



ISSN
2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN
Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Perhitungan Hambatan pada Kapal General Cargo 17.000 DWT dengan Modifikasi Lambung Menggunakan Metode Holtrop Berbasis Python

Heri Nurlisty Nugroho¹⁾, Samuel²⁾, Muhammad Iqbal³⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

*Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

**¹⁾e-mail :herinugroho@students.undip.ac.id*

Abstrak

Indonesia sebagai negara kepulauan mengandalkan transportasi laut dalam distribusi barang, terutama kapal General Cargo. Desain lambung kapal sangat memengaruhi hambatan dan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dua desain lambung kapal General Cargo 17.000 DWT (baseline dan modifikasi +23% pada LPP), sedangkan ukuran utama kapal modifikasi berukuran LPP 165,715 m, B 22,04 m, dan T 9,48 m. Modifikasi ini melihat L/B maksimum yaitu pada nilai 7,518. Nilai hambatan menggunakan metode Holtrop berbasis Python dan Maxsurf Resistance, serta menentukan daya mesin utama. Metode yang digunakan adalah pendekatan empiris Holtrop-Mennen yang diimplementasikan pada pemrograman Python (Google Colab) dan disimulasikan menggunakan Maxsurf Resistance. Model 3D lambung dibuat pada Maxsurf Modeler mengacu pada linesplan kapal referensi berukuran LPP 134,31 m, B 22,04 m, dan T 9,48 m. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kecepatan operasi 15,01 knot, hambatan total baseline (Python) mencapai 468,39 kN dan Maxsurf 439 kN dengan selisih error 6,7%, masih dalam batas toleransi yang wajar. Hambatan lambung modifikasi pada kecepatan yang sama mencapai 408,62376 kN atau -12,759% lebih rendah dibanding baseline. Rata-rata selisih antara kedua model sebesar -6,62%. Kesimpulannya, perhitungan Python berbasis Holtrop cukup akurat sebagai estimasi awal hambatan, dan modifikasi menambah panjang LPP menurunkan hambatan total secara signifikan akibat berkurangnya bilangan Froude dan hambatan gelombang.

Kata Kunci : Hambatan kapal, Metode Holtrop, General Cargo, Maxsurf, Python

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki posisi yang strategis dengan geopolitiknya yang berada diantara dua benua dan dua samudera yang dilalui oleh ribuan kapal lasing yang melintasi ALKI (Alur Laut Kepulauan Indonesia) dan selat-selat penting (Junef, 2019). Transportasi laut memegang peranan penting dalam kelancaran

perdagangan karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi antara lain daya angkut banyak, serta biaya relatif murah.

Faktor yang mempengaruhi perkembangan dalam pembangunan kapal, salah satunya adalah tingginya permintaan pasar (*demand*) [1]. Akan distribusi barang dalam skala besar yang mengharuskan kapal berperan penting

dalam menunjang efektifitasnya terutama kapal niaga. Masing-masing kapal yang dibangun membutuhkan strategi pembangunan sendiri-sendiri [2].

Wajib diingat bahwa sistem transportasi memiliki sifat sistem jaringan dimana kinerja pelayanan transportasi sangat dipengaruhi oleh integrasi dan keterpaduan jaringan sarana transportasi laut menjadi peran penting bagi negara kepulauan seperti Indonesia [3]. Apalagi Indonesia juga mempunyai sumber daya alam yang sangat melimpah untuk menyalurkan sumber daya alam tersebut dibutuhkan suatu sarana transportasi laut yang tepat yaitu kapal *General Cargo*.

Kapal *General Cargo* merupakan kapal yang mampu mengangkut bermacam-macam muatan berupa barang. Barang yang diangkut biasanya berupa barang yang sudah dikemas. Dalam Pembangunan kapal, berbagai factor yang harus di perhatikan selain bentuk dan karakteristik badan kapal juga perencanaan kekuatan dan susunan kapal itu sendiri. Susunan kapal yang umumnya terdiri atas badan kapal dan bangunan atas kapal atau rumah geladak yang merupakan konstruksi kapal itu [4].

