan, kepelabuhanan, keselamatan dan keamanan, serta perlindungan lingkungan maritim (UU No.17 tahun 2008 ). Pada suatu perjalanan yang dilakukan oleh kapal selama masa pelayaran disebut dengan rute pelayaran. Rute pelayaran merupakan jalur transportasi air yang dibuat dengan mempertimbangkan berbagai faktor untuk optimalisasi keselamatan pelayaran.

Pembuatan rute pelayaran dilakukan dengan mengolah produk spasial berbasis Sistem Informasi Geografi. Suatu rute pelayaran ditentukan bukan dengan cara yang sembarangan, melainkan dengan memakai peta-peta navigasi, dengan peta tersebut digabungkan dengan kondisi normal laut maka kapal akan tau rute mana yang harus dilalui oleh kapal tersebut supaya lebih efektif dan cepat sampai tujuan suatu pelayaran. Demikian dapat dilihat bahwa rute pelayaran merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dalam pelayaran suatu kapal.

## 2. Emisi Gas Buang Kapal

Emisi sendiri tentu saja tidak mungkin muncul dengan sendirinya, emisi memiliki sumber yaitu dari usaha/kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik. Kapal berlayar menggunakan energi yang dihasilkan oleh mesin yang terus berkerja. Supaya mesin terus bekerja maka memerlukan bahan bakar selama mesin tersebut bekerja. Bahan bakar ketika diproses untuk menghasilkan suatu tenaga akan menghasilkan sisa dari pembakaran yang dibuang melalui cerobong yang dilepaskan ke udara, sisa tersebut yang dimaksud dengan emisi gas buang kapal (Agung, 2023).

Pemberlakuan kewajiban setiap kapal menggunakan bahan bakar low sulfur atau lebih dikenal dengan aturan IMO2020, Pemerintah Indonesia menegaskan bahwa setiap kapal baik kapal berbendera Indonesia maupun kapal asing yang beroperasi di perairan Indonesia wajib menggunakan bahan bakar dengan kandungan sulfur senilai maksimal 0,5%

m/m, mulai 1 Januari 2020. Hal tersebut diperkuat dengan dikeluarkannya Surat Edaran Direktur Jenderal Perhubungan Laut No. SE.35 Tahun 2019 tanggal 18 Oktober 2019 tentang Kewajiban Penggunaan Bahan Bakar Low Sulfur dan Larangan Mengangkut atau Membawa Bahan Bakar yang tidak Memenuhi Persyaratan serta Pengelolaan Limbah Hasil Resirkulasi Gas Buang dari Kapal (Suwardjoko P, 2002).

Adapun kewajiban menggunakan low sulfur tersebut menunjuk pada aturan International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL Convention) Annex VI Regulation 14, IMO Resolution Marine Environment Protection Committee (MEPC) 307(73): 2018 Guidelines for the Discharge of Exhaust Gas Recirculation (EGR) Bleed-Off Water, Pasal 36 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 29 Tahun 2014 tentang Pencegahan Pencemaran Lingkungan Maritim dan Surat Edaran Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor UM.003/93/14/DJPL-18 tanggal 30 Oktober 2018 tentang Batasan Kandungan Sulfur Pada Bahan Bakar dan Kewajiban Penyampaian Konsumsi Bahan Bakar di Kapal (Indonesia, 2019).

### 3. Sistem Optimalisasi

Optimalisasi merupakan proses mengoptimalkan sesuatu, dengan kata lain proses menjadikan sesuatu paling baik atau paling tinggi. Sistem sendiri merupakan kumpulan atau grup dari substansi atau bagian atau komponen apapun baik fisik ataupun non fisik yang saling berhubungan satu sama lain dan bekerja sama secara harmonis untuk mencapai satu tujuan tertentu (Sutanto, 2015). Dua hal tersebut ketika digabungkan akan

menjadikan tujuan pengguna menjadi lebih efisien dibandingkan ketika hanya salah satu saja.

