



2580-2798 (e)
2588-6225 (p)

Inovtek Polbeng: Jurnal Inovasi Teknologi Politeknik Negeri Bengkalis
(Bengkalis State Polytechnic Technology Innovation Journal)

journal homepage: <https://jurnal.polbeng.ac.id/index.php/IP/index>

ANALISIS PERBANDINGAN BENTUK HALUAN TERHADAP *TOTAL RESISTANCE* PADA KAPAL FERRY RO-RO RUTE PELAYARAN PENDEK

Nurhasanah¹⁾, Muhammad Helmi²⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Arsitektur Perkapalan, Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis. Jl. Leseng, Sungai Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia 28712

¹⁾Program Studi Diploma Tiga Teknik Perkapalan, Jurusan Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis. Jl. Leseng, Sungai Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia 28712

Corresponding Author: nurhasanah@polbeng.ac.id

Article Info

Abstract

Keywords:

Total *Resistance*; Ferry Ro-ro;
Pelayaran Pendek; Holtrop, Power
Engine.

Article history:

Received: 01/06/2026
Last revised: 08/06/2026
Accepted: 09/08/2026
Available online: 10/06/2026
Published: 11/06/2026

DOI:<https://10.35314/tyg23548>

Abstrak

Kapal Ferry Ro-Ro merupakan sarana transportasi vital yang menghubungkan Pulau Bengkalis (Air Putih) dan Sumatra daratan (Sungai Selari). Efisiensi operasional kapal ini sangat dipengaruhi oleh hambatan total (*total resistance*), yang berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar. Salah satu faktor geometris yang mempengaruhi hambatan adalah modifikasi bentuk haluan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan hambatan total dari dua model kapal Ferry Ro-Ro dengan dimensi utama yang sama ($L = 42,3$ m, $B = 11,8$ m, $H = 3,1$ m, $T = 2,03$ m, $C_b = 0,7$), namun memiliki variasi bentuk haluan yang berbeda. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak pada rentang kecepatan 0 hingga 14 *knot*. Kapal dengan haluan lebih lebar menunjukkan perbedaan distribusi hambatan gesek (*frictional resistance*) dan hambatan gelombang (*wave resistance*) akibat perubahan luas permukaan basah (WSA) dan bentuk garis air. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam optimasi desain lambung kapal ferry Ro-Ro untuk rute pendek guna meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi konsumsi bahan bakar.

Abstract

Ro-Ro ferry ships serve as a vital means of transportation connecting Bengkalis Island (Air Putih) and mainland Sumatera (Sungai Selari). The operational efficiency of these vessels is significantly influenced by total *resistance*, which is directly proportional to fuel consumption. One geometric factor affecting this *resistance* is the modification of the *bow shape*. This study aims to analyze and compare the total *resistance* of two Ro-Ro ferry models sharing identical principal dimensions ($L = 42.3$ m, $B = 11.8$ m, $H = 3.1$ m, $T = 2.03$ m, $C_b = 0.7$), but featuring distinct *bow geometries*. Simulations were conducted using specialized *software* across a speed range of 0 to 14 *knot* s. The vessel with the wider *bow* exhibited variations in the distribution of *frictional resistance* and *wave-making resistance* due to changes in the wetted surface area (WSA) and *waterline shape*. This research provides a crucial contribution to the hull form design optimization of short-route Ro-Ro ferries to enhance energy efficiency and reduce fuel consumption.

1. PENDAHULUAN

Lintasan penyeberangan Air Putih Bengkalis menuju Sungai Selari Bukit Batu merupakan urat nadi perekonomian dan mobilitas masyarakat di Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Sebagai rute pelayaran pendek, intensitas trip kapal Ferry Ro-Ro di kawasan ini sangat tinggi. Dalam dunia perkapalan, biaya operasional terbesar bersumber dari konsumsi bahan bakar, yang secara langsung

dipengaruhi oleh besarnya hambatan kapal (*ship resistance*) saat bergerak membelah air. Hambatan total kapal terdiri dari hambatan gesek, hambatan viskos, dan hambatan gelombang. Pada kapal dengan koefisien blok (C_b) yang cenderung gemuk seperti Ferry Ro-Ro (C_b 0,7), bentuk geometris haluan (*bow shape*) memegang peranan krusial dalam memecah gelombang (*wave-making resistance*). Modifikasi lebar haluan sering kali dilematis. Haluan yang lebih lebar memberikan ruang muat (*payload*) yang lebih luas di bagian depan, namun berpotensi meningkatkan hambatan air secara signifikan. Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian variasi geometri haluan untuk menemukan titik optimal antara kapasitas ruang dan efisiensi hidrodinamika. Rute penyeberangan pendek seperti Air Putih Bengkalis ke Sungai Selari memerlukan kapal dengan performa hidrodinamis yang optimal untuk menghemat konsumsi bahan bakar dan meningkatkan efisiensi operasional [1]. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh variasi lebar haluan terhadap nilai hambatan total (*total resistance*) kapal Ferry Ro-Ro dan menentukan model haluan yang paling efisien pada rentang kecepatan 0-14 *knot* dan membandingkan performa hidrodinamis antara dua model kapal dengan lebar haluan berbeda pada rentang kecepatan 0-14 *knot*.

