

Pendekatan Penurunan Peforma kapal Ferry *Ro-Ro* menggunakan *Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI)*

Rangga Hidayatulloh Al Fatah ^{1*}, Muhammad Shah, S.T., M.T. ^{2*}, Syafiuddin, S.T., M.T. ^{3*},
Dodiet Eko Prasetyo, S.T ^{4*}.

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,2*}

Program Studi D-III Teknik Bangunan Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{3*}

Engineering division, PT Dharma Lautan Utama, Indonesia^{4*}

Email: rangghaidayatulloh@student.ppns.ac.id^{1*}; muh.shah59@ppns.ac.id^{2*}; syafiuddin@ppns.ac.id^{3*}; dodietaq@gmail.com^{4*}

Abstract – *Ro-Ro Passanger ships have a fairly high development can be evidenced in the Ministry of Transportation which records the development of the number of Ro-Ro Passanger ships that are increasing in 2011 - 2022 in this case it does not escape the spread of ship fuel emissions to the environment, therefore the need for regulation in dealing with ship emissions. So that measurements must be developed, measurements are carried out on logistics and the scope of Maritime transportation. This regulation was developed by the IMO to reduce emissions in ships. For This study has a goal, namely to approach the decline in the performance of the Ro-Ro Ferry using the Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) approach. This study compares EEOI in Predicted and EEOI in Actual (Recorded), the result from this comparison may be expressed as a representation of hull and propeller fouling and decreased Engine performance. Obtained an error difference value of 6.06%.*

Keyword: *Emission, EEOI, speed optimize, Ro-Ro Passanger, GHG Emission, Engine Performance*

Nomenclature

EEOI = Energy Efficiency Operational Indicator
EEDI = Energy Efficiency Design Index
SEEMP = Ship Energy Efficiency Management Plan
GT = Gross Tonnage
V1 = Kecepatan operasional kapal Desain (nominal) pada kondisi laut tenang calm water state tanpa engine dan gelombang (m/s)
V2 = Kecepatan aktual kapal pada kondisi laut sesungguhnya / rough sea state (m/s)
ΔV = Kecepatan absolut kapal yang hilang / speed loss (m/s)
C_β = Koefisien pengurangan akibat arah, bergantung pada sudut arah datangnya cuaca (dengan haluan kapal sebagai acuan) dan Beaufort Number (BN)
C_V = Koefisien pengurangan kecepatan, bergantung pada koefisien block kapal (*C_b*), kondisi muatan kapal, dan Froude Number (*F_n*)
C_{Form} = Koefisien bentuk kapal
j = Jenis bahan bakar
i = jumlah perjalanan / pelayaran
F_{Cij} = massa bahan bakar *j* yang dikonsumsi pada pelayaran *i*
C_{Fj} = faktor konversi massa bahan bakar ke massa CO₂ untuk bahan bakar *j*
D = Jarak dalam mil laut (Nautical miles) terkait dengan kargo yang dibawa atau jumlah gross tonnage untuk kapal penumpang.

1. PENDAHULUAN

Menurut Data Rekap Kementerian Perhubungan pada tahun 2011 hingga 2020 mengalami kenaikan jumlah kapal penumpang cukup tinggi, lalu pada tahun 2021 hingga 2022 mengalami sedikit penurunan dikarenakan pada waktu itu mengalami musibah penyebaran virus Covid 19 yang menjadikan aktivitas menjadi terkendala [1], maka dari itu pemerintah Indonesia berkewajiban untuk hadir dalam proses menyelenggarakan pelayanan publik yang aman, nyaman, dan tepat waktu untuk dapat terus mendukung mobilisasi penumpang dan barang serta untuk memperluas konektivitas terutama pada wilayah yang terpencil.

International Maritime Organization (IMO) ialah organisasi yang mengupayakan untuk melindungi lingkungan dimana mereka memutakhirkan hasil pekerjaannya melalui Amandemen, Penambahan Regulasi dan Revisi. Tujuan penelitian ini ialah untuk menentukan cara terbaik untuk mengurangi emisi kapal.. Dimana pengurangan dilakukan pada logistic dan jangkauan yang telah dibuat oleh IMO. Penelitian kali ini menggunakan konsep *Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI)*. Untuk semua kapal di atas 400 *Gross Tonnage (GT)* atau lebih yang dapat menggunakan Konsep tersebut. Di mana EEOI ini dimasukkan *Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)*[2]

