

ANALISIS EFISIENSI KONSUMSI BAHAN BAKAR KAPAL LATIH KL. MOHAMMAD HUSNI THAMRIN RUTE PULAU BAAI – PULAU ENGGANO – LINAU

Aditya Rinaldi¹, Nathanael Suranta², Larsen Barasa³, Titis Ariwibowo⁴

^{1,2,3,4} Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta

Corresponding e-mail: aditaldi05@gmail.com

Copyright © 2026 The Author



This is an open access article

Under the Creative Commons Attribution Share Alike 4.0 International License

DOI: [10.53866/jimi.v6i2.1345](https://doi.org/10.53866/jimi.v6i2.1345)

Abstrak

Efisiensi konsumsi bahan bakar pada kapal latihan merupakan aspek krusial dalam menjaga keberlanjutan operasional dan kesiapan armada pendidikan pelayaran nasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efisiensi konsumsi bahan bakar Kapal Latihan (KL.) Mohammad Husni Thamrin milik Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta pada rute Pulau Baai – Pulau Enggano – Linau, membandingkan performa efisiensi antar rute, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhinya. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan analisis data operasional sekunder berupa voyage log sebanyak 15 voyage pada periode November 2025, yang mencakup variabel jarak tempuh, durasi, konsumsi fuel oil, Remaining on Board (R.O.B), dan kecepatan kapal. Pengolahan data dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka pandas, numpy, matplotlib, dan openpyxl pada platform Anaconda Jupyter Lab. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata efisiensi bahan bakar sebesar 51,76 NM/Litre dengan koefisien variasi 22,85%, mengindikasikan variabilitas operasional yang tinggi. Rute Pulau Baai → Pulau Enggano teridentifikasi sebagai rute paling efisien (63,33 NM/L), sedangkan rute Linau → Pulau Enggano menjadi paling kurang efisien (44,08 NM/L). Voyage paling efisien dicapai pada voyage ke-5 (69,36 NM/L) dan paling boros pada voyage ke-1 (31,93 NM/L). Analisis regresi linier menunjukkan korelasi positif lemah antara kecepatan kapal dengan efisiensi bahan bakar ($r = 0,2875$; $R^2 = 0,0827$), sehingga faktor non-kecepatan seperti arus, cuaca, dan kondisi lambung diduga lebih dominan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi penyusunan strategi optimasi operasional kapal latihan, khususnya melalui penerapan weather routing, optimasi pre-voyage check, dan pengembangan sistem pencatatan data operasional yang lebih komprehensif.

Kata Kunci: Efisiensi Bahan Bakar, Kapal Latihan, KL. Mohammad Husni Thamrin, *Fuel Oil Consumption*, Analisis Pelayaran

Analysis of Fuel Consumption Efficiency of Kapal Latihan KL. Mohammad Husni Thamrin on the Baai Island – Enggano Island – Linau Route

Abstract

Fuel consumption efficiency in training ships is a crucial aspect of maintaining operational sustainability and readiness of the national maritime education fleet. This study aims to analyze the fuel consumption efficiency of Training Ship (KL.) Mohammad Husni Thamrin owned by the Jakarta Merchant Marine Higher Education (STIP) on the Pulau Baai – Pulau Enggano – Linau route, to compare efficiency performance between routes, and to identify the influencing factors. The research employs a descriptive quantitative approach with operational data analysis using secondary voyage log data covering 15 voyages during November 2025, including the variables of distance, duration, fuel oil consumption, Remaining on Board (R.O.B), and vessel speed. Data processing was conducted using the Python programming language with the pandas, numpy, matplotlib, and openpyxl libraries on the Anaconda Jupyter Lab platform. The results show that the average fuel efficiency is 51.76 NM/Litre with a coefficient of variation of 22.85%, indicating high operational variability. The Pulau Baai → Pulau Enggano route was identified as the most efficient (63.33 NM/L), while the Linau → Pulau Enggano route was the least efficient (44.08 NM/L). The most efficient

voyage was achieved on the 5th voyage (69.36 NM/L) and the least efficient on the 1st voyage (31.93 NM/L). Linear regression analysis indicated a weak positive correlation between vessel speed and fuel efficiency ($r = 0.2875$; $R^2 = 0.0827$), suggesting that non-speed factors such as currents, weather, and hull condition are more dominant. The findings of this study are expected to serve as a foundation for developing operational optimization strategies for training ships, particularly through the implementation of weather routing, optimization of pre-voyage checks, and the development of more comprehensive operational data recording systems.

