

Study Tahanan Kapal Ferry Ro-Ro Twin Skeg

Rosmani^{1*}, Rayhan Maulana², Muhammad Akbar Asis³, Suandar Baso⁴, Lukman Bochary⁵

^{1, 3, 4, 5}Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

²Mahasiswa Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

*Corresponding Author: rosmanimun@gmail.com

Abstract

Ferry Ro-Ro, which can carry passengers, vehicles and cargo, require good hull planning to reduce resistance. This research discusses using twin skegs, a component at the stern of a ship that is modified to increase fluid flow. Although generally applied to large vessels such as LNG and tankers, this research explores the possibility of using twin skeg modifications on a small Ferry Ro-Ro. This research aims to determine the value of ship resistance, the difference in engine power from CFD numerical analysis with LHI data and fluid flow characteristics on the Ferry Ro-Ro twin skeg. The result shows that the value of ship resistance at a speed of 15 knots was 203 KN; compared to LHI data, it was 12.32% greater. However, at a speed of 17 knots, the difference is around 5.92%. The flow pattern in the hull changes shape in proportion to the ship's shape and the ship's speed.

Keywords: Ship resistance; Flow pattern; Twin skeg

Article Info

Article History:

Received 15 September 2023

Revised 5 Oktober 2023

Accepted 25 Desember 2023

Available online 30 Desember 2023

1. Pendahuluan

Kapal ferry merupakan salah satu jenis kapal yang dirancang khusus untuk mengangkut penumpang, kendaraan maupun kargo yang melintasi perairan, seperti laut, sungai, dan danau, sehingga dalam pembuatannya harus mempertimbangkan perencanaan lambung yang baik untuk meminimalisir tahanan yang dihasilkan dengan tetap mengacu pada aspek-aspek yang berkaitan dengan keselamatan dan performa dari kapal tersebut. Hal ini karena kapal yang bergerak maju di air akan mendapatkan gaya tahanan dari fluida yang dilewatinya. Tahanan ini terdiri dari dua komponen yaitu tahanan tekan dan tahanan gesek [1][2].

Berkaitan dengan tahanan kapal, semua komponen yang menempel atau yang terpasang pada lambung kapal akan menimbulkan tahanan tambahan dan mempengaruhi aliran fluida yang akan berdampak pada efisiensi propulsi. Semakin banyak komponen yang menempel pada lambung kapal maka nilai tahanan tambahan akan semakin besar. Salah satu komponen tambahan yang dapat berpengaruh terhadap tahanan kapal adalah *skeg*, dimana komponen ini terletak pada bagian buritan kapal yang dimodifikasi agar mampu membantu aliran fluida mengalir menjadi lebih *smooth* melewati *hull* dan *propeller* [3][4].

Menurut *Swedish State Shipbuilding Experimental Tank (SSPA)*, bentuk lambung dengan penggunaan modifikasi bentuk *skeg* terbaru yang dikenal dengan istilah *twin skeg*, pada umumnya memerlukan daya propulsi 6% lebih rendah dibandingkan sebelumnya. Selain itu, kemampuan manuver dan stabilitas lateral ditingkatkan, redundansi ditambahkan dan risiko pulse tekanan yang diinduksi *propeller* dapat dikurangi. Pada umumnya *twin skeg* digunakan pada kapal-kapal besar seperti kapal LNG dan kapal kontainer. Namun demikian, kapal dengan ukuran yang lebih kecil juga dapat menggunakan modifikasi dari bentuk *twin skeg* ini. [5]. Salah satunya adalah kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT rute pelayaran Lembar Padang-Bai juga menggunakan modifikasi bentuk dari *twin skeg*. Pada umumnya kapal Ferry Ro-Ro hanya menggunakan *shaft bracket*. Kapal Ferry Ro-Ro *twin skeg* ini telah melakukan proses pengujian model kapal yang dilakukan oleh Laboratorium Hidrodinamika Indonesia (LHI). Salah satu dari pengujian tersebut adalah perhitungan tahanan dari kapal Ferry Ro-Ro *twin skeg*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kapal Ferry Ro-Ro

Kapal jenis Ferry Ro-Ro adalah kapal yang bisa memuat penumpang ataupun kendaraan yang berjalan masuk dan keluar kapal dengan penggeraknya sendiri. Kapal ini memiliki fungsi mirip jembatan yang bergerak.[6].

2.2 Skeg

Skeg merupakan salah satu bentuk modifikasi yang diberikan pada bagian buritan kapal (semacam sirip) yang bertujuan untuk membantu fluida mengalir lebih smooth melewati lambung kapal [7]. Bentuk-bentuk *skeg* pada kapal dapat bervariasi tergantung pada desain dan aplikasinya. Beberapa bentuk *skeg* yang umum ditemukan pada kapal yaitu *skeg inboard*, *outboard*, *semi-balanced skeg rudder*, *full skeg*, *spade skeg*, dan *twin skeg*. *Twin skeg* adalah rancangan bagian bawah kapal yang melibatkan dua struktur yang disebut *skeg* yang terletak di buritan kapal pada kedua sisi lunas dengan bentuk sirip memanjang secara radial.