Dengan adanya sistem optimalisasi ini dalam rute pelayaran berpengaruh dalam waktu pelayaran dapat menjadi lebih cepat serta lebih efektif. Tidak hanya itu, dengan adanya optimalisasi tersebut bahan bakar yang diperlukan tentu saja lebih sedikit sehingga emisi gas buang yang dihasilkan akan lebih sedikit dibandingkan ketika tidak menggunakan sistem optimalisasi tersebut. Dengan kata lain optimalisasi rute pelayaran sangat berpengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan.

#### 4. Bahan Bakar Kapal

Bahan bakar sebagai sumber energi bahan bakar, bahan bakar sendiri merupakan suatu material yang bisa diubah menjadi energi dengan cara membakar bahan bakar tersebut karena menyimpan energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi. Bahan bakar kapal yang baik yaitu MFO, minyak solar maupun minyak diesel memiliki keunggulan dan sifat yang berbeda, menggunakan bahan bakar mesin kapal laut menyesuaikan sesuai dengan mesin yang digunakan.

#### 5. *Engine Log Book* dan *Deck Log Book*

Catatan yang memuat keterangan mengenai berbagai hal terkait operasional kapal disebut log book (UU No.17 Tahun 2008 tentang Pelayaran). Engine room logbook adalah rekam jejak semua parameter mesin kapal, kinerja, pemeliharaan, dan malfungsi. Nilai dan informasi yang tercatat digunakan sebagai referensi, untuk membandingkan dan mencatat data guna menilai kinerja berkelanjutan dari berbagai mesin ruang

mesin. Di ruang mesin berawak, selama setiap jaga, data mesin dicatat secara manual dengan mengambil pembacaan dari alat pengukur lokal. Sudah menjadi praktik umum bahwa asisten penjaga jam untuk jam tangan tertentu (TME, Oiler, dll.) telah mencatat semua parameter lokal mesin yang penting. Memasukkan parameter ini hanya boleh dilakukan oleh teknisi jaga dan bukan oleh asisten. Data buku log mesin yang mencatat RPM dari Mesin Induk (M/E), RPM Mesin Bantu (G/E), lama M/E dan G/E beroperasi, M/E dan G/E yang sedang beroperasi dan konsumsi bahan bakar M/E dan G/E kapal.

Buku harian deck adalah dokumen yang digunakan untuk semua aktivitas dan operasional di kapal. Buku ini merupakan dokumen penting resmi yang digunakan untuk menyimpan catatan permanen aktivitas kapal, termasuk lokasi, kecepatan, jalur, kondisi cuaca, dan informasi penting lainnya. Buku ini juga digunakan untuk mencatat aktivitas awak kapal, seperti inspeksi, Latihan, dan pelatihan. Pengisian buku catatan harian (log book) sangat penting selama kerusakan mesin dan kecelakaan juga dijadikan referensi atau bukti oleh perusahaan asuransi, surveyor dll untuk klaim asuransi jika terjadi kecelakaan. Nahkoda wajib membuat buku harian kapal, begitu juga dengan di ruang mesin segala keadaan mesin serta ruang mesin harus dicatat di log book.

#### 6. Pengurangan Gas Buang

Hasil dari pembakaran bahan bakar pada mesin adalah emisi gas yang kemudian dibuang melalui cerobong. Banyak nya gas buang yang dihasilkan tentu saja dikarenakan berbagai macam faktor yang

mempengaruhinya antara lain :