Pada penerapan pengurangan Emisi kapal

International Maritime Organization (IMO) mengenalkan ada 2 cara yaitu *Energy Efficiency Design Index (EEDI)* dan *Energy Efficiency Operational Index (EEOI)*. Kedua hal ini memiliki cara penggunaan yang berbeda dimana EEDI digunakan saat ada di tingkat desain. EEDI digunakan sebagai jangkar untuk mencapai desain kapal baru untuk mencapai emisi Gas Rumah Kaca (*GHG Emission*) minimum dari kapal baru. berbeda untuk EEOI, EEOI sendiri memiliki tujuan untuk mengukur tingkat Efisiensi Energi pada sebuah Kapal yang sudah ada, EEOI Digunakan untuk Mengukur Tingkat Efisiensi untuk kapal yang sudah Tersedia (*Existing Ship*) di tingkat Operasional [3].

Untuk data data seperti teknikal dan operasional pendukung sangat mempengaruhi nilai dalam memprediksi EEOI, sebagai contoh kondisi alur pelayaran serta kondisi anjungan yang sesungguhnya, lalu dampak usia pada kapal mengenai tahanan kapal dan pengaruh gelombang terhadap kecepatan kapal [4]

Pada penelitian ini menganalisa penurunan performa kapal menggunakan pendekatan *Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI)*. Dengan kapal R0-R0 Passanger dan dilakukan selama 13 bulan pada bulan januari 2023 sampai januari 2024.

Langkah pertama yang dilakukan adalah perhitungan untuk mengetahui nilai C_u dimana di dapat dengan acuan dari nilai C_b , lalu di lanjutkan dengan mengklasifikasikan C_{Form} berdasarkan speed angin yang di jadikan sebagai acuan perhitungan pada C_{β} , nilai dari C_{β} digunakan untuk menghitung C_{Form} dan $\Delta V/V_1$ 100% lalu di lanjutkan dengan mendapatkan nilai time (h) untuk mencari total *fuel consumed* dan mencari *EEOI predicted*.

2. METODOLOGI

2.1 Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI)

Energy Efficiency Operational indicator (EEOI) dikembangkan oleh IMO untuk memungkinkan kapal memantau emisi karbon dari kegiatan pengiriman mereka. EEOI adalah total emisi karbon dalam periode waktu tertentu per unit pendapatan ton-mil. Variasi indeks terutama disebabkan oleh tiga faktor yaitu efisiensi teknis kapal, jumlah kargo yang diangkut per satuan waktu, dan variasi kecepatan (IMO 1967). Meskipun EEOI dianggap sebagai indikator efisiensi energi, secara teknis lebih akurat untuk mengukur intensitas karbon sebagai unit dalam $g\ CO_2/t.NM$. Dengan mempertimbangkan kecepatan aktual, draft, pemanfaatan kapasitas, dan jarak pelayaran yang ditempuh, EEOI dapat dianggap sebagai intensitas karbon rata-rata tahunan kapal dalam kondisi operasi sebenarnya..[5]

$$EEOI = \frac{\text{Fuel Consumed (Tonnes)} \times \text{Fuel to CO}_2 \text{ Conversion Factor}}{\text{Mass of Cargo Carried (tonnes)} \times \text{distance travelled (nautical miles)}} \quad 1$$

Untuk average Nilai Indikator untuk periode atau beberapa pelayaran (*Voyage*), indicator diperoleh, Indikator efisiensi energi Operasional dihitung dengan persamaan :

$$\text{Average EEOI} = (\sum \text{EFC}_{ij} \times \text{CF}_j) / (\sum (\text{m}_{\text{cargo},i} \times \text{Di})) \quad 2$$

2.2 Pengaruh Lingkungan

Getaran adalah gerakan osilasi yang terjadi Seperti Pada ITTC tahun 1978, pengaruh gelombang tidak dipertimbangkan saat mengevaluasi kinerja operasional kapal. Beberapa teknik untuk mengukur peningkatan daya dan penurunan kecepatan pada kondisi gelombang tidak normal dikenal sebagai "daya tambahan". Salah satu metode adalah semi-empirical. Metode ini berasal dari Kwon. Pemodelan resistensi tambahan adalah cara untuk memprediksi kehilangan kecepatan yang disebabkan oleh resistensi tambahan dalam kondisi cuaca seperti gelombang dan engine yang tidak teratur.