2.3 Tahanan Kapal

Tahanan (resistance) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.[8][9]. Umumnya tahanan kapal terbagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada diatas permukaan air dan tahanan yang berada pada bawah permukaan air. Tahanan yang berada diatas permukaan air adalah tahanan yang bekerja pada bagian badan kapal yang terlihat diatas permukaan air, dalam hal ini dipengaruhi oleh adanya udara yang mengakibatkan timbulnya hambatan [10][11].

2.3.1. Added Resistance Akibat Twin Skeg

Modifikasi dari beberapa bagian komponen tambahan merupakan solusi yang dilakukan dimana satu komponen dapat mewakili beberapa komponen tambahan lainnya. Modifikasi yang dimaksud dalam hal ini adalah bentuk *skeg*. Mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh *Swedish State Shipbuilding Experimental Tank (SSPA)* mengenai bentuk *skeg* terbaru yaitu *twin skeg* merupakan salah satu solusi *green ship* yang menarik dengan keuntungan yang jelas untuk desain kapal dengan lambung penuh, rancangan terbatas maupun baling-baling bermuatan tinggi.

2.4 Aliran Fluida

Ketika fluida melintasi suatu permukaan benda atau body kapal, jarak antara streamline mengalami perubahan begitu juga kecepatan aliran fluida. Peristiwa ini terjadi akibat aliran massa-nya di dalam *streamlines* tersebut adalah konstan [12].

3. Metode

Ukuran utama kapal yang menjadi model pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Gambar *linesplan*, serta *principal dimension* dari kapal Ferry Ro-Ro *Twin Skeg* dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1 Ukuran Utama Kapal Ferry Ro-Ro *twin skeg*

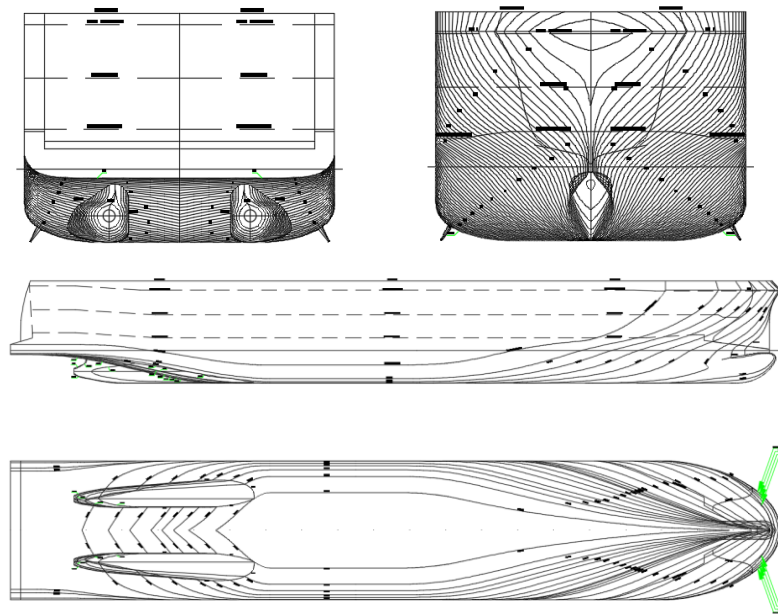
No.	Ukuran Utama	Nilai
1	<i>Length Over All (LOA)</i>	77,72 m
2	<i>Length Between Perpendicular (LBP)</i>	72,60 m
3	<i>Breadth (B)</i>	14,00 m
4	<i>Depth (H)</i>	4,60 m
5	<i>Draught (T)</i>	3,30 m
6	V_t	16,00 Knot
7	V_s	15,00 Knot
8	Daya Mesin	2 x 1350 Kw

Sumber: PT Industri Kapal Indonesia (2023)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Skala pemodelan dan *Boundary Layer*

Penentuan skala model dilakukan untuk menghindari terjadinya *blockage effect*, dimana model harus disesuaikan dengan ukuran tangki serta tinggi air dalam tangki dengan sarat model. Menurut Harvard [13], penentuan lebar model $B_m < 1/10 B$ Tangki, sehingga diperoleh $B_m < 0,407$. Skala (λ) yang digunakan untuk ukuran model kapal yaitu skala 1:40. Tabel 2 menunjukkan informasi ukuran model kapal.