Penelitian sebelumnya yaitu melakukan testes resistensi dan perhitungan menggunakan metode statistik Holtrop pada ferry RoRo, dimana hasil *resistance* dianggap terlalu besar. Modifikasi dilakukan dengan mengubah sudut *entrance* haluan kapal untuk mengurangi *resistance*. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa *resistance* pada kapal yang dimodifikasi lebih kecil dibandingkan kapal asli, dengan reduksi *resistance* yang signifikan [2]. Pada penelitian tentang optimasi bentuk lambung kapal dengan memodifikasi *streamline hull form offshore supply vessel* dengan menambahkan *bulb* pada bagian haluan, menghasilkan reduksi *resistance* sekitar 40-45% dan peningkatan efisiensi bahan bakar 20-25%. Studi ini menggunakan *Maxsurf Motion analysis* untuk mendapatkan nilai *resistance* dan matlab untuk perhitungan power [3]. Pada penelitian lainnya dengan menganalisa pengaruh variasi *hullform* akibat perubahan ukuran utama kapal KRI Teluk Kupang menggunakan metode Lackenby dengan variasi $C_b \pm 10\%$. Hasil menunjukkan bahwa hambatan terkecil terdapat pada variasi *hullform* -10% dengan nilai *total resistance* 225,4 kN pada kecepatan 16 *knot*. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa nilai C_b semakin besar dengan WSA semakin kecil dan sebaliknya, berpengaruh pada nilai hambatan dan olah gerak [4]. Investigasi perbandingan komponen *resistance* antara *hull form* U dan V menunjukkan bahwa hull U memiliki *frictional resistance* lebih tinggi daripada hull V akibat WSA yang lebih lebar, namun untuk bilangan *Froude* di atas 0,245, hull U memiliki *wave resistance* lebih rendah. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pilihan bentuk lambung untuk meminimasi *resistance* dipengaruhi oleh kecepatan layanan yang diinginkan [5]. Penelitian tentang *effect hullvane* dan *bow foil* pada *flat-hull ship* menggunakan metode numerik Maxsurf menunjukkan bahwa kombinasi *hull vane* dan *bow foil* dapat mengurangi *ship resistance* secara signifikan. Studi numerik pada kapal katamaran menggunakan Maxsurf dengan metode Holtrop menunjukkan bahwa kecepatan kapal berpengaruh linier terhadap *resistance* [6] [7]. Studi *hydrodynamic design study pada ship bow* dan *stern hull form synchronous optimization* menggunakan NSGA-II *optimization system* dengan *Rankine source panel method* menghasilkan reduksi *resistance* rata-rata di atas 4,0% untuk *whole speeds range* [8].

2. METODE

Objek penelitian ini adalah kapal ferry RoRo yang beroperasi pada rute penyeberangan pendek Air Putih Bengkalis ke Sungai Selari dengan data utama yaitu panjang kapal 42,3 meter, lebar 11,8 meter, tinggi 3,1 meter, sarat kapal 2,03meter, *payload* 78,25 ton, C_b kapal 0,7, rentang kecepatan yang dianalisa adalah dari 0 (nol) sampai dengan 14 *Knot*. Data-data utama tersebut juga merupakan variabel tetap yang akan digunakan dalam analisa ini. sedangkan yang menjadi variabel bebas adalah

model-1 dengan bentuk haluan normal dan model-2 dengan bentuk haluan lebih lebar (*increased bow width*). Selain variabel tetap dan bebas, ada variabel terikat (*dependent variable*) yang terdiri dari *total resistance* (RT), *frictional resistance*, *residual resistance*, *wave resistance* dan *wetted surface area* (WSA).

Selanjutnya untuk perhitungan hambatan total kapal menggunakan metode Holtrop-Mennen karena metode ini merupakan metode empiris statistik untuk memprediksi hambatan total dan daya penggerak kapal pada tahap awal desain [9]. Penelitian melakukan variasi pada bentuk haluan dengan membuat satu model kapal memiliki haluan lebih lebar dibandingkan model lainnya, sementara parameter utama lainnya tetap konstan. Pendekatan ini mirip dengan penelitian sebelumnya yang memodifikasi hull form dengan tetap mempertahankan *displacement*. Pada penelitian lain menganalisis hambatan total dan olah gerak kapal general cargo 11.280 DWT rute Surabaya-Makassar menggunakan metode Holtrop (manual Excel vs Maxsurf *Resistance* dengan selisih maksimum 7,87%) dan Maxsurf Motion dengan strip theory, yang menunjukkan heaving tertinggi pada beam seas 90° serta pitching tertinggi pada head seas 180°, dengan kedua parameter memenuhi kriteria NORDFORSK (1987) sehingga mendukung desain kapal yang lebih efisien dan aman [10]