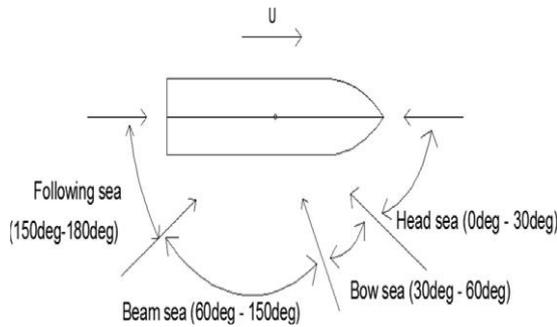
Pengaruh cuaca ditunjukkan dalam penurunan speed kapal pada beberapa kondisi lingkungan laut antara dengan kecepatan yang diantisipasi di kondisi lingkungan laut tenang. Berdasarkan *method* [6] maka :

$$\frac{\Delta V}{V_1} 100\% = C_{\beta} C_U C_{Form} \quad 3$$

$$V_2 = V_1 - \left(\frac{\Delta V}{V_1} 100\% \right) \frac{1}{100\%} V_1 \quad 4$$

$$= (C_{\beta} C_U C_{Form}) \frac{1}{100\%} V_1$$

Koefisien-koefisien di atas diperoleh melalui analisis data operasional kapal. Studi kasus digunakan dalam penelitiannya untuk membuktikan bahwa metode Kwon yang dimodifikasi dapat digunakan dengan benar untuk memprediksi konsumsi bahan bakar kapal tertentu dengan lebih akurat pada berbagai kecepatan, sudut pertemuan (*encounter angle*), sarat air (*draft*), dan kondisi lingkungan pelayaran (*sea state*).[7]



Gambar 1 Susut Arah Datangnya Cuaca

Type of (Displacement) Ship	Ship form coefficient (C _{Form})
All ships (except container ships) in loaded loading condition	$0,5BN + BN6,5 / (2,7 \times \Delta^{2/3})$
All ships (except container ships) in ballast loading condition	$0,7BN + BN6,5 / (2,7 \times \Delta^{2/3})$
Container ships in normal loading conditions	$0,7BN + BN6,5 / (2,2 \times \Delta^{2/3})$

2.3 Beaufort Number (BN)

Angka Beaufort BN, atau angka Beaufort, adalah ukuran empiris yang digunakan untuk mengukur kecepatan engine untuk memantau kondisi laut dan daratan. Dalam lingkup global, arahan WMO mengenai *Marine Meteorological Services* (edisi 2012) menetapkan nilai Beaufort hingga 12 (dua belas) dan nilai yang terlampaui besar tidak di anjurkan

Pada cuaca buruk, daya yang diperlukan meningkat secara signifikan karena pengaruh gelombang dan tahanan engine. hasilnya kapal akan melambat dengan perlahan-lahan untuk menghindari kerusakan yang disebabkan oleh tabrakan atau kecepatan berlebih.

Tabel 1 Koefisien Reduksi Arah mengacu pada Arah Cuaca

Weather Direction	Encounter Angle	Direction reduction coefficient (C _β)
Head sea and wind	0 - 30	$2C\beta = 2$
Bow sea and wind	30 - 60	$2C\beta = 1,7 - 0,03((BN - 4)2)$
Beam sea and wind	60 - 150	$2C\beta = 0,9 - 0,06((BN - 6)2)$
Following sea and wind	150 - 180	$2C\beta = 0,4 - 0,03((BN - 8)2)$

Tabel 4 Beaufort Number (BN) Scale

BN	Description	Wind Speed	Wave height	Sea condition	Pic
0	Calm	<1.1 km/h	0 m	Flat	
		<0.7 mph	0 ft		
		<0.6 knot			
		<0.3 m/s			
1	Light Air	1.1 - 5.5 km/h	0 - 0.2 m	Ripples without crest	
		0.7-3.4 mph	0 - 1 ft		
		0.6 - 3 knot			
		0.3 - 1.5 m/s			
2	Light Breeze	5.5 - 11.9 km/h	0.2 - 0.5 m	Ripples without crest	
		3.4 - 7.4 mph	1 - 2 ft		
		3 - 6.4 knot			
		1.5 - 3.3 m/s			
3	Gentle Breeze	11.9 - 19.7 km/h	0.5 - 1 m	large wavelets. Crest begin to break.	
		7.4 - 12.2 mph	2 - 3.5 ft		
		6.4 - 10.6 knot			
		3.3 - 5.5 m/s			
4	Moderate Breeze	19.7 - 28.7 km/h	1 - 2 m	Small wave with breaking crest.	
		12.2 - 17.9 mph	3.5 - 6 ft		
		10.6 - 15.5 knot			
		5.5 - 8 m/s			
5	Fresh Breeze	28.7 - 38.8 km/h	2 - 3 m	Moderate waves of some length.	
		17.9 - 24.1 mph	6 - 9 ft		
		15.5 - 21 knot			
		8 - 10.8 m/s			