Gambar 1 Linesplan Ferry Ro-Ro Rute Lembar – Padang Bai

Tabel 2 Data ukuran model kapal hasil penskalaan

No.	Komponen	Nilai	Dimensi
1	Length Over All (LOA)	1,94	m
2	Length Waterlines (LWL)	1,92	m
3	Length Between Perpendicular (LBP)	1,82	m
4	Breadth (B)	0,35	m
5	Depth (D)	0,12	m
6	Draft (d)	0,08	m

Sumber: Hasil olah data

Pemodelan kolam eksperimen (*boundary layer*) dengan menyesuaikan ukuran model kapal yaitu 5L x 2,2L x 1,5L dalam skala model kapal. Adapun data ukuran model dan kolam eksperimen (*boundary layer*) dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3 Ukuran kolam eksperimen (*boundary layer*)

No.	Ukuran Kolam	Nilai	Dimensi
1	Panjang	9,72	m
2	Lebar	4,27	m
3	Tinggi	2,91	m

Sumber: Hasil olah data

Adapun beberapa variasi kecepatan yang digunakan dalam percobaan model ini dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Data kecepatan (*velocity*)

No	V_{kapal} (knot)	V_{kapal} (m/s)	F_n	V_{Model} (m/s)
1	10	5,144	0,188	0,813
2	11	5,658	0,207	0,895
3	12	6,173	0,225	0,976
4	13	6,687	0,244	1,057
5	14	7,202	0,263	1,139
6	15	7,716	0,282	1,220
7	16	8,230	0,300	1,301
8	17	8,745	0,319	1,383
9	18	9,259	0,338	1,464

Sumber: Hasil olah data

4.1. Initial Condition

Initial condition (kondisi awal) mengacu pada kondisi suatu aliran fluida pada saat simulasi dimulai. Adapun *initial condition* yang di input pada simulasi ini dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5 Data input yang digunakan untuk melakukan simulasi

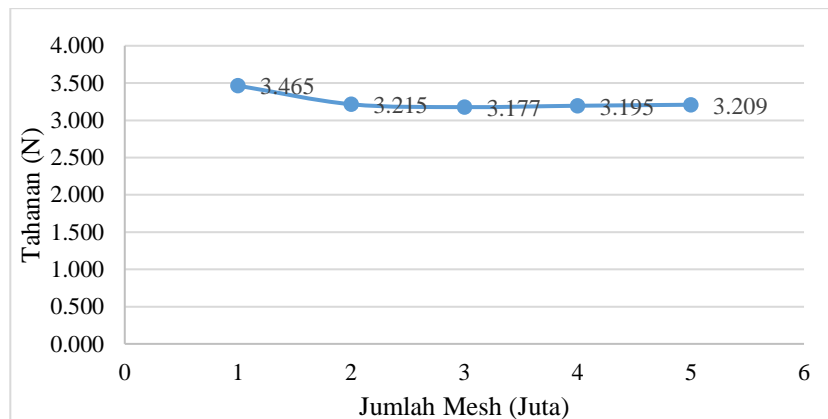
No	Initial Condition	Material		
		Steel	Sea Water	Satuan
1	Velocity		1,220	m/s
2	Density	7,833	1,021	g/cm ³
3	Viscosity		0.011	Poise
4	Temperatur		27,3	Celcius

Sumber: Hasil olah data

Berdasarkan informasi pada Tabel 5, output yang akan didapatkan dalam proses simulasi tersebut berupa *velocity magnitude*, *static pressure*, nilai tahanan dan pola aliran fluida yang terjadi di sepanjang lambung kapal.

4.2. Mesh Independence Study

Mesh Independence Study menjalankan proses simulasi yang sama menggunakan mesh dengan jumlah yang berbeda, dan menganalisis seberapa besar solusi yang konvergen berubah dari setiap jumlah *mesh*. Dalam penelitian ini kecepatan kapal yang digunakan ialah 15 knot dengan jumlah mesh satu juta, dua juta, tiga juta, empat juta dan lima juta seperti Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Perbandingan nilai tahanan terhadap jumlah mesh

Berdasarkan Gambar 2, pada jumlah mesh diatas tiga juta, nilai tahanan menjadi cenderung lurus terhadap penambahan jumlah *mesh*. Sehingga dapat disimpulkan dengan menggunakan jumlah mesh tiga juta akan menghasilkan nilai tahanan yang relatif sama dengan jumlah *mesh* yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan *metode mesh independence study* dimana jumlah *mesh* yang paling optimal untuk digunakan adalah paling kecil tiga juta.

4.3. Nilai Residual in dan Residual Out

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, diperoleh hasil validasi berdasarkan *residual in* dan *residual out*, dimana nilai *residual out* berkisar 10^{-8} . Nilai *residual in* lebih besar dari nilai *residual out*, sehingga nilai perhitungan tersebut dapat dinyatakan konvergen. Nilai *residual in* dan nilai *residual out* bergantung pada kerapatan *meshing* pada model dan *boundary layer*. Dimana pada proses untuk mendapatkan nilai *residual out* yang konvergen dilakukan input jarak *meshing*. Pada penelitian ini, dilakukan beberapa kali penginputan nilai *meshing* untuk mencapai konvergensi. Pada jumlah sebanyak 3 juta dengan hasil nilai $1,005E-08$, nilai ini dinyatakan konvergen. Nilai konvergen pada beberapa variasi kecepatan dapat dilihat pada Table 6 yang menunjukkan hasil *residual in* dan *residual out* dari simulasi yang telah dilakukan.

