

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

Cicilia Kunti Dewi Cahyaningtyas<sup>1</sup>, Rama Syahputra Simatupang<sup>2</sup>, Intan Sianturi<sup>3</sup>  
Monika Retno Gunarti<sup>4</sup>, Agus Prawoto<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Politeknik Pelayaran Surabaya, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi  
Rekayasa Permesinan Kapal

<sup>1</sup>[cahyaningtyas.2801@gmail.com](mailto:cahyaningtyas.2801@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*This study aims to analyze the effect of shipping route optimization on exhaust gas emissions on the KMP Gilimanuk II operating on the Ketapang–Gilimanuk route. The research method used is a quantitative approach utilizing primary and secondary data obtained from the Deck Log Book and Engine Log Book during the sea practice period. Data analysis was carried out by calculating fuel consumption and exhaust gas emissions using the Activity-Based Emission Calculation method. The results show that shipping routes influence the amount of fuel consumption and the level of exhaust gas emissions produced by the vessel. Differences in operational conditions such as travel distance, sailing duration, and ship maneuvering cause variations in fuel consumption and emissions on each route. A comparison between Route 3 and Route 19, which have the same sailing time (16 hours), shows that Route 19 produces higher emissions of 2,099.39 kg CO<sub>2</sub>e compared to Route 3 which produces 1,994.30 kg CO<sub>2</sub>e. Based on these findings, it can be concluded that optimizing shipping routes plays an important role in improving fuel efficiency and reducing ship exhaust gas emissions. Optimization efforts can be carried out through selecting more efficient sailing routes, regulating ship speed at an economical level, and improving operational management of shipping activities.*

*Keywords: Shipping route, exhaust gas emissions, fuel consumption, route optimization, ferry vessel*

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh optimalisasi rute pelayaran terhadap emisi gas buang pada kapal KMP Gilimanuk II pada lintasan Ketapang–Gilimanuk. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data primer dan sekunder yang diperoleh dari *Deck Log Book* dan *Engine Log Book* selama kegiatan praktik laut. Analisis data dilakukan dengan menghitung konsumsi bahan bakar serta emisi gas buang menggunakan metode *Activity-Based Emission Calculation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rute pelayaran memiliki pengaruh terhadap besarnya konsumsi bahan bakar dan jumlah emisi gas buang yang dihasilkan kapal. Perbedaan kondisi operasional

seperti jarak tempuh, durasi pelayaran, serta manuver kapal menyebabkan variasi konsumsi bahan bakar dan emisi pada setiap rute. Perbandingan antara rute 3 dan rute 19 yang memiliki waktu pelayaran sama (16 jam) menunjukkan bahwa rute 19 menghasilkan emisi lebih tinggi yaitu sebesar 2.099,39 kg CO<sub>2</sub>e dibandingkan rute 3 sebesar 1.994,30 kg CO<sub>2</sub>e. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa optimalisasi rute pelayaran berperan penting dalam meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar serta menekan jumlah emisi gas buang kapal. Upaya optimalisasi dapat dilakukan melalui pemilihan jalur pelayaran yang lebih efisien, pengaturan kecepatan kapal secara ekonomis, serta peningkatan manajemen operasional pelayaran.

**Keywords:** Rute pelayaran, emisi gas buang, konsumsi bahan bakar, optimalisasi rute, kapal penyeberangan

### **A.Pendahuluan**

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

Dalam penelitian, peneliti harus menguasai teknik pengumpulan data agar data yang diperoleh relevan. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif yang bersumber dari data primer dan data sekunder. Menurut Arikunto (Arikunto 2010) sumber data penelitian adalah subjek dari mana data diperoleh. Data primer diperoleh secara langsung dari responden melalui angket yang dibagikan kepada kru kapal saat prala. Sedangkan data sekunder diperoleh dari berbagai sumber pendukung seperti buku, dokumen, artikel, situs internet, jurnal, serta catatan kapal seperti *Engine Logbook* dan *Deck Logbook*.