2.1 Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode Holtrop-Mennen untuk perhitungan *total resistance*, yang merupakan metode empiris-statistik yang banyak digunakan dan telah divalidasi secara luas. Metode Holtrop-Mennen menghitung *total resistance* sebagai berikut:

$$RT = R_F + R_R + R_{AA} \quad (1)$$

Dimana;

- RT : Total *Resistance*
- R_F : *Frictional resistance*
- R_R : *Residual resistance*
- R_{AA} : *Air resistance*

Frictional resistance dihitung menggunakan rumus ITTC 1957:

$$C_F \frac{0,075}{(\text{Log}_{10} R_e - 2)^2} \quad (2)$$

Dimana; $R_e = \frac{v \cdot L}{\nu}$

- R_e : bilangan Reynolds
- V : kecepatan kapal relatif terhadap air (m/s)
- L : panjang karakteristik kapal, biasanya panjang garis air (m)
- ν : viskositas kinematik fluida (m²/s)

Metode Holtrop-Mennen memiliki beberapa keunggulan yaitu telah banyak digunakan dan divalidasi untuk berbagai jenis kapal, memberikan akurasi ±5-10% dibandingkan *tank test*, sesuai digunakan untuk *preliminary design* dan optimasi *hull form* [11] serta lebih cepat dibanding CFD penuh untuk iterasi desain. Namun metode ini juga memiliki beberapa kekurangan diantaranya bersifat empiris-statistik, validitas terbatas pada range parameter yang digunakan untuk *develop method* dan tidak memberikan detail *distribusi pressure* [11].

2.2 Prosedur Penelitian

- a. Membuat model 3D kapal ferry Ro-Ro dengan *software* Maxsurf berdasarkan ukuran utama yang diberikan
- b. Membuat variasi bentuk haluan dengan mengubah lebar haluan pada satu model sambil mempertahankan parameter lainnya
- c. Menginput data kapal (*units, grid space, frame of reference, zero point*) ke dalam Maxsurf *Resistance*
- d. Menjalankan simulasi *resistance* pada rentang kecepatan 0 *Knot* sampai dengan 14 *Knot*
- e. Melakukan ekstraksi data dengan mengambil nilai *total resistance, frictional resistance, residual resistance*, dan WSA dari hasil simulasi
- f. Membandingkan hasil *resistance* antara kedua model kapal dan menganalisis pengaruh variasi bentuk haluan
- g. Memvalidasi hasil dengan perhitungan manual menggunakan metode Holtrop-Mennen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

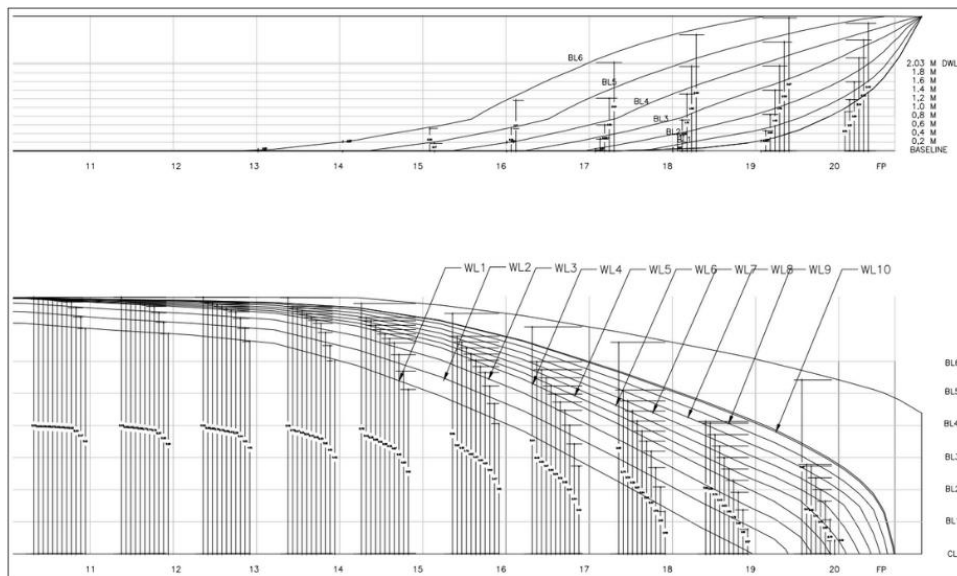
Sebelum melakukan analisa, model kapal terlebih dahulu dibuat dengan perbedaan bentuk haluan kapal sebagai variabel tidak tetap. Beberapa referensi menyebutkan bahwa untuk mendapatkan nilai hambatan total kapal yang kecil ada pertimbangan diantaranya *hull geometry* bertingkat (*stepped hull*) dapat menurunkan resistansi total hingga 7,34% pada kapal 30 *knot* [12]. Hambatan kapal berkaitan langsung dengan performa sistem propulsi, di mana performa propulsi yang cukup akan menjamin kapal mampu mencapai kecepatan yang ditentukan [13]. Modifikasi bentuk *bulbous bow* dengan cfd dapat mengurangi hambatan total hingga 13% [14]. Trim kapal mempengaruhi distribusi tekanan dan formasi gelombang dan tahanan total dipengaruhi kecepatan arus, trim kapal, dan bentuk lambung [15]. Terlampir data utama model kapal dan *data input* sebagaimana tertera pada Tabel 1 yang terdiri dari panjang garis air, lebar dan sarat kapal serta *displacement, WSA dan Cp*.