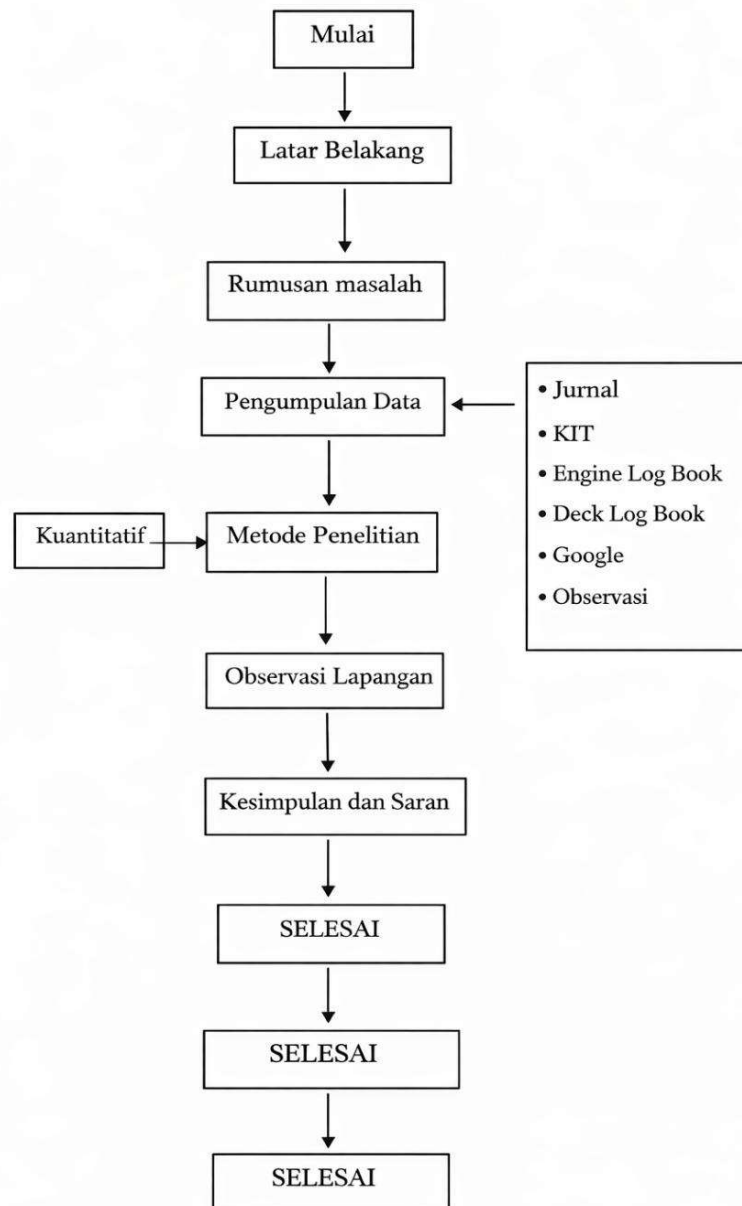
- a. Kurangnya kesadaran pengguna pelaut terhadap kelestarian lingkungan.
- b. Kebijakan kepemilikan kapal yang kurang tepat.
- c. Perkembangan jumlah pemilik transportasi laut yang cepat.
- d. Jenis bahan bakar pada kapal.

Gas buang tersebut tentu sangat merusak lingkungan dan udara tempat dibuang nya gas buang tersebut. Oleh karena itu ada beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi gas buang tersebut. Antara lain :

- a. Berkala menjalankan kapal dengan kecepatan yang
- b. Mengecek mesin secara rutin dan
- c. Cenderung stabil
- d. Mengecek pada bagian system pembakaran bahan bakar
- e. Menggunakan bahan bakar kapal yang sesuai dengan mesin yang digunakan
- f. Pengoptimalan rute sehingga mengurangi penggunaan bahan bakar lebih sedikit
- g. Kapal yang menggunakan metode alternatif misalnya menggunakan sistem pembersihan gas buang yang disetujui berdasarkan peraturan 4.1 Annex VI Konvensi MARPOL.

### C. Kerangka Penelitian

Untuk menggambarkan konsep kerangka berpikir karya tulis ilmiah ini akan disampaikan gambar yaitu sebagai berikut



Gambar 2.1 Kerangka Penelitian  
Sumber : Dokumen Pribadi 2024

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

##### **A. Jenis Penelitian**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan pendekatan kuantitatif. Cresweel menyatakan bahwa, “pendekatan kuantitatif adalah pengukuran data kuantitatif dan statistik objektif melalui perhitungan ilmiah berasal dari sampel orang-orang atau penduduk yang diminta menjawab atas sejumlah pertanyaan tentang survey untuk menentukan frekuensi dan prosentase tanggapan mereka” (Creswell, 2010). Menurut Cresweel (2010) dalam pendekatan kuantitatif ini penelitian akan bersifat pre-determined, analisis data statistik serta interpretasi data statistik.