Tabel 2 Koefisien pengurangan kecepatan (CU) akibat Koefisien Blok (C_b) Kapal dan Froude Number (Fn)

Block coefficient (C _b)	Ship loading conditions	Speed reduction coefficient (CU)
0,55	Normal	$1,7 - 1,4Fn - 7,4Fn^2$
0,6	Normal	$2,2 - 2,5Fn - 9,7Fn^2$
0,65	Normal	$2,6 - 3,7Fn - 11,6Fn^2$
0,7	Normal	$3,1 - 5,3Fn - 12,4Fn^2$
0,75	Loaded or Normal	$2,4 - 10,6Fn - 9,5Fn^2$
0,8	Loaded or Normal	$2,6 - 13,1Fn - 15,1Fn^2$
0,85	Loaded or Normal	$3,1 - 18,7Fn + 28,0Fn^2$
0,75	Ballast	$2,6 - 12,5Fn - 13,5Fn^2$
0,8	Ballast	$3,0 - 16,3Fn - 21,6Fn^2$
0,85	Ballast	$3,4 - 20,9Fn + 31,8Fn^2$

Tabel 3 Koefisien bentuk kapal (C_{Form}) akibat dari Jenis Kapal dan Kondisi muatan

BN	Description	Wind Speed	Wave height	Sea condition	Pic
6	Strong Breeze	38.8 - 49.9 km/h	3 - 4 m	Long wave begin to form, white foam crest	
		24.1 - 31 mph			
		21 - 26.9 knot			
7	High Wind, Moderate gale, near gale	49.9 - 61.8 km/h	4 - 5.5 m	Sea heaps up. Some foam from breaking waves is blown into streaks along wind direction.	
		31 - 38.4 mph			
		26.9 - 33.4 knot			
8	gale, Fresh gale	61.8 - 74.6 km/h	5.5 - 7.5 m	Sea heaps up. Some foam from breaking waves is blown into streaks along wind direction.	
		38.4 - 46.3 mph			
		33.4 - 40.3 knot			
9	Strong / severe gale	74.6 - 88.1 km/h	7.5 - 10 m	High waves whose crests sometimes roll over. Dense foam is blown along wind direction.	
		46.3 - 54.8 mph			
		40.3 - 47.6 knot			
10	Storm, whole gale	88.1 - 102.4 km/h	9 - 12.5 m	Very high waves with overhanging crests. Large patches of foam from wave crests give the sea a white appearance.	
		54.8 - 63.6 mph			
		47.6 - 55.3 knot			
11	violent storm	102.4 - 117.4 km/h	11.5 - 16 m	Exceptionally high waves. Very large patches of foam, driven before the wind, cover much of the sea surface.	
		63.6 - 72.9 mph			
		55.3 - 63.4 knot			
12	Hurricane	>= 117.4 km/h	>= 14 m	completely white with foam and spray. Air is filled with driving spray, greatly reducing visibility.	
		>= 72.9 mph			
		>= 63.4 knot			
		>= 32.6 m/s	>= 46 ft		

Pada jadwal docking, kapal lain umumnya beroperasi dengan rating kontinyu maksimal dan kecepatan service noinalnya cukup tinggi untuk menyruaikan kehilangan kecepatan rata-rata dalam cuaca buruk, tetapi kapal ini memiliki kecepatan yang tetap serta margin daya yang sebanding dalam mempertahankan kecepatan dalam kondisi cuaca biasa (normal).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Speed Loss dan Nilai EEOI

Nilai *Energy Efficiency Operational Indicator* (EEOI), yang dipengaruhi oleh fungsi dari jumlah konsumsi bahan bakar dan jarak tempuh kapal dengan koefisien, *gross tonnage*, dan bahan bakar yang sama.

Nilai dari EEOI terpengaruh oleh penggunaan bahan bakar yang beragam pada lintasan yang sama. Kondisi lingkungan saat layar (*sail*) dapat mengakibatkan penurunan pada kecepatan, yang menyebabkan waktu pelayaran (*sail*) bertambah, perubahan konsumsi bahan bakar meskipun dilakukan dilintasan yang sama. Dampak dari lintasan ini akan digunakan untuk menentukan penurunan kecepatan, yang akan menghasilkan nilai *EEOI Predicted*. Hasil dari *EEOI Predicted* ini dapat dijadikan pembandingan dengan Hasil *EEOI actual* yang didapatkan dari Layar (*sail*).