Pemilihan desain lambung dengan hambatan minimal merupakan upaya penting untuk mengurangi tingkat emisi pada kapal. Oleh karena itu, pilihan bentuk lambung untuk meminimalkan resistansi kapal dipengaruhi oleh kecepatan layanan yang diinginkan. Jika Fr rendah, di bawah 0,24, lambung berbentuk V lebih cocok. Namun, jika Fr lebih tinggi dari 0,24, lambung berbentuk U lebih tepat. [5]

Perubahan lambung kapal merupakan perubahan ukuran seperti penambahan lebar (*beam*) atau panjang (*length*), secara langsung ini dapat meningkatkan kapasitas muatan dan stabilitas kapal.[6] Selain itu perubahan ukuran lambung sering diubah untuk menyesuaikan dengan kebutuhan rute, jenis, muatan atau fungsi kapal (misal dari kapal penumpang ke kapal kargo). [7]

2. METODE

Dalam membuat Tugas Akhir ini, penulis membutuhkan berbagai jenis data dan masukan agar bisa dianalisis lebih lanjut. Data input dibagi menjadi dua jenis yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data Primer adalah informasi dasar yang dibutuhkan untuk Menyusun tugas akhir ini. Data primer adalah data yang menunjukkan ukuran utama dan dapat dilihat pada tabel 1.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang digunakan sebagai data pendukung dalam pembuatan tugas akhir ini. Data sekunder dibutuhkan karena biasanya dapat membantu dalam menyelesaikan berbagai masalah yang muncul saat melakukan penyusunan tugas akhir. Data sekunder mencakup informasi yang diambil dari buku dan jurnal pendukung yang diperoleh melalui sumber literatur yang tersedia. Beberapa literatur dan informasi yang diperlukan didapat dari berbagai buku, artiker, jurnal, serta situs internet.

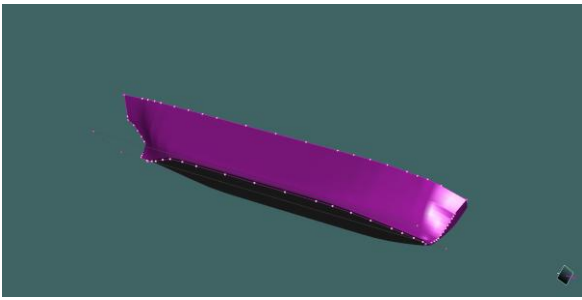
2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian adalah kapal General Cargo 17.000 DWT dengan data ukuran utama yang diperoleh dari linesplan referensi. Data primer kapal adalah sebagai berikut

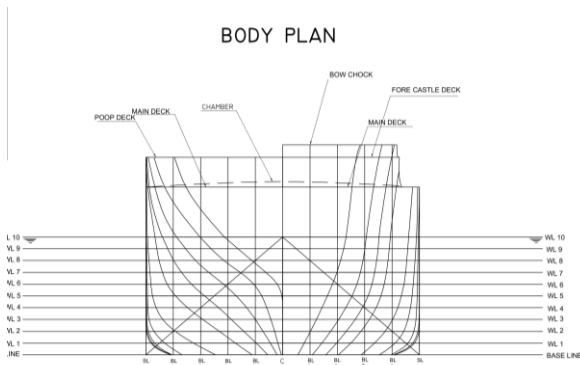
Tabel 1. Data Ukuran Utama Kapal *Baseline*

<i>Main Dimension</i>	
<i>LPP</i>	134,31
<i>LWL</i>	141,03
<i>Breadth</i>	22,04
<i>Height</i>	13,49
<i>Draft</i>	9,48
<i>Speed</i>	15,01
<i>Coefficient Block</i>	0,84
<i>Dead Weight Tonnage</i>	17000

Dari data dan *linesplan* di atas dilakukan permodelan 3D pada *software Maxsurf Modeler* dan hasil model 3D kapal *General Cargo* 17000 DWT model 1 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Model 3D kapal General Cargo 17000 DWT



Gambar 2. Bodyplan Model Kapal Baseline

2.2. Perlakuan pada Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua model lambung, yaitu : (1) model *Baseline* sebagai parameter tetap sesuai ukuran utama referensi, dan (2) model modifikasi dengan penambahan 5% pada *Breadth* dari ukuran utama *Baseline* secara proporsional. Ukuran utama modifikasi LPP 165,715 m, LWL 169,0293 m, dan B 22,041 m. Kecepatan uji divariasikan dari 0 hingga 15,01 knot.