Berdasarkan nilai *residual in* dan *residual out* pada Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa proses simulasi memenuhi parameter keberhasilan. Dimana nilai dari *residual out* yang berkisar pada angka 10^{-08} menunjukkan keberhasilan simulasi dalam membaca input kondisi yang dilakukan relatif tinggi.

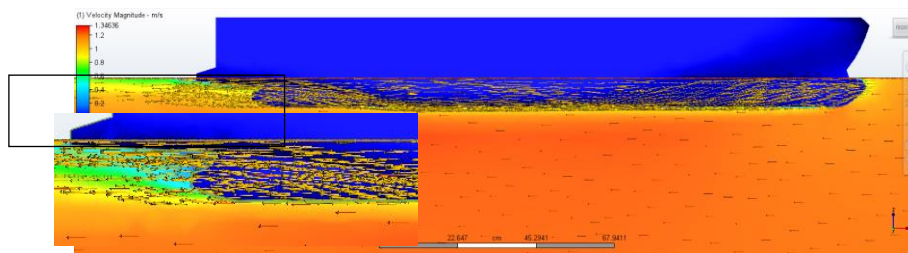
Tabel 6 Nilai *Residual in* dan *Residual out* hasil simulasi

Kecepatan (m/s)	Residual In	Residual Out
0,813	1,009E+00	1,023E-08
0,895	1,078E+00	1,098E-08
0,976	1,129E+00	1,166E-08
1,057	1,018E+00	1,005E-08
1,139	1,0265+00	1,035E-08
1,220	1,065E+00	1,005E-08
1,301	1,065E+00	1,690E-08
1,383	1,401E+00	1,515E-08
1,464	1,413E+00	1,477E-08

Sumber: Hasil olah data

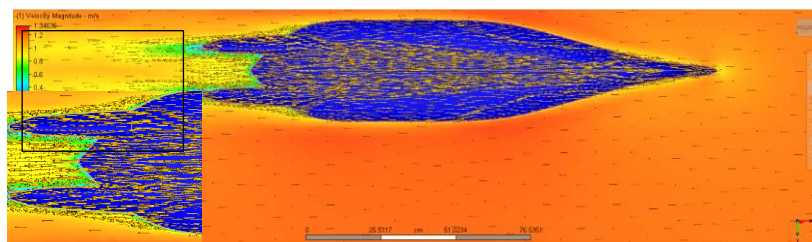
4.4. Visualisasi Velocity Magnitude dan Static Pressure

Visualisasi *velocity magnitude* akan berfokus pada bagian *twin skeg* model kapal yang diambil pada tahap *result* pada menu *plane*. Dimana skala warna yang ditampilkan menunjukkan nilai dari *velocity magnitude* pada setiap variasi kecepatan. Hasil visualisasi *velocity magnitude* pada kecepatan 1,220 m/s dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3 Visualisasi *velocity magnitude* tampak memanjang model kapal pada kecepatan 1,220 m/s

Pada Gambar 4 nilai maksimum *velocity magnitude* pada kecepatan kapal 1,220 m/s sebesar 1,346 m/s, dan nilai *velocity magnitude* pada bagian *twin skeg* berkisar antara 0,4 – 0,6 m/s.



Gambar 4 Visualisasi *velocity magnitude* tampak bawah model kapal pada kecepatan 1,220 m/s

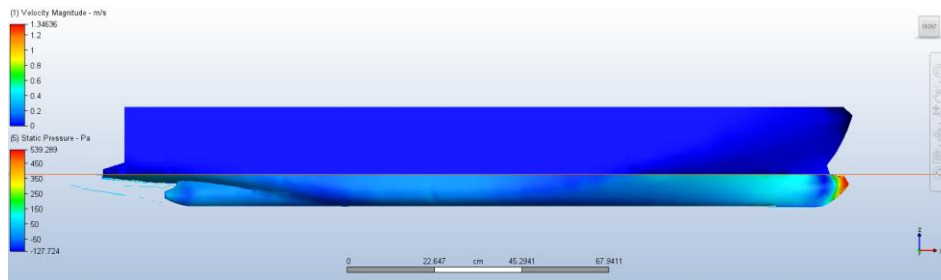
Pada Gambar 4 di atas, dapat dilihat bahwa peningkatan nilai *velocity magnitude* yang terjadi pada bagian *twin skeg* sangat berpengaruh pada peningkatan nilai kecepatan kapal. Hal ini terjadi karena aliran fluida secara laminar yang terjadi pada bagian *twin skeg* mampu mengalir *streamline* sampai ke buritan kapal. Tabel 7 memperlihatkan nilai gradasi warna *velocity magnitude* disekitaran *body* model kapal yang mengikuti kecepatan aliran fluida tersebut.