Keywords: *Fuel Efficiency, Training Ship, KL. Mohammad Husni Thamrin, Fuel Oil Consumption, Voyage Analysis*

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia memiliki posisi strategis dalam sektor maritim, dengan transportasi laut memegang peranan vital dalam menunjang konektivitas antarpulau, perdagangan, serta distribusi logistik nasional. Untuk mewujudkan visi Indonesia sebagai poros maritim dunia, ketersediaan sumber daya manusia (SDM) pelayaran yang kompeten dan memenuhi standar internasional menjadi suatu keharusan. Standar kompetensi tersebut mengacu pada konvensi Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) 1978 beserta amandemennya, yang mensyaratkan praktik berlayar (sea project) sebagai bagian integral dari pendidikan pelaut. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (BPSDM) Perhubungan Kementerian Perhubungan Republik Indonesia mengoperasikan armada kapal latih sebagai sarana pendidikan dan pelatihan bagi taruna/i Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) dan politeknik pelayaran di seluruh Indonesia. Salah satu armada tersebut adalah KL. Mohammad Husni Thamrin, kapal latih dengan klasifikasi Special Purpose berbobot 1.200 GT dan panjang 63 meter, milik STIP Jakarta, yang dibangun oleh PT. Steadfast Marine di Pontianak dan melaksanakan pelayaran perdana pada 29 Desember 2017. Kapal ini digunakan secara aktif untuk mendukung program pelatihan taruna, baik dalam bentuk familiarization training, seamanship, maupun praktik operasional pelayaran di berbagai perairan Indonesia.

Dalam operasional kapal niaga maupun kapal latih, biaya bahan bakar (*fuel oil*) merupakan salah satu komponen biaya operasional terbesar, dengan proporsi yang umumnya berkisar antara 40–60% dari total biaya operasional kapal. Selain dari aspek ekonomi, konsumsi bahan bakar juga berkaitan langsung dengan emisi gas rumah kaca dari sektor pelayaran, yang menjadi perhatian global melalui regulasi *International Maritime Organization* (IMO) seperti *Energy Efficiency Existing Ship Index* (EEXI) dan *Carbon Intensity Indicator* (CII). Oleh karena itu, efisiensi konsumsi bahan bakar bukan hanya isu finansial, tetapi juga isu keberlanjutan lingkungan dan kepatuhan terhadap standar internasional.

Pada operasional KL. Mohammad Husni Thamrin, pelayaran rutin dilakukan pada rute Pulau Baai – Pulau Enggano – Linau yang berada di perairan Provinsi Bengkulu. Rute ini memiliki karakteristik perairan, jarak tempuh, serta kondisi cuaca yang bervariasi antar segmen pelayaran. Setiap voyage menghasilkan data operasional berupa jarak tempuh (*nautical mile*), durasi pelayaran, konsumsi *fuel oil*, *Remaining on Board* (R.O.B), serta konsumsi *fresh water*. Data ini berpotensi besar untuk dianalisis guna memperoleh gambaran objektif mengenai performa efisiensi bahan bakar pada masing-masing segmen rute.

Namun demikian, hingga saat ini analisis efisiensi konsumsi bahan bakar pada operasional KL. Mohammad Husni Thamrin pada rute Pulau Baai – Pulau Enggano – Linau belum dilakukan secara sistematis menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis data pelayaran. Pencatatan data harian umumnya berhenti pada pendokumentasian, tanpa diolah lebih lanjut menjadi indikator performa yang terukur. Padahal, hasil analisis seperti rasio konsumsi fuel oil per nautical mile (L/NM), efisiensi pelayaran (NM/L), serta hubungan antara kecepatan kapal dengan tingkat konsumsi bahan bakar dapat menjadi dasar pengambilan keputusan strategis dalam rangka optimasi operasional kapal latih.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis tingkat efisiensi konsumsi bahan bakar KL. Mohammad Husni Thamrin pada rute Pulau Baai – Pulau Enggano – Linau; (2) membandingkan performa efisiensi bahan bakar antar segmen rute; dan (3) mengidentifikasi voyage dengan tingkat efisiensi tertinggi dan terendah beserta faktor-faktor yang memengaruhinya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengelola kapal latih dalam menyusun strategi efisiensi

operasional, sekaligus menjadi rujukan bagi penelitian sejenis pada armada kapal latih lainnya di lingkungan BPSDM Perhubungan.