Analisis data merupakan proses menyusun dan mengolah data secara sistematis dari observasi, pengumpulan data, dan studi literatur agar mudah dipahami dan

ditarik kesimpulan. Penelitian ini menggunakan analisis data kuantitatif untuk mengukur pengaruh optimalisasi rute pelayaran terhadap emisi gas buang kapal Gilimanuk II selama masa Prala satu tahun, dengan mengacu pada aturan IMO 2020 tentang penggunaan bahan bakar dengan kandungan sulfur maksimal 0,5% m/m (Santosa 2001). Analisis dilakukan melalui tiga tahap, yaitu: (1) analisis rute pelayaran berdasarkan data pada *Deck Log Book* seperti waktu pelayaran, kecepatan, haluan, jarak tempuh, kondisi cuaca, dan posisi kapal; (2) analisis konsumsi bahan bakar berdasarkan *Engine Log Book* yang dicatat setiap 4 jam; dan (3) analisis hubungan rute pelayaran dengan kebutuhan bahan bakar menggunakan metode *Activity-Based Emission Calculation* untuk memperkirakan emisi gas buang berdasarkan konsumsi bahan bakar dan lama pelayaran (Trozzi 2010).

### **C. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

#### **Hasil**

Data konsumsi bahan bakar kapal KMP Gilimanuk II pada

lintasan Ketapang–Gilimanuk diperoleh melalui pencatatan operasional selama beberapa perjalanan. Bahan bakar yang digunakan adalah High Speed Diesel (HSD) yang merupakan jenis bahan bakar utama untuk mesin diesel kapal penyeberangan. Berdasarkan data operasional kapal yang diperoleh selama penelitian, rute pelayaran yang dilalui oleh kapal KMP Gilimanuk II pada lintasan Pelabuhan Ketapang menuju Pelabuhan Gilimanuk menunjukkan adanya variasi jarak tempuh dan durasi perjalanan. Meskipun kedua pelabuhan tersebut dipisahkan oleh jarak yang relatif pendek di wilayah Selat Bali, pelaksanaan pelayaran tidak selalu berlangsung dengan parameter yang sama pada setiap perjalanan. Variasi tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai kondisi operasional di lapangan, seperti arus laut, kondisi cuaca, kepadatan lalu lintas kapal, serta proses manuver kapal saat melakukan kegiatan sandar maupun lepas sandar di pelabuhan. Faktor-faktor tersebut menyebabkan kapal terkadang menempuh jalur yang sedikit berbeda dari jalur sebelumnya

meskipun tujuan pelayaran tetap sama.

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa jarak pelayaran dalam penelitian ini berkisar antara 3 NM hingga 48 NM dengan waktu operasional kapal antara 1 jam sampai dengan 16 jam. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aktivitas pelayaran kapal tidak hanya dipengaruhi oleh jarak antar pelabuhan, tetapi juga oleh kondisi navigasi dan manajemen operasional selama perjalanan berlangsung. Sebagai contoh, pada Rute 3 kapal menempuh jarak pelayaran sebesar 48 NM dengan durasi operasi selama 16 jam. Sementara itu, pada rute 19 kapal menempuh jarak pelayaran sebesar 45 NM dengan durasi operasional yang sama yaitu 16 jam. Perbedaan jarak tersebut menunjukkan bahwa meskipun waktu operasional kapal relatif sama, jalur pelayaran yang ditempuh dapat mengalami perubahan akibat kondisi navigasi maupun strategi pengoperasian kapal.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pola rute pelayaran kapal pada lintasan ini bersifat dinamis

dan dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis maupun operasional selama kegiatan pelayaran berlangsung.

Perhitungan emisi dilakukan menggunakan metode *Activity-Based Emission Calculation*, yaitu pendekatan yang menghitung emisi berdasarkan aktivitas konsumsi bahan bakar kapal pada setiap rute perjalanan. Dengan demikian, semakin besar bahan bakar yang digunakan, maka semakin besar pula emisi yang dihasilkan.

Berdasarkan data operasional yang diperoleh, rute pelayaran memberikan pengaruh nyata terhadap besarnya emisi gas buang yang dihasilkan kapal. Hal ini dapat dilihat dari adanya variasi nilai konsumsi bahan bakar serta total emisi pada masing-masing rute yang berbeda. Walaupun kapal beroperasi pada lintasan yang sama, kondisi pelayaran seperti durasi perjalanan, jarak tempuh efektif, serta waktu mesin bekerja menyebabkan perbedaan emisi yang cukup signifikan. Dengan kata lain, rute yang ditempuh kapal tidak hanya mempengaruhi jarak perjalanan, tetapi juga menentukan

seberapa efisien bahan bakar digunakan selama pelayaran.