Peneliti yang menggunakan pendekatan kuantitatif akan menguji suatu teori dengan cara merinci suatu hipotesis-hipotesis yang spesifik, lalu mengumpulkan data untuk mendukung atau membantah hipotesis-hipotesis tersebut. Pendekatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah pendekatan analisis kuantitatif berdasarkan informasi statistika. Pendekatan penelitian yang dalam menjawab permasalahan penelitian memerlukan pengukuran yang cermat terhadap variabel-variabel dari objek yang diteliti untuk menghasilkan kesimpulan yang dapat digeneralisasikan terlepas dari konteks waktu, tempat dan situasi. Selain itu, penelitian kuantitatif menurut Sugiyono (Sugiyono, 2012) adalah sebagai berikut: Metode kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme.

Metode ini digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/ statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Berdasarkan pemaparan di atas, dapat disimpulkan bahwa pendekatan kuantitatif merupakan suatu pendekatan di dalam penelitian untuk menguji hipotesis dengan menggunakan uji data statistik yang akurat. Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disebutkan, penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengukur pengaruh rute pelayaran terhadap emisi gas buang kapal.

Metode penelitian harus ditentukan oleh peneliti sebelum melaksanakan penelitiannya agar memberikan gambaran serta arahan dan pedoman dalam penelitian. Menurut Cresweel (2010) "metode penelitian merupakan suatu cara untuk memperoleh pemecahan terhadap berbagai permasalahan penelitian". (Sugiyono, 2012) mengungkapkan bahwa "metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu". Metode penelitian dapat dijadikan pedoman bagi penulis dan memudahkan penulis dalam mengarahkan penelitiannya, sehingga tujuan dari penelitian dapat tercapai.

## **B. Tempat Penelitian**

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di KMP Gilimanuk II ketika peneliti sedang Praktek Luat selama kurang lebih 1 tahun masa layar.

Berikut data dari tempat penelitian:

Nama Perusahaan : PT. Jemla Ferry

Nama Kapal : KMP Gilimanuk II

Rute Pelayaran : Ketapang (Banyuwangi)– Gilimanuk (Bali)

Waktu penelitian dari 5 Agustus 2024 hingga 5 Agustus 2025, penulis melaksanakan Praktek Laut selama satu tahun di KMP Gilimanuk II.

### **C. Sumber Data**

Dalam setiap penelitian, peneliti dituntut untuk menguasai teknik pengumpulan data sehingga menghasilkan data yang relevan dengan penelitian. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan jenis data kuantitatif dari sumber primer dan sumber sekunder. Menurut Arikunto (Arikunto, 2010)“sumber data penelitian adalah subjek dari mana data dapat diperoleh”. Adapun sumber data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### **1. Data primer**

Data Primer adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian langsung secara empirik kepada pelaku langsung atau yang terlibat langsung dengan objek penelitian, data tersebut kemudian dikumpulkan dan diolah sendiri oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang menjadi sumber data primer adalah seluruh data yang diperoleh dari angket yang disebarkan kepada responden yaitu kru di kapal ketika prala.

#### **2. Data sekunder**

Data sekunder adalah data yang tidak berhubungan langsung dengan masalah penelitian tetapi data ini mendukung untuk memperoleh data. Data

sekunder dalam penelitian ini yaitu berupa buku, dokumen-dokumen, artikel-artikel, situs internet, kepustakaan, jurnal baik berupa teori maupun data yang berhubungan dengan permasalahan dalam penelitian. Data Primer diperoleh dari *Engine Logbook* dan *Deck Logbook* yang ada di kapal tempat prala.