Tabel 7 Nilai gradasi warna *velocity magnitude*

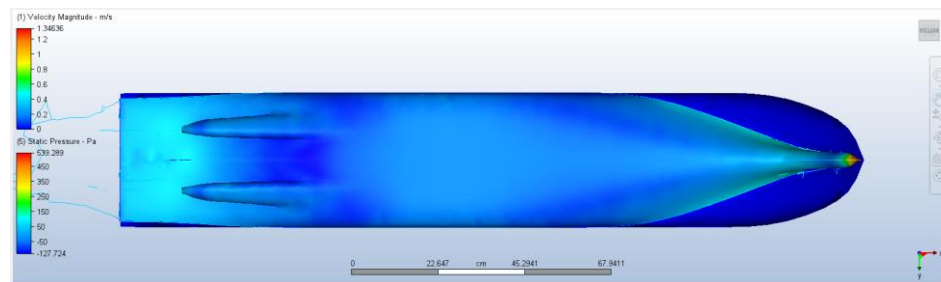
No	Froude Number	Kecepatan		Velocity magnitude (m/s)
		(Knot)	(m/s)	
1	0,188	10	0,813	0,837 – 0,881
2	0,207	11	0,895	0,925 – 0,973

No	Froude Number	Kecepatan		Velocity magnitude (m/s)
		(Knot)	(m/s)	
3	0,225	12	0,976	1,009 – 1,206
4	0,244	13	1,057	1,095 – 1,153
5	0,263	14	1,139	1,182 – 1,244
6	0,288	15	1,220	1,267 – 1,334
7	0,300	16	1,301	1,357 – 1,428
8	0,319	17	1,383	1,443 – 1,519
9	0,338	18	1,464	1,528 – 1,609

Visualisasi *static pressure* akan berfokus pada bagian *twin skeg*. Adapun hasil simulasi yang menunjukkan visualisasi *static pressure* dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut.



(a)



(b)

Gambar 5 (a) dan (b) merupakan visualisasi *static pressure* model kapal pada kecepatan 1,220 m/s

Gambar 5 menunjukkan visualisasi nilai *static pressure* pada kecepatan 1,220 m/s yang terjadi pada bagian *twin skeg* model kapal yang berkisar -127,724 – 60 pa. Distribusi *static pressure* yang terjadi pada lambung model sampai ke bagian *twin skeg* ditunjukkan dengan perubahan gradasi warna biru muda dan warna biru tua, dimana nilai *static pressure* akan mengalami peningkatan disetiap variasi kecepatan model kapal. Hal ini sesuai dengan teori bahwa peningkatan kecepatan kapal akan meningkatkan pula nilai distribusi *static pressure* ataupun sebaliknya.

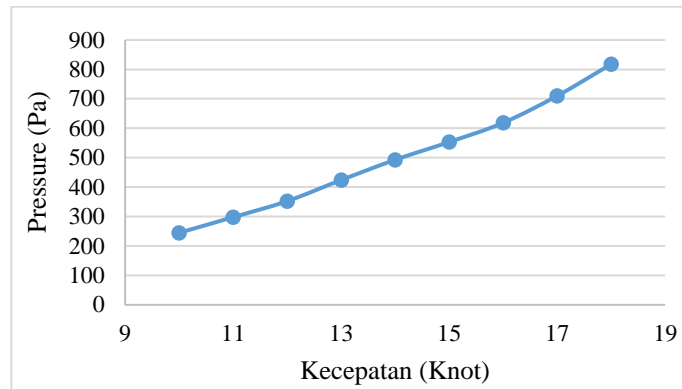
Adapun nilai *static pressure* dari variasi kecepatan model yang bekerja di setiap permukaan (*surface*) lambung kapal, dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8 Nilai *static pressure* dari variasi kecepatan model

No.	Froude Number	Kecepatan		Rata-rata <i>static pressure</i> (Pa)
		(Knot)	(m/s)	
1	0,188	10	0,813	244,897
2	0,207	11	0,895	297,819
3	0,225	12	0,976	352,381
4	0,244	13	1,057	424,082
5	0,263	14	1,139	491,842
6	0,288	15	1,220	553,210
7	0,300	16	1,301	618,432
8	0,319	17	1,383	710,106
9	0,338	18	1,464	817,798

Sumber: Hasil olah data

Secara keseluruhan perubahan tekanan akibat peningkatan kecepatan kapal dari hasil simulasi secara rata-rata dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 Grafik hubungan antara kecepatan dan *pressure*