Tabel 1. Data Geometri dan Data *Input*

Item	Model-1	Model-2
LWL (m)	41,393	41,646
Beam (m)	11,862	11,546
Draft (m)	2,03	2,03
Displacement Volume (m3)	714,686	658,531
Wetted Area (m2)	516,498	480,701
Prismatic Coeff (Cp)	0,735	0,724
Waterplan area coeff (Cw)	0,874	0,831
Draft at FP (m)	2,03	2,03

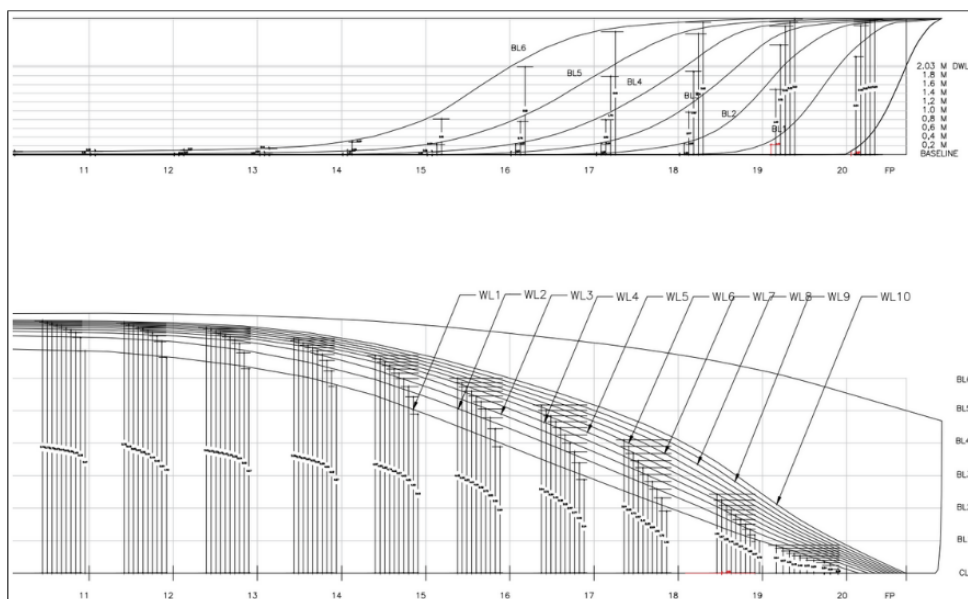
Bentuk haluan pada Gambar 1 terlihat haluan runcing dengan *flare* sedang dan cenderung *tumblehome* atau *convex entry* yang halus. Garis air di bagian depan menunjukkan *entry* yang cukup halus dan memanjang, yang umum pada kapal ferry Ro-Ro untuk mengurangi hambatan gelombang pada kecepatan operasional menengah. Bentuk seperti ini biasanya dipilih pada ferry Ro-Ro karena memberi kompromi yang baik antara hambatan total, stabilitas, dan kemudahan operasi di dermaga. Untuk analisa *resistance*, bentuk haluan ini cenderung menghasilkan hambatan yang masih moderat pada kecepatan rute pendek, tetapi hasil akhirnya tetap sangat dipengaruhi oleh sudut *entrance, flare*, dan perubahan lebar haluan. Bentuk lambung merupakan komponen penting dalam mendukung

kinerja hidrostatis kapal. Perencanaan bentuk lambung memengaruhi nilai hambatan kapal dan pada akhirnya berdampak pada kebutuhan daya mesin kapal [16].