2. Metode Penelitian

2.1. Subjek, Waktu, dan Tempat

Data untuk penelitian ini dikumpulkan di atas kapal pelatihan Mohammad Husni Thamrin. Pengumpulan data untuk penelitian ini berlangsung selama dua bulan. Gambar 1 menunjukkan gambar teknis kapal pelatihan Mohammad Husni Thamrin:



Gambar 1. General Arrangement KL. Mohammad Husni Thamrin

Objek penelitian adalah KL. Mohammad Husni Thamrin, kapal latih *Special Purpose* 1200 GT milik Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta. Lokasi penelitian mencakup empat segmen pelayaran pada rute Pulau Baai – Pulau Enggano – Linau di perairan Provinsi Bengkulu, yaitu:

- a) Pulau Enggano → Linau (72 NM)
- b) Linau → Pulau Enggano (72 NM)
- c) Pulau Enggano → Pulau Baai (93 NM)
- d) Pulau Baai → Pulau Enggano (93 NM)

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode analisis data operasional. Pendekatan kuantitatif dipilih karena variabel yang diteliti berupa data numerik hasil pencatatan operasional kapal, sedangkan pendekatan deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran sistematis, faktual, dan akurat mengenai efisiensi konsumsi bahan bakar kapal pada rute yang diteliti.

Data yang digunakan adalah data sekunder berupa catatan operasional pelayaran (*voyage log*) KL. Mohammad Husni Thamrin selama periode November 2025, yang mencakup 15 voyage dengan empat *voyage number* (025, 026, 027, dan 028). Setiap catatan voyage memuat informasi:

1. Waktu keberangkatan dan kedatangan
2. Jarak tempuh (*nautical mile*)
3. Konsumsi *fuel oil* (Litre)
4. *Remaining on Board* (R.O.B) *fuel oil* (Litre)
5. Konsumsi *fresh water* (Ton)
6. *Remaining on Board* (R.O.B) *fresh water* (Ton)

Variabel penelitian terdiri dari variabel terukur (langsung dari data) dan variabel turunan (hasil perhitungan):

Tabel 1. Sebaran Variabel Penelitian

Variabel	Simbol	Satuan	Jenis
Jarak tempuh	D	NM	Terukur
Konsumsi fuel oil	FO	Litre	Terukur
R.O.B. fuel oil	ROB	Litre	Terukur
Durasi Pelayaran	t	Jam	Turunan
Kecepatan rata-rata	V	Knot	Turunan
Konsumsi per jam	FOH	L/Jam	Turunan
Efisiensi bahan bakar	E	NM/L	Turunan
Konsumsi per NM	KNM	L/NM	Turunan

2.3. Teknik Analisis Data

Analisis data menggunakan statistik deskriptif untuk meringkas karakteristik data, dilengkapi dengan analisis komparatif antar rute menggunakan rata-rata kelompok (*group mean*). Untuk mengidentifikasi pola hubungan antara kecepatan kapal dengan tingkat efisiensi bahan bakar, digunakan analisis regresi linier sederhana dengan persamaan:

$$E = aV + b \quad (1)$$

di mana a adalah koefisien regresi dan b adalah konstanta, yang divisualisasikan dalam bentuk garis tren pada *scatter plot*. Variabel turunan dihitung menggunakan rumus berikut:

Variabel Turunan	Persamaan
Durasi Pelayaran	$t = T_{arrival} - T_{departure}$
Kecepatan rata-rata	$V = \frac{D}{t}$
Konsumsi per jam	$FOH = \frac{FO}{t}$
Efisiensi bahan bakar	$\frac{D}{FO}$
Konsumsi per NM	$KNM = \frac{FO}{D}$

Nilai E (efisiensi) yang lebih tinggi menunjukkan kapal lebih hemat bahan bakar, sedangkan nilai KNM yang lebih rendah menunjukkan konsumsi bahan bakar per satuan jarak yang lebih efisien.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Gambaran Umum Operasional Pelayaran