Rute dengan emisi terbesar ditemukan pada rute nomer 19 (jadwal reguler ), waktu pelayaran 16 jam, konsumsi bahan bakar 936 liter dengan total emisi gas buang mencapai 2099,39 kg. Rute ini menunjukkan bahwa penggunaan mesin dalam durasi yang panjang berdampak langsung pada peningkatan konsumsi bahan bakar. Semakin lama kapal beroperasi, semakin besar pula emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sebagai komponen utama gas buang.

Rute pembanding dengan waktu hampir sama. Untuk memperkuat analisis ,rute 19 dibandingkan dengan rute lain yang memiliki waktu layar mendekati sama, yaitu:

**Data pada rute nomor 3 sebagai berikut:**

- Waktu pelayaran: 16 jam
- Jarak tempuh: 48 NM
- Konsumsi HSD: 888 liter
- HSD (kg): 746,88 kg
- Emisi CO<sub>2</sub>: 1.994,1696 kg
- Emisi CH<sub>4</sub>: 0,0970944 kg
- Emisi N<sub>2</sub>O: 0,0298752 kg

- Total Emisi: 1.994,29657 kg CO<sub>2</sub>e

**Dibandingkan dengan rute 19 dengan data sebagai berikut:**

- Waktu pelayaran: 16 jam
- Jarak tempuh: 45 NM
- Konsumsi HSD: 936 liter
- HSD (kg): 786,24 kg
- Emisi CO<sub>2</sub>: 2.099,2608 kg
- Emisi CH<sub>4</sub>: 0,1022112 kg
- Emisi N<sub>2</sub>O: 0,0314496 kg
- Total Emisi: 2.099,394461 kg CO<sub>2</sub>e

Walaupun kedua rute memiliki waktu layar yang sama, terdapat perbedaan total emisi sekitar: 2099,39 kg – 1994,30 kg = 105,09 kg. Perbedaan ini menunjukkan bahwa selain waktu layar, efisiensi penggunaan bahan bakar pada masing-masing perjalanan juga dipengaruhi oleh kondisi operasional seperti manuver kapal, arus, maupun pola mesin selama pelayaran.

Jika dibandingkan:

Rute	Waktu (jam)	Konsumsi BBM (liter)	Total Emisi (kg)
Rute 19	16 jam	936 liter	2099,39 kg
Rute 3	16 jam	888 liter	1994,30 kg

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa rute 19 lebih tidak efisien karena menghasilkan emisi lebih tinggi meskipun durasi waktu layar sama. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara konsumsi bahan bakar dengan jumlah emisi gas buang yang dihasilkan oleh kapal. Dengan kata lain, peningkatan penggunaan bahan bakar secara langsung akan meningkatkan jumlah emisi yang dihasilkan selama proses pelayaran berlangsung.

Optimalisasi rute pelayaran merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi operasional kapal sekaligus mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh aktivitas transportasi laut. Optimalisasi ini dapat dilakukan melalui pemilihan jalur pelayaran yang lebih efisien, pengaturan kecepatan kapal pada kondisi ekonomis, serta pengurangan waktu tunggu yang tidak diperlukan selama proses pelayaran.

Berdasarkan hasil analisis data penelitian, perbandingan antara rute 3 dan rute 19 menunjukkan

adanya perbedaan jumlah emisi yang cukup signifikan meskipun kedua rute memiliki waktu operasional yang sama yaitu selama 16 jam. Pada rute 3, total emisi yang dihasilkan mencapai sekitar 1.994,30 kg CO<sub>2</sub>e, sedangkan pada rute 19 jumlah emisi meningkat menjadi sekitar 2.099,39 kg CO<sub>2</sub>e.

Perbedaan nilai emisi tersebut terjadi karena adanya perbedaan konsumsi bahan bakar yang digunakan selama proses pelayaran. Pada rute 19, konsumsi bahan bakar lebih besar dibandingkan dengan rute 3 sehingga menghasilkan jumlah emisi gas rumah kaca yang lebih tinggi.

Temuan ini menunjukkan bahwa lamanya waktu pelayaran tidak selalu menjadi faktor utama yang menentukan besarnya emisi gas buang kapal. Faktor yang lebih berpengaruh adalah efisiensi operasional kapal selama perjalanan, termasuk pola penggunaan bahan bakar serta jalur pelayaran yang ditempuh.