Perhitungan untuk nilai kehilangan kecepatan, *EEOI predicted*, dan *EEOI actual* untuk kapal *Ro-Ro Passenger* diberikan di sini. Data ini digambarkan dengan grafik dalam fungsi waktu Operasional dalam cakupan Bulan.

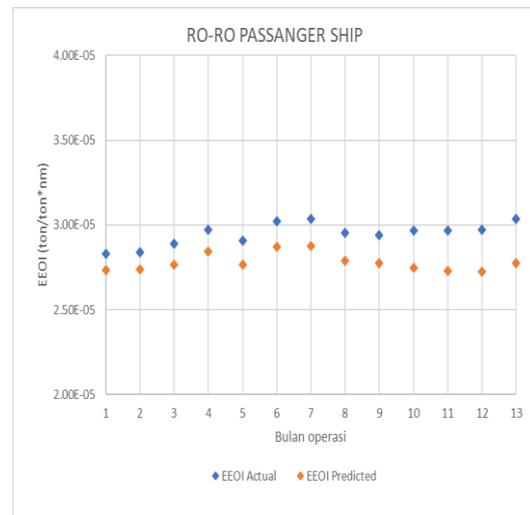
- L_{wl} = 62.4 m
- B = 17 m
- T = 3.1 m
- C_b = 0.605
- GT = 1900
- V_1 = 11.5 knot
- $Displ$ = 1989.53 m³
- F_n = 0.239
- C_u = 1.06447

Tabel 5 Tabel Perhitungan EEOI dengan Penambahan kondisi lingkungan

NO	Dist	Course (°)	Wind (average)		Encounter Angle		BN	C _q	C _{pm}	B/(V1 100%)	V1 (knot)	Time (h)
			Direction (°)	Speed	(°)	direction						
1	4.00	38	E 95	15	123	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.38
2	2.50	79	E 95	15	164	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	0.22
3	1.00	90	E 95	15	175	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	0.09
4	0.90	95	E 95	15	180	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	0.08
5	2.60	123	E 95	15	152	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	0.22
6	1.30	137	E 95	15	138	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.12
7	0.90	155	E 95	15	130	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.08
8	2.80	152	E 95	15	122	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.26
9	3.60	123	E 95	15	152	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	0.21
10	6.00	143	E 95	15	132	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.56
11	9.00	132	E 95	15	143	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.92
12	13.50	107	E 95	15	168	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	1.16
13	42.22	90	E 95	15	175	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	3.64
14	22.73	112	E 95	15	163	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	1.96
15	53.51	111	E 95	15	164	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	4.61
16	18.14	112	E 95	15	163	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	1.96
17	18.10	132	E 95	15	143	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	1.70
18	23.62	140	E 95	15	135	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	2.22
19	4.40	137	E 95	15	138	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.41
20	0.50	157	E 95	15	118	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.05
21	0.80	180	E 95	15	95	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.08
22	0.20	125	E 95	15	150	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.02
23	0.40	73	E 95	15	158	Following Sea	4	-0.04	21.18046	-0.9018	11.6	0.03
24	0.70	53	E 95	15	138	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.07
25	0	0	E 95	15	95	Beam Sea	4	0.33	21.18046	7.4402	10.6	0.00
Total												20.75

Dalam perhitungan ini Bahan bakar dari 2 engine utama sebesar 355.42 liter/jam, lalu didapatkan konsumsi bahan bakar sebesar 7,375.89 Liter atau 5.90 ton, dalam perhitungan kali ini jarak tempuh yang digunakan dari 234.22 nm dengan memperoleh nilai *EEOI predicted* sebesar 2.76E-05 (ton/ton*nm) nilai ini adalah nilai EEOI predicted yang telah memperhitungkan *speed loss* yang didekatkan dengan metode kwon.