#### **D. Tehnik Pengumpulan Data**

##### **1. Observasi Lapangan**

Menurut Hadi dalam (Sugiyono, 2012), 'observasi merupakan suatu proses yang kompleks, suatu proses yang tersusun dari pelbagai proses biologis dan psikologis. Dua di antara yang terpenting adalah proses-proses pengamatan dan ingatan'. Observasi dalam penelitian ini dilakukan sebelum dilaksanakannya pengambilan data yaitu untuk mengamati banyaknya bahan bakar yang terpakai ketika kecepatan kapal sedang cepat maupun lambat serta mengamati gas buang yang dihasilkan di kapal ketika prala selama 1 tahun.

##### **2. Jurnal dan KIT**

Pengumpulan data menggunakan jurnal dan KIT dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang berguna untuk mendukung kelengkapan data dari penelitian ini. Jurnal adalah sebuah publikasi atau catatan tertulis yang berisi catatan, penelitian, atau pemikiran seseorang atau sekelompok orang dalam bidang tertentu. Jurnal biasanya digunakan oleh para akademisi, peneliti, atau praktisi dalam berbagai disiplin ilmu seperti ilmu sosial, ilmu alam, kedokteran, atau teknologi. Jurnal dan KIT yang digunakan tentu saja

harus memiliki tema atau pembahasan yang sama dengan judul KIT yang penulis ambil.

### 3. *Log Book ( Engine dan Deck)*

*Logbook* memiliki beberapa fungsi, diantaranya sebagai tempat dicatatnya data dari kegiatan yang dilakukan, bahan informasi dan evaluasi, serta bahan laporan. Pada penggunaan *Logbook* pada umumnya rentan terhadap kesalah dalam penulisan atau kerusakan pada buku secara fisik. Buku catatan harian ruang mesin adalah dokumen hukum utama kapal, tempat tim teknik dapat menyimpan catatan data mesin, kinerja operasional, pemeliharaan, dan kesalahan atau kerusakan apa pun. Pengumpulan data dengan menggunakan *log book* bertujuan untuk mengetahui hal-hal yang dibutuhkan selama penelitian. Dalam *log book* tersebut terdapat catatan-catatan tentang

#### a. Kondisi mesin



Gambar 3.1 *Turbocharge* Mesin Induk  
Sumber Dokumen Pribadi (2024)

- b. Bahan bakar yang digunakan selama berlayar



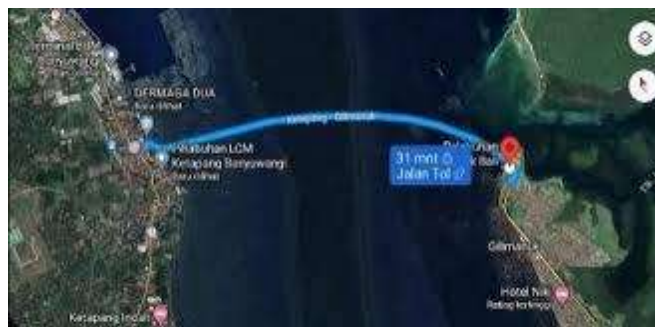
Gambar 3.2 Gelas duga pada tangki harian  
Sumber Dokumen pribadi (2024)

- c. Keadaan ruang mesin



Gambar 3.3 Kondisi Ruang Mesin  
Sumber Dokumen Pribadi (2025)

- d. Waktu selama kapal melakukan pelayaran



Gambar 3.4 Rute Pelayaran Ketapang – Gilimanuk  
Sumber Google Maps (2024)

- e. Kecepatan kapal setiap waktunya



Gambar 3.5 RPM Mesin  
Sumber Dokumen Pribadi (2025)

- f. Haluan Kapal / Heading Kapal yang terdiri dari : Haluan Kemudi,  
Haluan Sejati dan Deviasinya



Gambar 3.6 Compass Repeater (kiridan Poros Kemudi (kanan).  
Sumber. Dokumen Pribadi (2024)

- g. Jarak Tempuh Kapal
- h. Kondisi cuaca selama pelayaran : Arah Angin, Kekuatan Angin,  
Keadaan Awan, Keadaan Cuaca dan Keadaan Laut
- i. Suhu udara dan suhu air laut

j. Posisi Kapal (Longitude dan Latitude).