2.3. Software Penelitian

Permodelan 3D lambung dilakukan menggunakan *Maxsurf Modeler* dengan linesplan dan data ukuran utama kapal sebagai acuan. Perhitungan hambatan menggunakan dua pendekatan ; (1) *Maxsurf Resistance* dengan metode holtrop dan (2) Pemrograman Python menggunakan *Google Colaboratory*.

2.4. Metode Holtrop

Metode Holtrop-Mennen adalah metode empiris untuk memperkirakan hambatan total kapal tanpa pengujian model fisik [9]. Persamaan hambatan total metode Holtrop adalah

$$R_{total} = RF(1+k_1) + R_{app} + RW(1) + RB + RTR + RA$$

Hambatan ini dibagi oleh William Froude menjadi hambatan gesek (RF) dan hambatan sisa (RR)

$$RT = RF + RR \quad (2)$$

$$CT = CF + CR \quad (3)$$

Dimana RF adalah hambatan gesek berdasarkan formula ITTC 1975, (1+k) adalah factor bentuk, RAPP adalah hambatan tambahan, RW adalah hambatan gelombang, RB adalah hambatan *Bulbous Bow*, RTR adalah hambatan tekanan dari transom, dan RA adalah hambatan model kapal.

2.5. Pemrograman Python

Python digunakan untuk mengotomatisasi perhitungan hambatan berdasarkan rumus Holtrop. Data input berupa dimensi kapal dan kecepatan yang diproses melalui skrip Python di *Google Colab*. Alur perhitungan meliputi; konversi kecepatan, perhitungan *Froude Number*, *Reynold Number*, koefisien hambatan gesek (CF), hambatan gesek (RF), *Form Factor*, hambatan gelombang (RW), hambatan total (RT), beserta daya efektif (PE).

2.6. Validasi

Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan Python terhadap simulasi dari *Maxsurf Resistance*. Batas toleransi error yang ditetapkan adalah $\pm 10\%$ sesuai dengan penelitian terdahulu. Presentase error dihitung dengan rumus

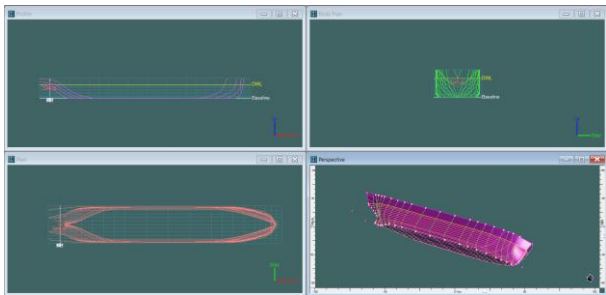
$$Error (\%) = \frac{|RT_{Maxsurf} - RT_{Python}|}{RT_{Maxsurf}} \times 100\% \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Permodelan Lambung 3D

Permodelan 3D kapal dilakukan menggunakan *Maxsurf Modeler* dengan *Linesplan* sebagai acuan dalam *fairing* model.

Jarak Panjang antara garis vertical yang berpotongan dengan buritan dan Haluan didefinisikan menggunakan LPP. Untuk proses *fairing*, *linesplan* sangat krusial agar model yang dihasilkan semakin mendekati bentuk aslinya. Linesplan digunakan sebagai acuan dalam mencapai model yang diinginkan. Nilai hidrostatis yang dihasilkan oleh kedua model harus dibandingkan agar dapat memastikan bahwa sifat hidrostatis dari kedua model berada dalam batas wajar. Dengan demikian, perbandingan antara kedua data kapal antara nilai hidrostatis perhitungan dan hasil permodelan 3D kapal lebih akurat. Model 3D yang dihasilkan menampilkan *sheer plan*, *body plan*, *half-breadth plan*, dan tampilan perspektif 3D yang memungkinkan visualisasi lambung kapal secara komprehensif untuk keperluan analisis lebih lanjut.