3.2 EEOI Prediksi Dan EEOI Aktual RO-RO Passenger



Gambar 2 Grafik Perbandingan Nilai EEOI predicted dan EEOI actual

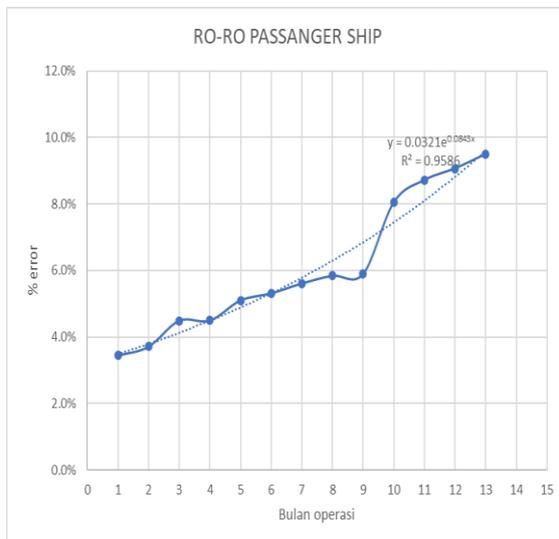
Kapal *Ro-Ro Passenger* ini berlayar selama 13 bulan dengan melakukan *voyage* tiap hari. EEOI Kemudian akan dilakukannya perbandingan antara *EEOI predicted* dan *EEOI actual* dan memperoleh nilai error seperti di bawah ini.

Dapat dilihat pada grafik yang telah di tampilkan dapat dilihat nilai *Predicted* lebih kecil dari pada nilai *EEOI actual*. Dari hasil ini

menunjukkan nilai EEOI *actual* lebih besar karena kenaikan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan pada unsur-unsur lain. Unsur-unsur lain ini dapat di tampilkan sebagai nilai error antara dua perbandingan nilai EEOI .

3.3 Nilai selisih Error EEOI

Gambar 3 Grafik Trendline



Dilihat dari Grafik di atas pada bulan 1 hingga ke bulan 13 mengalami kenaikan error . Nilai error dari bulan 1 hingga bulan ke 13 memiliki selisih error 6.057%. Kenaikan error ini di representasikan sebagai kenaikan konsumsi bahan bakar dalam jangka waktu tersebut. Kenaikkan bahan bakar dapat diakibatkan oleh beberapa hal seperti adanya *fouling* lambung, *engine* degradasi maupun faktor faktor lainnya.

4. KESIMPULAN

Dalam study ini dapat disimpulkan bahwa selisih pada nilai dari *EEOI Record* (actual) dengan nilai dari *EEOI Predicted* (Prediksi) ialah nilai selisih error (%) yang merepresentasikan peningkatan dalam konsumsi bahan bakar disebabkan oleh *fouling* pada lambung serta propeller dan dikarenakan penurunan *performance* pada *engine* (*engine degradation*). Pada study ini kapal ini memiliki selisih error sebesar 6.06% dengan Operasional selama 13 bulan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan jurnal ini telah dapat diselesaikan tidak luput dari banyak orang yang membantu dan mendorong dalam segi bimbingan serta motivasi dari segala pihak. Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis
2. Bapak Muhammad Shah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I

3. Bapak Syafiuddin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II
4. Kerabat dan sahabat seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Kementerian Perhubungan," 2022. <https://portaldata.kemenuh.go.id/content/dataset/10038> (accessed Jan. 09, 2024).
- [2] Syafiuddin, "Operational Speed Optimization of Anchor Handling Tug Supply (AHTS) Using Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) Approach," 2018.
- [3] M. Ichsan, M. F. Pradana, and B. Noche, "Estimation and optimization of the voyage energy efficiency operational indicator (EEOI) on Indonesian sea tollway corridors," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 673, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/673/1/012024.
- [4] X. Sun, X. Yan, B. Wu, and X. Song, "Analysis of the operational energy efficiency for inland river ships," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 22, pp. 34–39, 2013, doi: 10.1016/j.trd.2013.03.002.
- [5] Hafizh, "HAFIZH KUS RIZKYTAMA (Program Studi Magister Transportasi) INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG DESEMBER 2021," vol. 24220011, 2021.
- [6] Y.-J. Kwon and Y. K. Dai, "A Research on the Approximate Formulae for the Speed Loss at Sea," *J. Ocean Eng. Technol.*, vol. 19, no. 2, pp. 90–93, 2005.
- [7] R. Lu, O. Turan, E. Boulougouris, C. Banks, and A. Incecik, "A semi-empirical ship operational performance prediction model for voyage optimization towards energy efficient shipping," *Ocean Eng.*, vol. 110, no. July 2014, pp. 18–28, 2015, doi: 10.1016/j.oceaneng.2015.07.042.