Gambar 3.7 GPS Navigator  
Sumber. Dokumen Pribadi (2025)

Dengan demikian data yang didapat valid dengan kondisi terbaru di *deck* maupun *engine room*.

#### 4. Pemilihan Informan

Dalam pengumpulan data informan yang dibutuhkan oleh penulis terkait informasi yang dibutuhkan ketika praktek berlayar di atas kapal adalah para perwira serta anak buah kapal yang dapat memberikan informasi terkait data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan tentang pengaruh rute pelayaran terhadap emisi gas buang kapal di kapal KMP Gilimanuk II.

### E. Teknik Analisis Data

Proses pencarian dan penyusunan data secara sistematis yang diperoleh dari observasi, pengumpulan data, dan studi literatur dikenal dengan istilah analisis data. Data diorganisasikan ke dalam kategori- kategori, dideskripsikan ke dalam unit-unit, disintesis ke dalam pola- pola, dipilih yang penting dan apa yang akan dipelajari, dan ditarik kesimpulan sehingga orang lain dan diri sendiri dapat dengan mudah memahaminya. Dalam penelitian kualitatif, analisis data dilakukan selama dan setelah pengumpulan data selesai dalam

kerangka waktu yang telah ditentukan. Salah satu contohnya adalah upaya pengurangan gas buang dengan optimalisasi rute pelayaran

Pada penelitian ini, teknik analisis data kuantitatif digunakan untuk mengukur dan mengevaluasi pengaruh optimalisasi rute pelayaran terhadap emisi gas buang kapal. Aspek yang akan diteliti dalam melakukan penelitian pada kapal Gilimanuk II saat masa Prala selama 1 tahun mengenai rute pelayaran terhadap emisi gas buang kapal.

Berdasarkan peraturan IMO2020, Pemerintah Indonesia menegaskan bahwa setiap kapal baik kapal berbendera Indonesia maupun kapal asing yang beroperasi di perairan Indonesia wajib menggunakan bahan bakar dengan kandungan sulfur senilai maksimal 0,5% m/m, mulai 1 Januari 2020. Hal tersebut tentu saja membuat kapal- kapal yang berlayar menjalankan aturan tersebut.

1. Analisa rute pelayaran berdasarkan data yang di dapat pada *Deck log book*

Analisa tersebut dilakukan dengan menganalisis rute yang dipakai berdasarkan yang tertulis pada deck log book. Pada buku tersebut tercantum

- a. Waktu selama kapal melakukan pelayaran
- b. Kecepatan kapal setiap waktunya;
- c. Haluan Kapal / Heading Kapal yang terdiri dari : Haluan Kemudi, Haluan Sejati dan Deviasinya;
- d. Jarak Tempuh Kapal;
- e. Kondisi cuaca selama pelayaran : Arah Angin, Kekuatan Angin, Keadaan Awan, Keadaan Cuaca dan Keadaan Laut;

- f. Suhu udara dan suhu air laut;
- g. Posisi Kapal (Longitude dan Latitude)

Pada buku tersebut juga terdapat rute pelayaran kapal tersebut, setiap kapal Gilimanuk II berlayar ketika menggunakan jalur yang berbeda-beda ketika kapal berangkat dan kembali ke pelabuhan awal. Dari rute yang berbeda tersebut dapat dilihat bahwa Longitude dan Latitude pada rute tersebut berbeda, sehingga berpengaruh pada waktu perjalanan kapal Gilimanuk II tersebut.

2. Analisa bahan bakar yang digunakan berdasarkan *Engine Log Book*

Analisa dilakukan dengan mengecek catatan bahan bakar yang terpakai di buku setiap 4 jam sekali. Jumlah bahan bakar yang digunakan selama satu kali masa pelayaran akan dilihat kemudian dicatat.