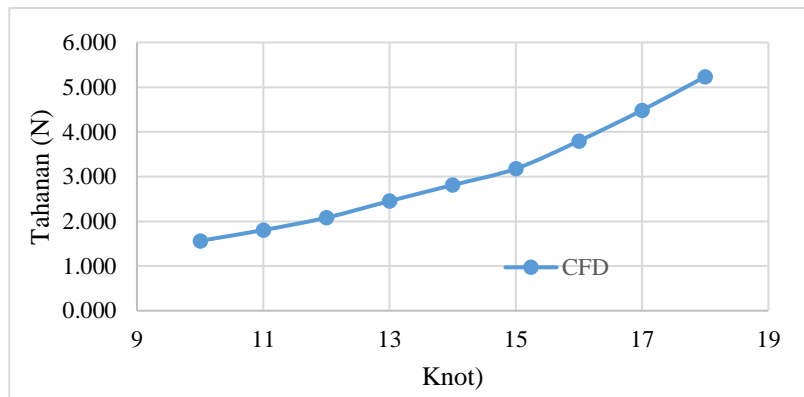
4.5. Prediksi Tahanan Model Kapal

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, nilai tahanan model kapal pada setiap variasi kecepatan dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 7 sebagai berikut.

Tabel 9 Hasil perhitungan nilai tahanan kapal dengan CFD

No.	Froude Number	Kecepatan		Luas Bidang Basah (m ²)	Tahanan Kapal (N)	Persentase (%)
		(Knot)	(m/s)			
1	0,188	10	0,813	0,761	1,563	-
2	0,207	11	0,895	0,761	1.803	15,36%
3	0,225	12	0,976	0,761	2,081	15,42%
4	0,244	13	1,057	0,761	2,453	17,88%
5	0,263	14	1,139	0,761	2,811	14,59%
6	0,288	15	1,220	0,761	3,177	13,02%
7	0,300	16	1,301	0,761	3,797	19,52%
8	0,319	17	1,383	0,761	4,484	18,09%
9	0,338	18	1,464	0,761	5,235	16,75%
					Rata-rata	16,33 %

Sumber: Hasil olah data



Gambar 7 Grafik hubungan antara kecepatan dan tahanan model

Berdasarkan Tabel 9 dan Gambar 7, dapat diketahui bahwa tahanan model kapal mengalami kenaikan rata-rata sebesar 16,33%. Hal ini sesuai dengan teori, dimana nilai tahanan kapal berbanding lurus dengan nilai kecepatan pangkat dua, sehingga nilai tahanan kapal akan mengalami peningkatan seiring dengan semakin bertambah besarnya kecepatan kapal.

4.6. Perhitungan Nilai Hambatan Total (RTs) Kapal Sebenarnya

Menghitung nilai hambatan total kapal sebenarnya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut.

$$R_{TS} = R_{TM} * \lambda^3 \tag{1}$$

Nilai tahanan kapal di setiap variasi kecepatan dengan skala 1:40 yang dimasukkan ke dalam persamaan di atas terlihat pada Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10 Nilai tahanan kapal pada setiap variasi kecepatan

No	Kecepatan kapal		RTM (kN)	RTS (kN)
	(Knot)	(m/s)		
1	10	5,144	0,00156	100,017
2	11	5,658	0,00180	115,395
3	12	6,173	0,00208	133,178
4	13	6,687	0,00245	157,015
5	14	7,202	0,00281	179,928
6	15	7,716	0,00318	203,336
7	16	8,230	0,00372	238,336
8	17	8,745	0,00445	285,082
9	18	9,259	0,00524	335,040

Sumber: Hasil olah data

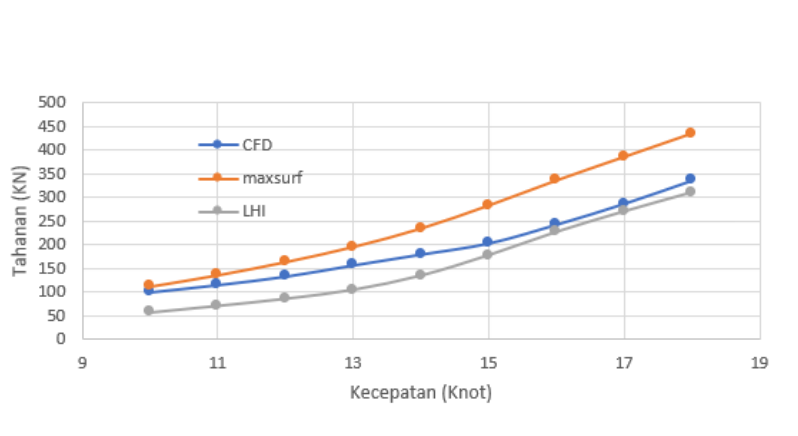
4.7. Perbandingan Nilai Tahanan Kapal

Tabel 11 berikut ini menunjukkan nilai hubungan antara kecepatan dan tahanan kapal pada berbagai variasi kecepatan kapal. Grafik hubungannya dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.

Tabel 11 Nilai hubungan antara kecepatan dengan tahanan kapal pada setiap variasi kecepatan.