Selama periode November 2025, KL. Mohammad Husni Thamrin melaksanakan 15 voyage yang tergabung dalam empat voyage number (025, 026, 027, dan 028) pada rute Pulau Baai – Pulau Enggano – Linau. Total jarak tempuh mencapai 1.227 NM dengan total durasi berlayar 240,05 jam dan total konsumsi *fuel oil* sebesar 24,866 Litre, serta konsumsi *fresh water* 77 Ton. Rekapitulasi data operasional setiap voyage disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Operasional Pelayaran KL. Mohammad Husni Thamrin
Periode November 2025

No	Voyage	Rute	Durasi (jam)	Jarak (NM)	Kecepatan (KN)	FO (L)	E (NM/L)
1	025	Enggano - Linau	11,60	72	6,21	2,255	31,93
2	025	Linau - Enggano	12,40	72	5,81	1,986	36,25
3	025	Enggano - Baai	17,50	93	5,31	2,662	34,94

4	026	Baai - Enggano	18,40	93	5,05	1,677	55,46
5	026	Enggano - Linau	10,90	72	6,61	1,038	69,36
6	026	Linau - Enggano	16,10	72	4,47	1,568	45,92
7	026	Enggano - Baai	29,70	93	3,13	1,716	54,20
8	027	Baai - Enggano	14,90	93	6,24	1,388	67,00
9	027	Enggano - Linau	11,25	72	6,40	1,190	60,50
10	027	Linau - Enggano	16,80	72	4,29	1,598	45,06
11	027	Enggano - Baai	18,90	93	4,92	1,857	50,08
12	028	Baai - Enggano	15,10	93	6,16	1,377	67,54
13	028	Enggano - Linau	12,73	72	5,65	1,209	59,55
14	028	Linau - Enggano	14,87	72	4,84	1,467	49,08
15	028	Enggano - Baai	18,90	93	4,92	1,878	49,52

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa variasi nilai efisiensi antar voyage cukup signifikan, berkisar dari 31,93 NM/L (voyage #1) hingga 69,36 NM/L (voyage #5). Hal ini mengindikasikan bahwa efisiensi konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh berbagai faktor operasional, tidak semata-mata oleh jarak tempuh atau jenis rute.

3.2. Statistik Deskriptif Efisiensi Bahan Bakar

Hasil perhitungan statistik deskriptif untuk variabel utama disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Statistik Deskriptif Variabel Operasional Pelayaran (N=15)

Statistik	Durasi (jam)	Jarak (NM)	Kec (KN)	FO (L)	Efisiensi (NM/L)	L/NM
Rata-rata	16,00	81,80	5,33	1,658	51,76	0,0204
Std Deviasi	4,69	10,84	0,95	0,428	11,83	0,0052
Minimum	10,90	72	3,13	1,038	31,93	0,0144
Maksimum	29,70	93	6,61	2,662	69,36	0,0313

Rata-rata efisiensi bahan bakar KL. Mohammad Husni Thamrin pada periode penelitian adalah sebesar 51,76 NM/Litre dengan standar deviasi 11,83 NM/L. Koefisien variasi (CV) sebesar 22,85% menunjukkan tingkat variabilitas efisiensi yang cukup tinggi antar voyage, sehingga membuka peluang untuk dilakukan optimasi guna mempersempit rentang variasi tersebut. Kecepatan rata-rata kapal sebesar 5,33 knot, dengan rentang 3,13–6,61 knot, masih berada di bawah kecepatan dinas (service speed) kapal latih Special Purpose 1200 GT pada umumnya, yang konsisten dengan karakteristik pelayaran latih (manuver, familiarization, dan pendekatan ke pelabuhan).

Voyage #5 (026/P.Enggano → Linau) tercatat sebagai voyage paling efisien dengan nilai 69,36 NM/L yang dicapai pada durasi singkat (10,90 jam) dan kecepatan tinggi (6,61 knot). Sebaliknya, voyage #1 (025/P.Enggano → Linau) menjadi voyage paling boros dengan efisiensi hanya 31,93 NM/L meski rute, jarak, dan kecepatan relatif setara dengan voyage #5. Selisih efisiensi sebesar 117,2% antara voyage paling efisien dan paling boros pada rute yang sama menandakan bahwa terdapat faktor non-rute (kondisi cuaca, arus laut, beban kapal, atau performa mesin) yang sangat berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar.