Dengan demikian, optimalisasi rute pelayaran dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam

upaya menekan jumlah emisi gas buang kapal. Upaya ini dapat dilakukan melalui pengaturan kecepatan kapal yang lebih efisien, pengurangan manuver yang tidak perlu, serta peningkatan manajemen operasional pelayaran agar penggunaan bahan bakar dapat lebih terkendali.

### **Pembahasan**

Hasil penelitian mengenai aktivitas pelayaran kapal KMP Gilimanuk II pada lintasan Pelabuhan Ketapang menuju Pelabuhan Gilimanuk menunjukkan adanya variasi pada jarak tempuh, waktu operasional kapal, konsumsi bahan bakar, serta jumlah emisi gas buang yang dihasilkan selama perjalanan. Walaupun rute pelayaran berada dalam kawasan perairan yang sama, yaitu Selat Bali, data operasional memperlihatkan bahwa kondisi pelayaran tidak selalu identik pada setiap perjalanan.

Berdasarkan hasil pengolahan data, jarak pelayaran yang ditempuh kapal bervariasi antara 3 NM hingga 48 NM dengan waktu operasional kapal berkisar antara 1 jam hingga 16 jam. Perbedaan jarak dan waktu tersebut

menunjukkan bahwa rute pelayaran yang dilalui kapal dapat mengalami perubahan sesuai dengan kondisi operasional di lapangan. Faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut antara lain kondisi arus laut, kepadatan lalu lintas kapal, proses manuver ketika kapal akan sandar atau meninggalkan pelabuhan, serta waktu tunggu saat proses bongkar muat.

Selain itu, penelitian ini juga menganalisis emisi gas buang yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar *High Speed Diesel* (HSD) selama aktivitas pelayaran berlangsung. Emisi yang dihitung meliputi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O). Perhitungan emisi dilakukan menggunakan pendekatan berbasis aktivitas atau *Activity-Based Emission Calculation* yang mengacu pada pedoman perhitungan emisi dari *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Metode ini menghitung emisi berdasarkan jumlah bahan bakar yang digunakan selama proses operasional kapal.

Dari hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan komponen emisi yang paling besar dibandingkan dengan gas lainnya. Hal ini disebabkan karena CO<sub>2</sub> merupakan hasil utama dari proses pembakaran bahan bakar diesel pada mesin kapal. Sementara itu, emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O muncul dalam jumlah yang jauh lebih kecil, tetapi tetap diperhitungkan karena termasuk dalam kategori gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi global.

Untuk melihat pengaruh efisiensi rute terhadap jumlah emisi yang dihasilkan, dilakukan analisis perbandingan antara rute 3 dan rute 19. Kedua rute tersebut dipilih karena memiliki waktu operasional yang sama, yaitu selama 16 jam, sehingga perbandingan dapat dilakukan secara lebih objektif tanpa dipengaruhi oleh perbedaan durasi pelayaran.

Pada rute 3, kapal menempuh jarak pelayaran sebesar 48 NM dengan konsumsi bahan bakar sebesar 888 liter HSD atau setara dengan 746,88 kg bahan bakar. Dari penggunaan bahan bakar tersebut dihasilkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar

1.994,17 kg, emisi CH<sub>4</sub> sebesar 0,097 kg, dan emisi N<sub>2</sub>O sebesar 0,029 kg. Total emisi yang dihasilkan dari rute ini mencapai sekitar 1.994,30 kg CO<sub>2</sub>e.

Sementara itu, pada rute 19 kapal menempuh jarak pelayaran sekitar 45 NM dengan konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi, yaitu sebesar 936 liter HSD atau sekitar 786,24 kg bahan bakar. Dari konsumsi bahan bakar tersebut dihasilkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 2.099,26 kg, emisi CH<sub>4</sub> sebesar 0,102 kg, serta emisi N<sub>2</sub>O sebesar 0,031 kg. Dengan demikian total emisi yang dihasilkan pada rute ini mencapai sekitar 2.099,39 kg CO<sub>2</sub>e.

Hasil perbandingan kedua rute tersebut menunjukkan bahwa meskipun waktu pelayaran yang digunakan sama, jumlah emisi yang dihasilkan tidak selalu sama. Pada kasus ini, rute 3 menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan rute 19, walaupun jarak pelayaran pada rute 3 sedikit lebih panjang. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa jarak pelayaran bukan satu-satunya faktor yang menentukan jumlah emisi gas buang kapal.

Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor operasional lainnya, seperti efisiensi kerja mesin kapal, kondisi arus laut yang dihadapi kapal selama pelayaran, serta intensitas manuver yang dilakukan kapal di sepanjang perjalanan. Ketika kapal menghadapi arus laut yang lebih kuat atau melakukan manuver yang lebih sering, konsumsi bahan bakar dapat meningkat sehingga emisi yang dihasilkan juga menjadi lebih besar.

Dari hasil analisis tersebut dapat dilihat bahwa terdapat hubungan yang cukup jelas antara konsumsi bahan bakar dengan jumlah emisi yang dihasilkan. Semakin besar jumlah bahan bakar yang digunakan selama pelayaran, maka semakin besar pula jumlah emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer. Hubungan ini menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan bahan bakar merupakan faktor penting dalam upaya pengurangan emisi pada sektor transportasi laut.

Dengan demikian, optimalisasi rute pelayaran menjadi salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk menekan jumlah emisi gas

buang kapal. Optimalisasi tersebut dapat dilakukan melalui pemilihan jalur pelayaran yang lebih efisien, pengaturan kecepatan kapal pada tingkat yang lebih ekonomis, serta pengurangan waktu tunggu kapal di pelabuhan. Dengan penerapan strategi tersebut, konsumsi bahan bakar kapal dapat ditekan sehingga secara langsung juga dapat mengurangi jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan selama aktivitas pelayaran berlangsung.

#### **D. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh optimalisasi rute pelayaran terhadap emisi gas buang pada kapal KMP Gilimanuk II, dapat disimpulkan bahwa rute pelayaran memiliki pengaruh terhadap besarnya konsumsi bahan bakar dan jumlah emisi gas buang yang dihasilkan kapal. Perbedaan rute pelayaran menyebabkan variasi jarak tempuh, durasi perjalanan, serta kondisi operasional yang pada akhirnya mempengaruhi efisiensi penggunaan bahan bakar. Hasil analisis menunjukkan bahwa rute dengan konsumsi bahan bakar yang lebih besar akan menghasilkan emisi gas buang yang lebih tinggi. Hal ini terlihat dari perbandingan antara rute 3 dan

rute 19 yang memiliki waktu pelayaran sama, yaitu 16 jam, namun menghasilkan emisi yang berbeda karena perbedaan konsumsi bahan bakar. Rute 19 menghasilkan total emisi sekitar 2.099,39 kg CO<sub>2</sub>e, sedangkan rute 3 menghasilkan sekitar 1.994,30 kg CO<sub>2</sub>e.

Dengan demikian, optimalisasi rute pelayaran dapat menjadi salah satu upaya yang efektif untuk meningkatkan efisiensi operasional kapal sekaligus mengurangi emisi gas buang. Optimalisasi tersebut dapat dilakukan melalui pemilihan jalur pelayaran yang lebih efisien, pengaturan kecepatan kapal pada kondisi ekonomis, serta pengelolaan operasional kapal yang lebih baik sehingga konsumsi bahan bakar dan emisi gas rumah kaca dapat ditekan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Agung. (2023). Analisis emisi gas buang kapal akibat penggunaan bahan bakar pada mesin kapal.
- Al-Khayyal., & H. (2007). Research opportunities in maritime transportation systems.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- C-Ing Hse., & Y.-P. (2007). modeling for determining shipping routes, fleet size, and sailing frequency to minimize transportation and inventory costs.
- Creswell, J. W. (2010). *Research Design: Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Laut. (2019). *Surat Edaran No. SE.35 Tahun 2019 tentang Kewajiban Penggunaan Bahan Bakar Low Sulfur*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Gianpaolo Ghiani., G. L. (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Indonesia, K. P. (2019). *Kebijakan batas kandungan sulfur bahan bakar kapal di Indonesia*. (portal resmi Kementerian Perhubungan.) Retrieved 2024
- IPCC. (2006). *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Mobile combustion*. From [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- Maritime, I. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta .
- Pujawan, I. N. (2005). *Supply Chain Management*. Surabaya : Guna Widya .
- Santosa. (2001). *Teknik Perhitungan Operasional Kapal*. Jakarta: Maritim.

Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Sutanto. (2015). *Konsep Sistem informasi*. Yogyakarta: Andi Publisher .

Suwardjoko P, W. (2002). *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Bandung : ITB Press.

Trozzi, C. (2010). *Emission Estimation Methodologies for Maritime Transport*. *European Environment Agency*.