3. Analisa hubungan rute pelayaran dengan kebutuhan bahan bakar dengan metode *Activity-Based Emission Calculation* (Perhitungan Emisi Berbasis Aktivitas)

Analisa ini dilakukan dengan melihat catatan bahan bakar yang pada tiap rute yang digunakan. Setiap rute pelayaran yang berbeda maka kebutuhan bahan bakar kapal juga akan berbeda. Selanjutnya perhitungan lamanya perjalanan layar kapal dan emisi gas buang yang dihasilkan

Carlos Trozzi dalam penelitiannya menggunakan konsumsi bahan bakar mesin sehari-hari, dan emisi dihitung dengan mempertimbangkan faktor- faktor seperti mesin dan jenis dari pada bahan bakar yang digunakan oleh kapal yang sedang diteliti (Trozzi, 2010). Konsumsi bahan bakar dari setiap jenis kapal diperoleh dari hasil analisis regresi

linear konsumsi bahan bakar terhadap lama pelayaran. Selain itu, tingkat emisi yang diasumsikan seperti yang ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini :

Persamaan mencari lama perjalanan kapal (Santosa, 2001) :  $t = S / v$

Dimana :

T : Durasi Perjalanan Kapal (Jam)

S : Jarak Rute Pelayaran Kapal (nm)

v : Kecepatan Kapal (Knot) 15

Setelah didapatkan durasi perjalanan kapal selanjutnya dapat dicari konsumsi bahan bakar yang di butuhkan oleh kapal untuk mendapatkan nilai emisi gas buang dari kapal yang ada menggunakan perhitungan

Rumus Perhitungan Emisi Gas Buang, metode yang digunakan Adalah Activity-Based Emission Calculation (Perhitungan Emisi Berbasis Aktivitas). Langkah- langkah dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

Waktu tempuh dihitung dari jarak dan kecepatan kapal:

$$T = \frac{\text{Jarak}}{\text{Kecepatan}}$$

- T = Waktu tempuh (misalnya, dalam jam)
- Jarak = Jarak tempuh (misalnya, dalam mil laut atau km)
- Kecepatan = Kecepatan kapal (misalnya, dalam knot atau km/jam)

Konsumsi bahan bakar total dihitung dengan mengalikan durasi perjalanan dengan laju konsumsi bahan bakar per jam. Laju konsumsi bahan bakar sangat bergantung pada kecepatan dan faktor muatan mesin (engine load factor).

$$FC = R_{FC} \times T$$

- FC = Konsumsi bahan bakar total (misalnya, dalam liter atau ton)
- R<sub>FC</sub> = Laju konsumsi bahan bakar per jam (bisa bervariasi tergantung kecepatan dan kondisi kapal)
- T = Waktu tempuh (dalam satuan waktu yang sama dengan R<sub>FC</sub>)

Berikut untuk rumus perhitungan untuk energi mesin dan konsumsi bahan bakar :

$$FC = BHP \times SFOC \times t$$

Keterangan :

- FC : Konsumsi Bahan Bakar (ton)
- BHP : Daya yang Dihasilkan dari Putaran Mesin (kW)
- SFOC: Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kW/kWh)
- t : Durasi Kapal Saat Berlayar (Jam)

Setelah konsumsi bahan bakar total diketahui, jumlah emisi gas buang tertentu (misalnya CO<sub>2</sub>) dihitung dengan mengalikan konsumsi bahan bakar dengan faktor emisi (EF) spesifik untuk jenis bahan bakar yang digunakan.

$$E = FC \times EF$$

- E = Total emisi (misalnya, dalam kg CO<sub>2</sub>)
- FC = Konsumsi bahan bakar total (misalnya, dalam liter atau ton)
- EF = Faktor emisi untuk bahan bakar (misalnya, 2,54 kg CO<sub>2</sub> per liter diesel, atau 3,11 kg CO<sub>2</sub> per liter bensin)

Ada beberapa jenis gas buang yang berhubungan pada penghitungan emisi gas buang ini, terdapat 3 jenis gas yang akan dihitung

yaitu gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. Untuk mencari total emisi memerlukan EF (*Emission Factor*). Nilai dari EF telah ditentukan, sumber yang digunakan untuk mendapatkan tabel EF tersebut yaitu pada *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 2: Energy, Chapter 3 (Mobile Combustion)* (IPCC, 2006). Berikut tabel EF.