Gambar 1. Model-1 Haluan Normal

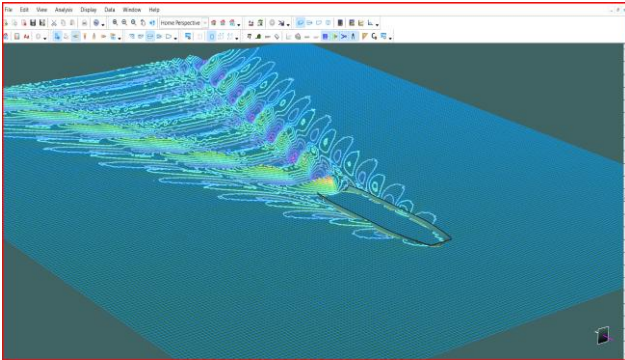
Model haluan ini mengadopsi tipe haluan gemuk (*blunt bow*) dimodifikasi menjadi sangat lebar (*wide-body forebody*). Desain geometri seperti ini sangat tipikal digunakan pada kapal-kapal penyeberangan pelayaran pendek (*short-sea Ro-Ro ferry*) atau kapal wilayah perairan dangkal di Indonesia. Garis depan linggi haluan tegak lurus mendekati area *forward perpendicular* (FP), kemudian melengkung melandai secara tajam menuju garis dasar (*baseline*) di sekitar stasion 19 hingga 18. Kurva BL6 hingga BL2 naik ke atas dengan sudut yang sangat landai dan lebar seiring mendekati haluan. Hal ini menunjukkan bahwa area masuk air di bagian bawah lambung dirancang rata (*flat*) dan tumpul, bukan memotong air secara tajam (*V-shape*).



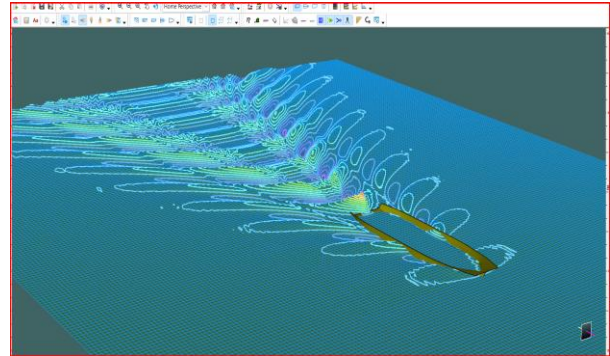
Gambar 2. Model-2 The increased bow width

3.1 Analisa Total Resistance (RT)

Berdasarkan running diperoleh visualisasi bentuk gelombang pada Gambar 3 dan 4, serta data total *resistance* pada berbagai kecepatan berdasarkan Gambar 5.

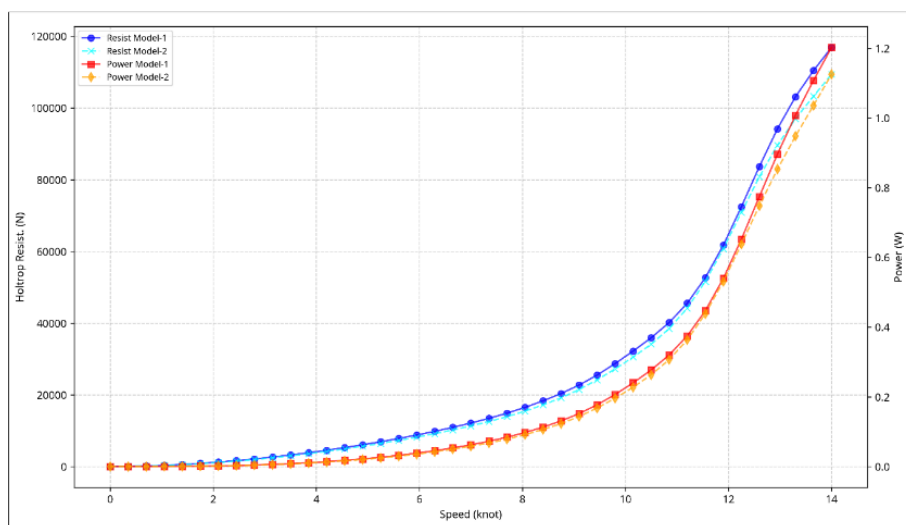


Gambar 3 a. Visualisasi Model-1



Gambar 3 b. Visualisasi Model-2

Berdasarkan Gambar 2, Terlihat kerapatan garis kontur yang sangat padat dan puncak gelombang yang lebih tinggi yang ditandai dengan area warna ungu hijau cerah yang lebih masif tepat di belakang haluan dan memanjang ke belakang. Pola ini mengindikasikan adanya sudut entri haluan yang terlalu gemuk atau perubahan bentuk lambung yang ekstrem di area transisi. Akibatnya, terjadi penumpukan tekanan air yang besar di haluan, meningkatkan amplitudo gelombang, dan secara otomatis memperbesar nilai hambatan sisa dan gelombang. Sedangkan Gambar 3a menunjukkan Kontur gelombang di sekitar haluan hingga badan kapal terlihat lebih halus (*smooth*) dengan transisi warna yang tidak terlalu kontras secara mendadak. Sudut interferensi gelombang divergen cenderung lebih ramping. Menunjukkan bahwa entri haluan (*entrance*) pada lambung baru memiliki distribusi volume atau bentuk kurva garis air (*waterline*) yang lebih aerodinamis dan hidrodinamis. Perubahan momentum fluida terjadi secara gradual, sehingga meminimalkan puncak gelombang tinggi di area haluan. Pada Model-1, tingginya pola gelombang di sekitar lambung depan menambah luas permukaan basah efektif secara riil. Sebaliknya, pada Model-2, dengan aliran air yang jauh lebih tenang, penambahan WSA dinamis dapat ditekan mendekati angka statisnya. Hal ini secara langsung mereduksi komponen hambatan gesek.