No.	Froude Number	Kecepatan		Tahanan Kapal			Persentase (%)
		(Knot)	(m/s)	CFD	Maxsurf	LHI	
1	0,188	10	5,144	100	112	57	43,00
2	0,207	11	5,658	115	136	71	38,26
3	0,225	12	6,173	133	164	86	35,34
4	0,244	13	6,687	157	196	105	33,12
5	0,263	14	7,202	180	235	135	25,00
6	0,288	15	7,716	203	284	178	12,32
7	0,300	16	8,230	243	336	227	6,58
8	0,319	17	8,745	287	386	270	5,92
9	0,338	18	9,259	336	435	310	7,74

Sumber: Hasil olah data



Gambar 8 Grafik hubungan antara kecepatan dan tahanan kapal

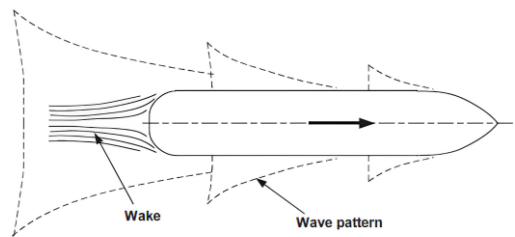
Berdasarkan Tabel 11 dan Gambar 8 di atas, diketahui bahwa makin tinggi kecepatan kapal, makin kecil perbedaan nilai tahanan antara perhitungan numerik jika dibandingkan dengan data dari LHI, dimana pada kecepatan dinas 15 knot, nilai tahanan yang dihasilkan lebih besar 12,32 % dibandingkan dengan data hasil uji laboratorium hidrodinamika Indonesia (LHI). Namun pada kecepatan 17 knot, nilai tahanan yang dihasilkan lebih besar 5,92 %.

4.8. Perhitungan Daya Mesin Kapal

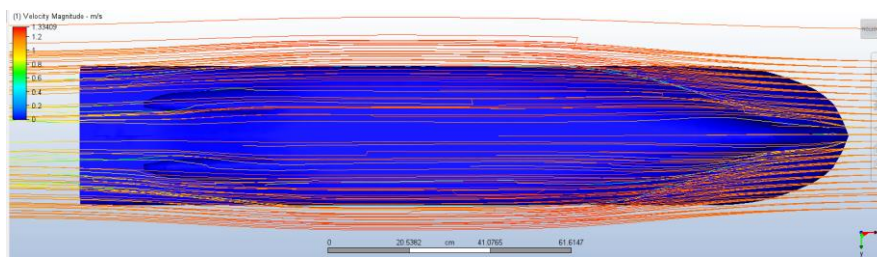
Berdasarkan nilai tahanan yang diperoleh, maka besar daya mesin yang dibutuhkan *Brake Horsepower* (BHP) adalah sebesar 3.023,49 KW. Karena kapal Ferry Ro-Ro lintas Lembar Padang-Bai merupakan kapal *twin screw* dengan sistem propulsi ganda dan jumlah mesin 2, maka masing mesin kapal mempunyai Daya 1542 KW atau 2027 HP.

4.9. Karakteristik Pola Aliran Fluida

Hasil simulasi menunjukkan permukaan air yang berinteraksi dengan lambung kapal dapat menimbulkan dua pola aliran, yaitu pola gelombang (*wave pattern*) yang bergerak di sekitar lambung model kapal dan aliran turbulen yang terbentuk di sepanjang model kapal yang kemudian membentuk suatu aliran dibelakang kapal yang disebut *wake*. Kedua pola aliran tersebut menyerap energi dari lambung kapal, yang kemudian akan menimbulkan gaya/hambatan. Pada proses pemberian aliran fluida agar berinteraksi dengan lambung model kapal, dilakukan penambahan *trace* dengan jarak antar *trace* adalah sebesar 0,15. Visualisasi pola aliran fluida tampak pada Gambar 9 dan Gambar 10 di bawah ini.



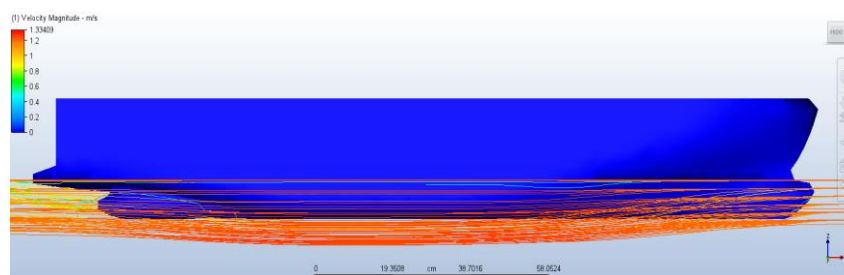
Gambar 9 Pola aliran pada lambung model kapal



Gambar 10 Visualisasi pola aliran fluida tampak bawah

Berdasarkan dari Gambar 10, kondisi fluida *steady* yang dijadikan input berubah menjadi aliran turbulen pada saat mengenai haluan kapal, bahkan tekanan yang dihasilkan juga bernilai besar. Kondisi aliran ini kemudian berubah stabil pada saat melewati sisi *midship* model kapal dan mampu mengalir *streamline* sampai ke bagian ujung dari *twin skeg*. Pola aliran fluida yang berinteraksi di sepanjang lambung model kapal akan berubah seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal.