Gambar 3. Hasil rendering 3D *linesplan* di *Maxsurf Modeler*

3.2. Perhitungan Hambatan Berbasis Python

Sebelum perhitungan dilakukan, data geometri ukuran utama kapal perlu disiapkan. Data utama untuk input parameter perhitungan dengan pemrograman *python* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter input CSV pada coding *python*

Parameter	Keterangan	Nilai
Lpp	<i>Length Of Perpendicular (m)</i>	134,31
Lwl	<i>Length at Waterline (m)</i>	141,03
B	<i>Beam at Waterline (m)</i>	22,04
T	<i>Draft (m)</i>	13,49
Cp	<i>Prismatic Coefficient</i>	0,8423

V	<i>Speed in Knots</i>	15,01
Cb	<i>Block Coefficient</i>	0,84
Cm	<i>Midship Coefficient</i>	0,9972
LCB	<i>Length Coefficient Block</i>	-0,06
WSA	<i>Wetted Surface Area (m²)</i>	4794,2

Perhitungan hambatan kapal general cargo 17000 DWT dilakukan secara numerik menggunakan skrip Python yang ditulis berdasarkan metode empiris Holtrop-Mennen. Perhitungan ini bertujuan untuk memodelkan estimasi hambatan kapal secara lebih fleksibel dan cepat dengan system otomatisasi coding melalui pendekatan numerik sesuai kriteria kapal yang tertaut di platform *Google Colaboratory*. Dalam implementasinya, program menerima masukan berupa data ukuran utama kapal dan karakteristik bentuk lambung sebagai input parameter, lalu menghitung seluruh komponen hambatan yang terdiri dari hambatan gesek (R_f), hambatan gelombang (R_w), serta menghitung hambatan total dan daya efektif (PE).

Berikut ini adalah rincian tahapan perhitungan dan penjelasan dari kode python yang digunakan.

Awal mula, kode menetapkan konstanta fisika sebagai berikut

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ (percepatan gravitasi)}$$

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3 \text{ (densitas air laut)}$$

$$\nu = 1,19 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (viskositas kinematic)}$$

Froude Number

$$Fn = V / \sqrt{(g \times L)} = 7,7217 / \sqrt{(9,81 \times 141,03)} = 0,2076$$

Reynold Number

$$Re = V \times LWL / \nu = 7,7217 \times 141,03 / (1,19 \times 10^{-6}) = 9,151 \times 10^8$$

Koefisien Hambatan Gesek (ITTC 1957)

$$CF = 0,075 / (\log_{10} Re - 2)^2 = 0,001548 \quad (7)$$

Hambatan Total

$$RT = 0,5 \times \rho \times V^2 \times Stot \times (CF \times FF) + CA + RW = 439 \text{ kN} \quad (8)$$

Daya Efektif Kapal

$$PE = RT \times V = 439 \times 7,7217 = 3.389,8 \quad (9)$$

kW

Hasil *output* lengkap kode python pada kecepatan 15,01 knot ditampilkan pada tabel 3 ini.

Tabel 3. Hasil Output Pemrograman Python pada 15,01 knot

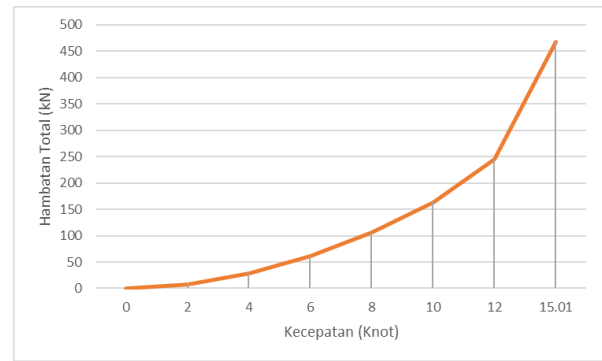
Parameter	Nilai
CV (Viscous Resistance Coefficient)	0,00235
Rvis (Viscous Resistance)	344,738 kN
Rvp (Viscous Pressure Resistance)	117,912 kN
Rp (Total Residual Resistance)	241,562 kN
RF (Frictional Resistance)	226,827 kN
RW (Wave Resistance)	123,650 kN