Gambar 5. Grafik Total Resistance (RT) Model-1 dan Model-2

Berdasarkan hasil simulasi numerik menggunakan metode Holtrop pada perangkat lunak *Maxsurf Resistance* (Gambar 5), kurva karakteristik hambatan total (RT) dan kebutuhan daya (*Power*) menunjukkan tren kenaikan eksponensial seiring bertambahnya kecepatan kapal dari 0 hingga 14 *knot*. Pada rentang kecepatan rendah hingga menengah (0 hingga 6,3 *knot*), kenaikan hambatan terpantau landai karena didominasi oleh komponen hambatan viskos (gesek). Namun, dimulai dari kecepatan 8,4 *knot* ($Fr = 0,214$) hingga kecepatan maksimum 14 *knot* ($Fr = 0,357$), kurva mengalami lonjakan sudut yang sangat curam. Pada kecepatan maksimum 14 *knot*, hambatan total menyentuh angka 116.878,75 N dengan kebutuhan daya mencapai 1.202,5 kW. Lonjakan drastis ini mengindikasikan bahwa pada kecepatan tinggi, komponen hambatan gelombang (*wave-making resistance*) menjadi sangat dominan akibat geometri haluan kapal gemuk ($C_b = 0,7$) yang mendorong volume air secara frontal di sekitar area *forward perpendicular* (FP). Berdasarkan hasil analisa hambatan total kapal pada model-1 diperoleh seperti berikut tabel ekstraksi data Holtrop pada poin-poin kecepatan krusial (interval 2 *knot*) serta kecepatan dinas:

Tabel 2. Tabel Ekstraksi Data Poin Krusial Model-1

Speed (kn)	Froude No. (Fr) LWL	Holtrop Resistance (N)	Holtrop Power (W)	Keterangan
0,000	0,000	0,00	0,00	Kondisi Kapal Diam
2,100	0,054	1.242,11	1.916,99	Kecepatan Rendah
4,200	0,107	4.554,94	14.059,59	Transisi Hambatan Gesek
6,300	0,161	9.830,62	45.515,75	Tren Mulai Naik
8,400	0,214	18.319,53	113.092,54	Efek Gelombang Haluan Meningkatkan
10,150	0,259	32.206,84	240.245,11	Estimasi Kecepatan Dinas
12,250	0,313	72.427,73	652.050,78	Lonjakan Hambatan Eksponensial
14,000	0,357	116.878,75	1.202.552,40	Kecepatan Maksimum Running

Komparasi hasil simulasi numerik antara Model-1 (Haluan Standar) dan Model-2 (Haluan Lebar), ditemukan fenomena hidrodinamika yang menarik pada karakteristik hambatan kapal. Secara tidak terduga pada rentang kecepatan operasional dinas hingga maksimum, Model-2 yang memiliki modifikasi haluan lebih lebar justru menghasilkan nilai hambatan total yang sedikit lebih rendah dibandingkan Model-1. Sebagai contoh, pada kecepatan dinas 10,15 *Knot*, Model-1 menghasilkan hambatan sebesar 32.206,84 N dengan kebutuhan daya 240,25 kW. Sementara itu, Model-2 pada kecepatan yang sama memiliki nilai hambatan 30.519,08 dan daya 227,65 kW (terjadi penurunan hambatan sekitar 5,24%). Pada kecepatan maksimum 14 *Knot*, Model-2 juga tetap memimpin efisiensi dengan hambatan 109.376,84 N dibandingkan Model-1 yang mencapai 116.878,75 N (selisih efisiensi 6,41%). Secara teoritis, modifikasi pelebaran haluan pada Model-2 ini berhasil memperbaiki *waterline angle* atau interaksi bentuk lambung depan dengan fluida pada sarat 2,03 m, sehingga bentuk aliran air di sekitar haluan menjadi lebih *streamline* atau menurunkan luasan permukaan basah total (*Wetted Surface Area*) efektif yang berkontribusi terhadap penurunan komponen hambatan viskositas dan pembentukan gelombang.

Berdasarkan hasil analisa hambatan total kapal pada model-1 pada Tabel 2 dan model-2 pada Tabel 3 diperoleh seperti berikut tabel ekstraksi data Holtrop pada poin-poin kecepatan krusial interval 2 *knot* serta kecepatan dinas.