3.3. Analisis Efisiensi berdasarkan Rute

Rekapitulasi efisiensi bahan bakar berdasarkan empat rute pelayaran disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Rata-rata per Rute Pelayaran

Rute	n	Jarak (NM)	Durasi rata-rata (jam)	Kecepatan rata-rata (knot)	FO Rata-rata (L)	Efisiensi (NM/L)	Peringkat
Baai – Enggano	3	93	16,13	5,82	1481	63,33	1
Enggano – Linau	4	72	11,62	6,22	1423	55,34	2
Enggano – Baai	4	93	21,25	4,57	2028	47,18	3

Linau – Enggano	4	72	15,04	4,85	1655	44,08	4
-----------------	---	----	-------	------	------	-------	---

Hasil analisis menunjukkan bahwa rute P.Baai → P.Enggano merupakan rute paling efisien dengan rata-rata 63,33 NM/L, sedangkan rute Linau → P.Enggano menjadi rute paling kurang efisien dengan rata-rata 44,08 NM/L. Perbedaan ini sebesar 43,7%. Fenomena menarik yang dapat diidentifikasi adalah perbedaan efisiensi yang signifikan pada rute dengan titik berangkat dan tujuan yang saling membalik:

- Rute P.Baai → P.Enggano (63,33 NM/L) vs P.Enggano → P.Baai (47,18 NM/L) — selisih 34,2% pada jarak yang identik (93 NM).
- Rute P.Enggano → Linau (55,34 NM/L) vs Linau → P.Enggano (44,08 NM/L) — selisih 25,5% pada jarak yang identik (72 NM).

Pada kedua pasangan rute tersebut, arah pelayaran dengan tujuan P.Enggano (dari P.Baai maupun dari Linau) memang memiliki efisiensi lebih rendah dibanding sebaliknya. Hal ini dapat diduga terkait dengan faktor arus dan pola gelombang di perairan Bengkulu, di mana arus dominan dan angin musim dapat memberikan dorongan tambahan atau hambatan pada arah pelayaran tertentu. Secara teknis, ketika kapal berlayar searah dengan arus, propeller menghasilkan thrust yang lebih efektif sehingga konsumsi bahan bakar menurun; sebaliknya, pelayaran melawan arus akan meningkatkan beban mesin.

Dilihat dari segi durasi, rute P.Enggano → P.Baai memiliki durasi rata-rata terlama (21,25 jam untuk jarak 93 NM) dengan kecepatan rata-rata terendah (4,57 knot). Durasi yang lebih panjang berbanding lurus dengan total konsumsi *fuel oil* pada rute tersebut (rata-rata 2.028 L), yang menjadi penyebab utama rendahnya efisiensi.

3.4. Analisa berdasarkan Voyage Number

Pengelompokan data berdasarkan voyage number dapat dilihat pada Tabel 6, yang menggambarkan performa kapal pada setiap siklus pelayaran lengkap.

Tabel 6. Performa per *Voyage Number*

Voyage No.	Jumlah Segmen	Jarak (NM)	Total FO (L)	Total Durasi (jam)	Efisiensi (NM/L)	Kec. Rata-rata (knot)
025	3	237	6903	41,50	34,33	5,71
026	4	330	5999	75,10	55,01	4,39
027	4	330	6033	61,85	54,70	5,34
028	4	330	5931	61,60	55,64	5,36

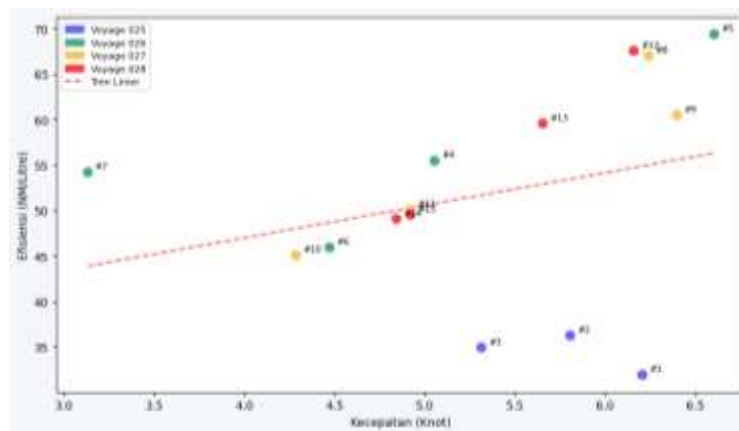
Hasil pada Tabel 6 memperlihatkan pola yang sangat menarik: voyage 025 memiliki efisiensi yang jauh di bawah ketiga voyage berikutnya (34,33 NM/L vs rata-rata 55,12 NM/L pada voyage 026–028). Selisih sebesar 60,5% ini terlalu besar untuk dijelaskan oleh variabilitas cuaca semata, sehingga kemungkinan besar berkaitan dengan:

- Faktor break-in atau running-in awal periode, di mana mesin atau prosedur operasional masih dalam tahap penyesuaian setelah jeda operasional sebelumnya.
- Kondisi bottom fouling (penempelan biota laut pada lambung) yang belum dibersihkan, sehingga meningkatkan hambatan air dan konsumsi bahan bakar.
- Familiarisasi awak kapal dan taruna pada awal periode pelatihan yang menyebabkan profil kecepatan dan manuver belum optimal.

Sejak voyage 026, performa efisiensi meningkat drastis dan relatif konsisten pada kisaran 54,70–55,64 NM/L, menunjukkan stabilisasi operasional setelah satu siklus penuh pelayaran. Temuan ini mengindikasikan pentingnya periode adaptasi awal dalam operasional kapal latihan dan membuka peluang efisiensi melalui prosedur pre-voyage check yang lebih ketat di awal periode pelatihan.

3.5. Hubungan Kecepatan Kapal dengan Efisiensi Bahan Bakar

Analisis regresi linier sederhana terhadap hubungan antara kecepatan kapal (V) dengan efisiensi bahan bakar (E) menghasilkan persamaan:



Gambar 2. Hubungan Kecepatan Kapal dengan Efisiensi Bahan Bakar

$$E = 3,571 V + 32,712$$

Dengan koefisien korelasi Pearson $r = 0,2875$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0,0827$. Nilai korelasi positif lemah ini mengindikasikan bahwa peningkatan kecepatan kapal cenderung diiringi peningkatan efisiensi bahan bakar, namun hanya 8,27% variasi efisiensi yang dapat dijelaskan oleh kecepatan.

Temuan ini cukup menarik karena bertentangan dengan teori klasik *cube law of resistance* yang menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar meningkat sebagai pangkat tiga dari kecepatan, sehingga efisiensi seharusnya menurun pada kecepatan yang lebih tinggi. Beberapa interpretasi yang mungkin atas temuan ini:

- Rentang kecepatan terbatas (3,13–6,61 knot) berada di bawah *cube law breakpoint* sehingga belum menunjukkan penurunan efisiensi yang signifikan. Pada kecepatan rendah, durasi pelayaran yang panjang justru mendominasi konsumsi idle mesin.
- Kecepatan rendah pada data dicapai bukan karena pengaturan throttle, melainkan karena hambatan arus/cuaca buruk, sehingga mesin tetap bekerja keras meski kecepatan ground rendah → efisiensi turun.
- Faktor-faktor non-kecepatan (arus, beban, kondisi mesin, *fouling*) lebih dominan dalam menentukan efisiensi pada rentang kecepatan operasional ini, sebagaimana ditunjukkan oleh R^2 yang rendah.

Dengan demikian, kecepatan bukan variabel utama dalam menjelaskan efisiensi bahan bakar pada kapal latih ini. Analisis lanjutan yang melibatkan variabel-variabel tambahan seperti kondisi cuaca, arah angin, dan beban operasional perlu dilakukan untuk memperoleh model prediksi efisiensi yang lebih akurat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis terhadap 15 voyage operasional KL. Mohammad Husni Thamrin pada rute Pulau Baai – Pulau Enggano – Linau selama periode November 2025, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Tingkat efisiensi konsumsi bahan bakar KL. Mohammad Husni Thamrin berada pada rata-rata 51,76 NM/Litre dengan standar deviasi 11,83 NM/L dan koefisien variasi 22,85%. Total jarak tempuh selama periode penelitian sebesar 1.227 NM dengan total konsumsi fuel oil 24,866 Litre dan total durasi berlayar 240,05 jam. Tingkat variabilitas yang tinggi ini menunjukkan bahwa konsistensi efisiensi operasional antar voyage masih perlu ditingkatkan.
- Perbandingan efisiensi antar rute menunjukkan perbedaan yang signifikan. Rute Pulau Baai → Pulau Enggano merupakan rute paling efisien dengan rata-rata 63,33 NM/L, sedangkan rute Linau → Pulau Enggano menjadi rute paling kurang efisien dengan rata-rata 44,08 NM/L, dengan selisih sebesar 43,7%. Ditemukan pula pola asimetri efisiensi pada pasangan rute pulang-pergi, di mana arah pelayaran menuju Pulau Enggano (baik dari Pulau Baai maupun dari Linau) secara konsisten kurang efisien dibanding arah sebaliknya. Pola ini diduga kuat berkaitan dengan pengaruh arus dan kondisi perairan di Provinsi Bengkulu.
- Voyage paling efisien adalah voyage #5 (026/P.Enggano → Linau) dengan efisiensi 69,36 NM/L pada kecepatan 6,61 knot dan durasi 10,90 jam. Sebaliknya, voyage paling boros adalah voyage #1