Tabel 3.1 Tabel *Emmision Factor*

<b>Tabel</b>	<b>Dokumen</b>	<b>Pollutan</b>	<b>Nilai Utama HSD</b>
2.4	2006 vol2 Ch2	CO <sub>2</sub>	74,100 kg/TJ
3.5.3	2006 vol2 Ch3	CH <sub>4</sub> /N <sub>2</sub> O	3 kg/TJ
5	GPG Navigation	CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub> /N <sub>2</sub> O/NOX	0,6 kg/TJ

Namun EF tersebut tidak bisa secara langsung dimasukkan pada perhitungan dikarenakan satuannya menggunakan kh/TJ, sedangkan pada kapal Gilimanuk 2 untuk HSD-nya menggunakan satuan liter. Sehingga masih memerlukan Langkah perubahan satuan, berikut penjelasannya :

Untuk Emission Factor CO<sub>2</sub> :

$$EF_{CO_2} = CF \times \frac{44}{12}$$

Keterangan :

- $C_f$  = fraksi karbon bahan bakar (kg C / kg bahan bakar)
- 44/12 = rasio massa molekul CO<sub>2</sub> terhadap C

Untuk Emission Factor CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O :

$$E_{CH_4} = FC \times EF_{CH_4}$$

$$E_{N_2O} = FC \times EF_{N_2O}$$

Berdasarkan hasil pengumpulan data aktivitas pelayaran, emisi gas buang yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi karbon dioksida

(CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar HSD pada mesin kapal. CO<sub>2</sub> merupakan komponen emisi terbesar karena terbentuk secara langsung seiring meningkatnya konsumsi bahan bakar selama operasi kapal, sedangkan CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O muncul dalam jumlah yang relatif kecil akibat ketidaksempurnaan pembakaran dan reaksi pada suhu tinggi di ruang bakar.

Meskipun demikian, kedua gas tersebut memiliki potensi pemanasan global yang lebih tinggi sehingga tetap memberikan kontribusi terhadap total emisi gas rumah kaca. Oleh sebab itu, dalam Bab IV ini perhitungan emisi tidak hanya difokuskan pada CO<sub>2</sub>, tetapi juga mencakup CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O untuk memperoleh gambaran dampak lingkungan yang lebih komprehensif. Perhitungan emisi dilakukan menggunakan metode activity-based emission calculation, dengan konsumsi bahan bakar sebagai data aktivitas utama yang dikalikan dengan faktor emisi masing-masing gas, kemudian dikonversikan ke dalam satuan CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>e) menggunakan nilai Global Warming Potential (GWP).

Selanjutnya dilakukan perhitungan Emisi total dalam CO<sub>2</sub>-equivalent. Emisi total dalam CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>e) adalah ukuran gabungan dampak emisi beberapa gas rumah kaca yang dinyatakan dalam satuan yang setara dengan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Emisi total dalam CO<sub>2</sub>-equivalent digunakan dalam penelitian ini untuk menyatukan emisi berbagai gas rumah kaca yang dihasilkan kapal ke dalam satu indikator

dampak pemanasan global. Penggunaan CO<sub>2</sub>e memungkinkan analisis pengaruh perbedaan rute pelayaran terhadap emisi gas buang kapal secara komprehensif berdasarkan metode activity. Dengan mengonversi emisi gas buang ke dalam satuan CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>e), pengaruh rute pelayaran terhadap emisi dapat dianalisis secara menyeluruh dan terukur. Perhitungan emisi total gas rumah kaca dinyatakan dalam satuan CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>e), yang diperoleh dengan mengonversi emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O menggunakan nilai Global Warming Potential (GWP) sebagaimana direkomendasikan oleh IPCC (2006) dan IPCC (2019 Refinement).

Emisi Total dalam CO<sub>2</sub>-equivalent (CO<sub>2</sub>e) :

$$CO_2e = E_{CO_2} + (E_{CH_4} \times GWP_{CH_4}) + (E_{N_2O} \times GWP_{N_2O})$$