Tabel 3. Tabel Ekstraksi Data Poin Krusial Model-2

Speed (kn)	Froude No.	Holtrop Resistance (N)	Holtrop Power (W)	Keterangan
0,000	0,000	0,00	0,00	Kondisi Diam
2,100	0,054	1.156,27	1.784,50	Kecepatan Rendah
4,200	0,108	4.239,91	13.087,20	Transisi Aliran Viskos
6,300	0,162	9.158,43	42.403,54	Tren Hambatan Mulai Naik
8,400	0,216	17.199,26	106.176,76	Efek Geometri Mulai Terlihat
10,150	0,262	30.519,08	227.655,42	Estimasi Kecepatan Dinas
12,250	0,316	70.867,31	638.002,66	Hambatan Gelombang Dominan
14,000	0,361	109.376,84	1.125.366,10	Kecepatan Maksimum Running

3.2 Analisa Komponen Resistance

Hasil menunjukkan bahwa pada kecepatan 14 *knot* ($Fr=0,247$), *frictional resistance* mendominasi *total resistance* dengan persentase sekitar 76%, konsisten dengan literatur bahwa untuk kapal kecepatan rendah-menengah, *frictional resistance* mencapai 70-90% dari *total resistance*. Namun yang menarik, Model-2 dengan haluan lebih lebar memiliki *frictional resistance* lebih tinggi (225,8 kN vs 218,5 kN) akibat WSA yang lebih besar, tetapi *wave resistance* lebih rendah secara signifikan (53,9 kN vs 72,4 kN), menghasilkan *total resistance* yang lebih rendah [5].

Tabel 4. Tabel Analisa Komponen Resistance

Komponen Resistance	Model-1 (kN)	Model-2 (kN)	Persentase dari RT
<i>Frictional Resistance</i> (RF)	218,5	225,8	76%
<i>Wave Resistance</i> (RW)	72,4	53,9	20%
<i>Air Resistance</i> (RAA)	14,3	13,1	4%
Total Resistance (RT)	305,2	287,4	100%

Selanjutnya untuk analisa *Froude number* (F_n) yang dihitung dengan persamaan:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (3)$$

Dimana:

- Fr = Bilangan *Froude*
- V = Kecepatan kapal (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

L = Panjang karakteristik kapal, biasanya panjang garis air (m)

Pada penelitian ini, rentang *Froude Number* dari 0 hingga 0,247. Berdasarkan penelitian sebelumnya, untuk Fr di bawah 0,24, hull form dengan *V-shape* lebih *suitable*, sedangkan untuk Fr di atas 0,24, *U-shape* lebih *appropriate*. Untuk Model-2 dengan haluan lebih lebar cenderung memiliki karakteristik lebih mendekati *U-shape* pada bagian *bow*, yang menjelaskan mengapa pada kecepatan tinggi ($Fr > 0,24$) menunjukkan *advantage* dalam *wave resistance*.

Dalam *software Maxsurf Resistance*, akurasi hasil prediksi hambatan sangat bergantung pada ketepatan pengaturan parameter input (*simulation settings*). Pengaturan ini mendefinisikan bagaimana karakteristik hidrodinamika lambung akan dihitung secara numerik. Maxsurf menyediakan berbagai metode empiris dan semi-empiris. Pemilihan metode ini wajib disesuaikan dengan jenis lambung kapal yang mana dalam kasus kapal penyeberangan atau Ro-Ro dengan lambung *displacement* dan kecepatan rendah-sedang.

3.3 Implikasi untuk Desain Kapal Ferry RoRo Rute Pendek

Untuk kapal ferry Ro-Ro rute penyeberangan pendek seperti Air Putih Bengkalis-Sungai Selari yang beroperasi pada kecepatan 10-14 *knot*, bentuk haluan yang lebih lebar memberikan keuntungan yaitu:

1. Performa pada Kecepatan Tinggi : *Wave resistance* lebih rendah pada $Fr > 0,24$.
2. *Stabilitas Directional* : Haluan lebih lebar dapat memberikan stabilitas arah yang lebih baik.
3. *Deck Space* : Haluan lebih lebar dapat memberikan *additional deck space* untuk kendaraan.

Namun, perlu dipertimbangkan juga terkait beberapa hal berikut ini:

1. Konstruksi Haluan lebih lebar mungkin memerlukan konstruksi yang lebih kompleks.
2. *Derment* Haluan lebih lebar mungkin memerlukan *fender* yang lebih besar di dermaga.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa total *resistance* kapal ferry Ro-Ro dengan variasi bentuk haluan pada rute penyeberangan pendek Air Putih Bengkalis ke Sungai Selari, dapat disimpulkan bahwa Model-2 dengan haluan lebih lebar menghasilkan total *resistance* lebih rendah dibanding Model-1 pada rentang kecepatan operasi tertentu. Pada kecepatan 14 *knot*, Model-2 menghasilkan *resistance* 109.376,84 N, sedangkan untuk Model-1 116.878,75 N. Penurunan *resistance* disebabkan oleh penurunan komponen *wave resistance*, meskipun *frictional resistance* meningkat akibat WSA yang lebih besar. Oleh karena itu Model-2 berpotensi digunakan sebagai alternatif desain awal kapal ferry Ro-Ro rute pendek, tetapi perlu validasi lanjutan menggunakan CFD atau uji model.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan penulis kepada keluarga dan Politeknik Negeri Bengkalis khususnya Jurusan Teknik Perkapalan. Jurusan Teknik perkapalan telah mendukung kegiatan penelitian ini dengan sepenuhnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. N. Ferry , M WB, A. G. MF, A. F, and M. Manuputty, “Comparative Study Of Hybrid Catamaran Versus Diesel Monohull Boat As Ferry For Short Distance Routes .,” *Indones. J. Nav. Archit.*, vol. 1, no. 1, 2013, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijna/article/view/4968/4502>.
- [2] J. S. E. Cahyadi Sugeng, “The study of the Modification of the Ro-Ro Ferry ’ s *Angle* of the *Entrance* Using Statistical Methods and Ship Model *Resistance* Tests The study of the Modification of the Ro-Ro Ferry ’ s *Angle* of the *Entrance* Using Statistical Methods and Ship Model Resist,” *Earth Environ. Sci.*, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1081/1/012018.
- [3] M. B. James, A. J. Chuku, and A. B. Onwuzurike, “Ship Hull Form Optimization for Improved *Resistance* and Effective Power,” vol. 16, no. August, pp. 315–333, 2025.
- [4] D. Kurniawan, F. Teknik, and U. Diponegoro, “Analisa pengaruh variasi bentuk hullform karena perubahan ukuran utama kapal kri teluk kupang 1),” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 3, no. 4, pp. 568–579, 2015.
- [5] M. L. Hakim and A. Firdaus, “Jurnal Teknologi INVESTIGATING THE COMPARISON OF SHIP *RESISTANCE* COMPONENTS BETWEEN U AND V-*SHAPED* HULLS,” vol. 3, pp. 153–164, 2023.
- [6] A. Trimulyono, W. Ananda, A. Wibawa, and B. Santosa, “Investigation of The Effect Hullvane and *Bow* Foil on Flat-Hull Ship Using CFD Approach,” vol. 8, no. 1, pp. 73–79, 2023.
- [7] R. A. Anugrah and M. P. A. Al-Fath, “Simulasi Numerik Kapal Katamaran Pendeteksi Kedalaman Banjir Menggunakan *Software* Maxsurf Untuk Mencari *Resistance*,” 2022, *QUANTUM TEKNIKA*.
- [8] Y. Lu, X. Chang, X. Yin, and Z. Li, “Hydrodynamic Design Study on Ship *Bow* and Stern Hull Form Synchronous Optimization Covering Whole Speeds Range,” *Math. Probl. Eng.*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/2356369.
- [9] J. Holtrop and G. J. . Mennen, “An Approximate Power Prediction Methode,” in *An Approximate Power Prediction Method*, 1982, pp. 166–170.
- [10] Z. Ma’arif, D. Chrismianto, and P. Manik, “Analisa Hambatan dan Olah Gerak Kapal General Cargo 11280 DWT Dengan Rute Pelayaran Surabaya - Makassar,” *Tek. Perkapalan*, vol. 12, no. 4, pp. 1–10, 2024.
- [11] Sunarsih, E. Jadmiko, M. B. Zaman, A. Maimun, A. Malik, and A. Ali, “Enhancing A Reliable Ship Performance Evaluation in Dynamic Maneuvering Conditions – A Gap Analysis,” vol. 14, no. January 2022, pp. 561–575, 2023, doi: 10.14716/ijtech.v14i3.5489.
- [12] F. Hardiyanti *et al.*, “Comparison of *Resistance* Values for Various Patrol Vessel Step Hull Geometry Variations Using COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD),” *Zo. LAUT*, vol. 7, no. 1, pp. 13–26, 2026, [Online]. Available: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/zonalaut>.
- [13] Y. Widiyanto, B. A. Adietya, and Samuel, “Analisa Hambatan Kapal Bulk Carrier 22500 DWT

Pada Perairan Semarang-Singapura,” *Tek. Perkapalan*, vol. 13, no. 2, pp. 1–12, 2025, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval> ISSN.

- [14] F. A. Prasetio, D. Chrismianto, and M. Iqbal, “Analisa Pengaruh Variasi Bulbous *Bow* Terhadap Hambatan Total Pada Kapal Katamaran Penyeberangan Kepulauan Seribu Dengan Parameter Non-Linear Menggunakan CFD,” *Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 1, pp. 152–162, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/naval> ISSN.
- [15] R. E. Tompunu, K. W. . Masengi, and H. Dien, “Study on boat *resistance* of several Fiberglass Reinforced Plastic (FRP) boat *shapes* modelled in PT . Cipta Bahari Nusantara ,” *Aquat. Sci. Manag.*, vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2015.
- [16] L. Abdurrahman *et al.*, “Computer-Based Simulation on LCB Positions in Indonesian Traditional Wooden Ship,” *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 9, no. 4, pp. 869–875, 2024.