Pada tabel 4 disajikan nilai hambatan total pada berbagai uji variasi kecepatan untuk model *Baseline*

Tabel 4. Hasil Perhitungan Hambatan Total Baseline (Python)

Kecepatan (knot)	RT Baseline (kN)
0	0
2	7,79
4	28,55
6	61,18
8	105,36
10	163,17
12	244,81
15,01	468,39

Perhitungan hambatan total menunjukkan tren peningkatan yang konsisten seiring bertambahnya kecepatan. Hambatan meningkat secara non-linier, dimana pada kecepatan rendah (0-4 knot) peningkatan hambatan relatif kecil, namun meningkat tajam pada kecepatan di atas 8 knot.



Gambar 4. Grafik Kecepatan per Knot terhadap Hambatan Total per Kecepatan pada Perhitungan Python

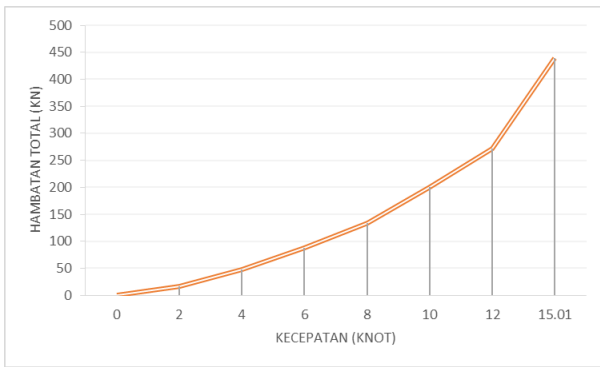
3.3. Analisa Hambatan dengan *Maxsurf Resistance*

Setelah perhitungan analitik, dilakukan perhitungan dengan *Maxsurf Resistance* menggunakan metode Holtrop. Variasi kecepatan yang digunakan adalah 0-15,01 knot, dimana 15,01 knot adalah kecepatan operasi kapal General Cargo 17000 DWT. Hasil perhitungan untuk model *Baseline* ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Hambatan Total Baseline (*Maxsurf*)

Vs (knot)	RT Bare Hull (kN)
0	0
2	16,8
4	48,0
6	87,1
8	133,7
10	201,2
12	272,1
15,01	439,0

Hasil *Maxsurf Resistance* pada model *Baseline* menunjukkan nilai hambatan yang meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Pada kecepatan maksimum 15,01 knot, hambatan total tercatat mencapai 439 kN.



Gambar 5. Grafik Kecepatan (Knot) terhadap hambatan total (kN) per kecepatan pada Perhitungan Maxsurf Resistance

3.4. Perbandingan Hambatan Python dan Maxsurf Resistance

Meskipun kedua metode menggunakan pendekatan Holtrop Mennen, terdapat selisih hasil di perhitungan *Python* dan *Maxsurf Resistance*. Perbedaan ini disebabkan oleh:

- (1) Perbedaan tingkat presisi dan pembulatan angka tiap tahap perhitungannya.
- (2) Perbedaan metode penentuan parameter geometris kapal, dan
- (3) Kemungkinan perbedaan versi persamaan Holtrop-Mennen yang digunakan.

Maxsurf menghitung parameter seperti luas permukaan basah (WSA), form factor, dan bilangan Froude langsung dari model 3D dengan pembulatan internal, sedangkan Python menggunakan data manual dan internal input perhitungan dengan presisi penuh. Presentase error antara kedua metode adalah:

$$Error = |439 - 468,39| / 439 \times 100\% = 6,7\%$$

Nilai error 6,7% cukup menunjukkan bahwa perhitungan Python sudah cukup akurat dan dapat diandalkan sebagai pendekatan awal estimasi hambatan kapal. Grafik perbandingan keduanya menunjukkan tren kenaikan hambatan total yang bersifat non-linier, dengan python mengikuti kurva Maxsurf dengan baik pada semua rentang kecepatan.