(025/P.Enggano → Linau) dengan efisiensi hanya 31,93 NM/L meski pada rute yang identik. Pengelompokan berdasarkan voyage number mengungkap bahwa voyage 025 memiliki efisiensi yang jauh lebih rendah (34,33 NM/L) dibandingkan voyage 026–028 yang stabil pada kisaran 54,70–55,64 NM/L, mengindikasikan adanya efek adaptasi awal periode operasional.

4. Analisis korelasi antara kecepatan kapal dengan efisiensi bahan bakar menghasilkan koefisien korelasi Pearson $r = 0,2875$ (positif lemah) dengan persamaan regresi $E = 3,571 \cdot V + 32,712$ dan $R^2 = 0,0827$. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan hanya menjelaskan 8,27% variasi efisiensi, sehingga faktor-faktor non-kecepatan seperti arus, cuaca, beban, dan kondisi lambung diperkirakan lebih dominan dalam mempengaruhi efisiensi konsumsi bahan bakar pada rentang operasional kapal latihan ini.

Bibliografi

- Bertram, V. (2012). *Practical ship hydrodynamics* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Harris, C. R., Millman, K. J., van der Walt, S. J., Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D., et al. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, 585, 357–362. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
- Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in Science & Engineering*, 9(3), 90–95. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.55>
- International Maritime Organization. (1978). *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW)*, 1978, as amended. IMO Publications.
- International Maritime Organization. (2022). Resolution MEPC.328(76): Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend MARPOL 73/78 — 2021 Revised MARPOL Annex VI. IMO.
- International Maritime Organization. (2023). Resolution MEPC.377(80): 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. IMO. [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.377\(80\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.377(80).pdf)
- International Maritime Organization. (n.d.). EEXI and CII — Ship carbon intensity and rating system. Retrieved from <https://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/eexi-cii-faq.aspx>
- International Maritime Organization. (2014). *International Safety Management (ISM) Code with guidelines for its implementation* (2014 ed.). IMO Publications.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 110 Tahun 2015 tentang Standar Pelayanan pada Balai Pendidikan dan Pelatihan Ilmu Pelayaran (BP2IP)*.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan. (n.d.). *Program pengembangan SDM perhubungan laut*. <https://bpsdm.dephub.go.id>
- McKinney, W. (2010). Data structures for statistical computing in Python. In S. van der Walt & J. Millman (Eds.), *Proceedings of the 9th Python in Science Conference* (pp. 56–61). <https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-00a>
- Molland, A. F., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2017). *Ship resistance and propulsion: Practical estimation of ship propulsive power* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Ratmoko. (2025). Analisis engine propeller matching untuk peningkatan efisiensi bahan bakar pada kapal perintis 500 DWT KM. Sabuk Nusantara. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 13(1).
- Sa'id, S. D. (2011). Analisis efisiensi pemakaian bahan bakar mesin induk kapal purse seiner di Pelabuhan Pendaratan Nusantara Pekalongan. *Gema Teknologi*, 16(2), 99–105. <https://doi.org/10.14710/gt.v16i2.22135>
- Stopford, M. (2009). *Maritime economics* (3rd ed.). Routledge.
- Suryanto, S., & Wudianto, W. (2017). Model estimasi konsumsi bahan bakar kapal ikan huhate dan rawai tuna. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23(2), 99–110. <https://doi.org/10.15578/jppi.23.2.2017.99-110>
- Utomo, B. (2020). Hubungan antara konsumsi bahan bakar dengan berbagai perubahan kecepatan pada motor diesel penggerak kapal. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(2).