Jika ditinjau secara memanjang pola aliran fluida yang *relative* stabil di bagian *midship* lambung model kapal akan berubah menjadi turbulen ketika melewati bagian ujung dari *twin skeg* (Gambar 11). Kondisi ini akan menyebabkan tekanan pada bagian buritan model kapal juga meningkat. Hal ini dapat dilihat dari perubahan nilai *velocity magnitude* yang terjadi pada bagian ujung *twin skeg* sampai ke bagian ujung buritan dimana nilai nya berada pada rentang 0,6 – 1 m/s. Hal ini terjadi seiring dengan perubahan kecepatan.



Gambar 11. Visualisasi pola aliran fluida tampak memanjang

5. Kesimpulan

Besar nilai tahanan kapal Ferry Ro-Ro *twin skeg* dari hasil simulasi pada kecepatan 10 – 18 knot memiliki nilai tahanan berturut-turut yaitu 100 KN ; 115 KN ; 133 KN ; 157 KN ; 180 KN ; 203 KN ; 243 KN ; 287 KN ; 336 KN. Nilai tahanan tersebut lebih besar Jika dibandingkan dengan hasil pengujian yang dilakukan di LHI. Makin tinggi kecepatan, makin kecil perbedaannya, dimana pada kecepatan 15 knot persentase perbedaaan nilai tahanan kapal hasil simulasi lebih besar 12,32 % namun pada kecepatan 17 knot hanya lebih besar 5,92%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode yang digunakan lebih sesuai pada kecepatan tinggi.

Daya mesin kapal yang diperoleh pada kecepatan dinas 15 knot dari hasil perhitungan simulasi CFD adalah sebesar 1542 KW. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan terlihat bahwa pola aliran pada bagian lambung kapal mengalami perubahan bentuk sebanding dengan bentuk kapal dan kecepatan kapal. Kondisi aliran fluida pada kecepatan rendah relatif lebih stabil dibanding dengan pada kecepatan tinggi. Kondisi ini dipengaruhi oleh bentuk kapal pada bagian haluan yang menggunakan *bulbous bow* yang memang berfungsi sebagai pemecah aliran fluida agar membantu fluida mengalir lebih *streamline* mengikuti lambung kapal dan berubah menjadi aliran turbulen pada saat sampai pada bagian ujung dari *twin skeg* kapal.

Reference

- [1] Lammeren, V, Resistance, Propulsion and Steering of Ships, Technical Publishing Company H. Stam, 1962
- [2] Maulana, A, Optimalisasi Hambatan Kapal Skala Penuh Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model, Depok Fakultas Teknik, Univeristas Indonesia, 2011
- [3] Dwitara, I, Santoso, A, dan Amiadji, Analisa Aliran dan Tekanan pada Perubahan Bentuk Skeg Kapal Tongkang dengan Pendekatan CFD, Jurnal Teknik POMITS, 2013
- [4] Avicenna, H, dan Utama, P. I, Analisa Pengaruh Konfigurasi Skeg Terhadap Hambatan Dan Gerak Kapal Dengan Metode Computational Fluid Dynamics, Jurnal Teknik ITS, 2016
- [5] Kim, K, Tillig, F, Bathfield, N, dan Liljenberg, H, Optimalisasi Hidrodinamik Kapal LNG Twin-Skeg melalui CFD dan Pengujian Model, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 392-405, 2014
- [6] Laboratorium Hidrodinamika Indonesia, Pengujian Resistance Model Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT, Surabaya: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Balai Teknologi Hidrodinamika, 2021
- [7] Bambang, T, Jadmiko, E, dan Triyono, Kajian Teknis Penambahan Skeg pada Kapal Patroli Tipe 36m dengan Metode CFD.
- [8] Harvald, S. A, Resistance and Propulsion Of Ships, Denmark, Lyngby: Departement of Ocean Engineering, The Technical Univercsity of Denmark, 1983
- [9] Djabbar, M, dan Rosmani, Buku Ajar Tahanan Kapal, Makassar: Departemen Teknik Perkapalan, Universitas Hasanuddin, 2011
- [10] Baso, S, Ardianti, A, dan Rosmani, An Extended Validation of Free CFD Application to Ship Resistance Prediction for Using In Preliminary Design Stagem Journal of Engineering Science and Technology, 16(3), 2544-2561, 2021
- [11] Lewis, E. V, Principles of Naval Architecture, Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988
- [12] Adji, S, Resistance & Propulsion Modul 1: Introduction to Ship Resistance, Surabaya: Institut Teknologi Surabaya, 2009
- [13] Hilmi, Simulasi Uji Tarik Kapal Model Untuk Mengetahui Hambatan dan Daya Efektif Pada Kapal Sebenarnya, Depok: Fakultas Teknik, Univeristas Indonesia, 2009