3.5. Perbandingan Hambatan Baseline dan Modifikasi

Perbandingan hambatan antara Baseline Hull dan Modifikasi dilakukan untuk mengevaluasi

pengaruh pelebaran lambung terhadap hambatan kapal. Tabel 6 menyajikan hasil perbandingan lengkap untuk seluruh variasi kecepatan.

Tabel 6. Perbandingan Hambatan Total Baseline dan Modifikasi (Python)

Vs (knot)	RT Baseline (kN)	RT Modifikasi (kN)	Perebedaan Hambatan (%)
1	2,137	2,78	-5,23
2	7,79	8,591	-5,54
4	28,553	26,9333	-5,67
6	61,182	57,7146	-5,667
8	105,359	99,369	-5,685
10	163,165	153,3916	-5,989
12	244,810	226,7307	-7,385
15,01	468,388	408,62376	-12,759

Secara umum nilai hambatan dari lambung modifikasi cenderung lebih tinggi dibandingkan Baseline di seluruh rentang kecepatan. Pada kecepatan 15,01 knot, hambatan modifikasi mencapai 408,62376 kN atau -12,759% lebih rendah dibanding Baseline. Rata-rata selisih antara kedua model berada pada angka -6,62%.

Tabel 7. Hasil Output dari Pemrograman Python

Knot	V_ms	Fn	Re	CF
Ra_kN	RT_kN	PE_kW	Cv	Rvis_kN
Rw_kN	CA	Rp_kN	RF_kN	Rvp_kN

Penurunan hambatan total pada lambung modifikasi disebabkan oleh penambahan Lpp dari 134,31 m menjadi 165,715 m, sementara *Beam* tetap pada 22,04 m. Penambahan panjang ini menurunkan bilangan Froude (Fn) pada setiap kecepatan uji yang sama, karena Fn berbanding terbalik dengan akar panjang kapal. Pada kecepatan 15,01 knot misalnya Fn baseline sebesar

0,2076 turun menjadi 0,1896 pada kapal modifikasi.

Penurunan F_n ini berdampak langsung pada dua komponen hambatan gesek (R_f) Modifikasi sedikit lebih rendah dibanding Baseline (221,79 kN berbanding 226,83 kN pada 15,01 knot, selisih -2,2%), karena Reynolds Number yang lebih besar pada lambung yang lebih panjang menurunkan koefisien gesek (CF) sesuai formula ITTC 1957. Sebaliknya, hambatan gelombang (R_w) mengalami penurunan yang jauh lebih signifikan, dari 123,65 kN pada Baseline menjadi 83,43 kN pada Modifikasi atau turun 32,5%. Dari total penurunan hambatan total (RT) sebesar 59,76 kN pada kecepatan 15,01 knot, sekitar 67% disumbang oleh penurunan R_w , sedangkan R_f hanya menyumbang sekitar 8%. Pola ini konsisten pada seluruh rentang kecepatan, dengan selisih RT yang semakin membesar (dari -5,7% pada kecepatan rendah hingga -12,76% pada 15,01 knot) seiring meningkatnya kontribusi R_w terhadap RT pada F_n yang lebih tinggi.

Temuan ini sejalan dengan prinsip hidrodinamika kapal bahwa penambahan panjang kapal akan mengurangi hambatan gelombang namun meningkatkan hambatan gesek [10]. Pada kasus ini, penurunan R_w yang dipicu oleh berkurangnya F_n ternyata jauh lebih dominan dibandingkan perubahan R_f , sehingga hasil bersihnya adalah penurunan hambatan total meskipun ukuran kapal bertambah besar. Hal ini menunjukkan bahwa keputusan menambah panjang kapal perlu mempertimbangkan rentang kecepatan operasi, karena manfaat penurunan R_w hanya optimal pada kondisi F_n tertentu dan perlu diimbangi dengan pertimbangan kapasitas muatan, stabilitas, serta biaya konstruksi akibat penambahan ukuran kapal [8].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis numerik menggunakan metode Holtrop berbasis Python dan Maxsurf, didapatkan beberapa kesimpulan. Pertama, perhitungan hambatan total dengan Python menunjukkan tren yang konsisten terhadap peningkatan kecepatan kapal, dengan nilai hambatan pada kecepatan operasi 15,01 knot sebesar 468,388 kN. Kedua, hasil Baseline Hull (Maxsurf) menunjukkan nilai hambatan sangat mendekati hasil Python, yaitu 439 kN pada kecepatan yang sama dengan error 6,7%, membuktikan bahwa Python cukup akurat sebagai pendekatan awal estimasi hambatan. Ketiga, lambung Modifikasi menghasilkan nilai hambatan total yang lebih rendah dibandingkan Baseline di seluruh rentang kecepatan, dengan rata-rata selisih -6,62%. Pada kecepatan 15,01 knot, hambatan modifikasi mencapai 408,62 kN atau 12,76% lebih rendah dari Baseline. Penurunan ini disebabkan oleh penurunan hambatan gelombang (R_w) yang signifikan akibat berkurangnya bilangan Froude pada lambung yang lebih panjang, yang lebih dominan dibandingkan kenaikan hambatan gesek (R_f). Keempat, penambahan panjang kapal (L_{pp}) sebesar 23,4% menghasilkan penurunan hambatan total yang cukup signifikan pada kecepatan operasi, namun keputusan ini tetap perlu mempertimbangkan dampaknya terhadap kapasitas muatan, stabilitas, dan biaya konstruksi kapal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Eng. Ir. Samuel, ST, MT, IPP. dan Muhammad Iqbal, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing; serta kepada seluruh civitas akademika Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro atas dukungan dan bimbingan dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Junef, "Dinamika Hukum dan Geopolitik Indonesia," *Jurnal Penelitian Hukum De Jure*, vol. 19, no. 2, pp. 169–194, 2019.
- [2] M. Shohibul Anwar and D. Nuryaman, "Peranan Perusahaan Keagenan terhadap Pengoperasian Kapal Niaga: Studi Kasus," *Dinamika Bahari*, vol. 2, no. 1, pp. 72-85, 2021.
- [3] A. Nisaa' and S. Humaira, "Penyelenggaraan Sistem Transportasi Air Terpadu Untuk Mengakselerasi dan Memantapkan Konektivitas Nasional," dalam *Prosiding Simposium II UNIID*, Palembang, 2014, pp. 1–6.
- [4] S. A. Harvald, *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: Wiley, 1983.
- [5] M. L. Hakim, A. Tuswan, A. Firdaus, and O. Mursid, "Investigating the Comparison of Ship Resistance Components between U and V-Shaped Hulls," *Jurnal Teknologi*, vol. 85, no. 3, pp. 153-164, 2023.
- [6] D. De La Torre Cortez, "Effect of Ship Size on the Hull Dimension Ratios of Purse Seiners," *Ingenieria e Investigacion*, vol. 45, no. 1, pp. 1–10, 2025.
- [7] E. Haryanto and B. Siswandi, "Dynamics Study of Proof Jigging Ship due to Changes in Hull Geometry," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1450, no. 1, p. 012100, 2020.
- [8] A. Dogrul, S. Song, and Y. Demirel, "Scale Effect on Ship Resistance Components and Form Factor," *Ocean Engineering*, vol. 220, p. 107831, 2020.
- [9] J. Holtrop and G. G. J. Mennen, "An Approximate Power Prediction Method," *International Shipbuilding Progress*, vol. 29, pp. 166-170, 1982.
- [10] A. Salim, M. R. Hasan, and F. Ahmad, "Comparative Study of the Effects of Length on the Resistance Characteristics of Ships Using Holtrop-Mennen and CFD Methods," *World Journal of Advanced*

Engineering Technology and Sciences, vol. 18, no. 2, pp. 51–60, 2026.