

Analisis Tahanan Kapal Berlambung *Planning Hull* Deadrise Angle 15 Derajat Pada *Stepped 2U* Menggunakan Metode Numerik

Rosmani¹, Andita Pasulu^{2*}, Lukman Bochari³, Suandar Baso⁴, Muhammad Akbar Asis⁵

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

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

*Corresponding Author: anditapasulu@gmail.com

Abstract	Article Info
<p>One way to modify a hull is by installing a <i>stepped</i> hull. The modification is conducted to achieve a ship design that ensures performance. The basic principle of using a <i>stepped</i> hull is to reduce the wetted surface area and decrease the ship's resistance, thereby improving its performance. The method used in this research is a numerical method for analyzing the ship's resistance. Based on the resistance analysis on the 15-degree deadrise angle hull with a 2U <i>stepped</i> design, it is known that the total resistance of the ship tends to decrease with the addition of <i>stepped</i> and an increase in the speed and trim of the ship. The ship model with 3-stepped 2U has a smaller resistance value than the model with 1-stepped 2U and 2-stepped 2U. Hence, the addition of <i>stepped</i> to the ship model can reduce resistance.</p> <p>Keywords: Planning hull; Ship Resistance; Stepped Hull</p>	<p>Article History: Received 01 April 2024 Revised 05 May 2024 Accepted 23 May 2024 Available online 30 June 2024</p>

1. Pendahuluan

Kapal cepat memiliki kecepatan relatif lebih besar dibanding kategori kapal yang lain. Hal ini disebabkan karena kapal cepat dirancang untuk meminimalisir tahanan yang terjadi sehingga kecepatan kapal dapat menjadi optimal. Untuk itu, dalam merencanakan desain lambung kapal cepat, aspek tahanan yang dihasilkan oleh kapal harus mendapat perhatian yang serius. Jenis lambung yang biasa digunakan untuk kapal cepat adalah tipe *planing hull* dimana sebagian besar beratnya didukung oleh tekanan hidrodinamik saat melaju dengan kecepatan tinggi.

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi hambatan air agar didapatkan kecepatan kapal yang besar adalah dengan melakukan perubahan atau modifikasi pada *engine*, *hull* maupun *propulsor* kapal. Untuk modifikasi lambung, salah satu caranya adalah dengan memasang lambung bertangga (*stepped planning hull*) pada badan kapal untuk meningkatkan kinerja kapal saat berlayar.

Prinsip dasar dari penggunaan lambung bertangga (*stepped planning hull*) ialah mengurangi luas permukaan basah (*wetted surface area*) karena timbulnya turbulensi di bawah badan kapal, dan akan menambah daya tekan ke atas kapal (*lifting force*). Kondisi yang terjadi ini akan mengurangi tahanan dan menaikkan efisiensi kapal sehingga menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dengan daya mesin yang lebih kecil serta bahan bakar yang lebih sedikit [1].

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kapal Cepat

Kapal cepat adalah kapal dengan kecepatan operasi maksimum diatas 30 knot, mengingat banyaknya ragam karakteristik hidrostatis kapal dengan menggunakan *Froude number* (Fn), maka kapal dengan Fn di atas 0,4 atau *submerged hull* (lambung tercelup) masih tergolong sebagai kapal cepat seperti kapal *conventional monohull* dan *catamaran* [2].

2.2 Planning Hull

Kapal *planning hull* merupakan salah satu jenis kapal yang mempunyai tingkat efisiensi yang baik sebagai kapal cepat. Kapal ini bergantung pada kecepatan yang mengangkat sebagian lambungnya keluar dari air *hydrodynamic support*. Dengan kecilnya badan kapal yang bersentuhan dengan air maka kecil juga jumlah tahanan air yang ditanggung. Bentuk badan kapal dirancang mengikuti hukum *hydrodynamic*, setiap benda yang bergerak yang dapat menciptakan aliran non-simetris menimbulkan gaya angkat yang tegak lurus dengan arah gerak [3],[4]. Kapal tipe lambung *planning hull* ini memiliki *deadrise angle*. *Deadrise angle* adalah besar sudut kemiringan pelat dasar kapal terhadap sumbu horizontal.

2.3 Stepped Hull

Stepped hull atau lambung bertangga adalah konfigurasi alternatif untuk *planning hull* dengan kecepatan yang biasanya tinggi. *Stepped hull* memiliki diskontinuitas melintang yang terletak di beberapa titik pada belakang pusat gravitasi kapal dan pusat tekanan. Lokasi dari peletakan diskontinuitas membujur transversal atau tangga ini sangat penting. *Stepped hull* lebih efektif karena area/bagian yang tercelup air biasa dibagi pada beberapa *beam* sepanjang kapal. Bentuk lebar kapal seperti ini menjadikannya lebih efisien dan dapat memperkecil gesekan antara lambung kapal dengan air. Tujuan dari *stepped hull* adalah untuk mengurangi permukaan yang tercelup air [5].

2.4 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 [6],[7]. Komponen tahanan yang bekerja pada kapal diantaranya tahanan gesek, tahanan sisa, dan tahanan tambahan [8]. Tahanan total dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T S v^2 \quad (1)$$

dimana R_T adalah tahanan total, ρ adalah massa jenis fluida, C_T adalah koefisien tahanan total, S adalah luas bidang basah, dan v adalah kecepatan.

3. Metode

Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal semi *planning hull* dimana kapal akan dimodelkan ulang dengan menambah *stepped 2U* dan *deadrise angle* 15°. Adapun data ukuran utama kapal dan ukuran model dengan skala 1:15 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran utama kapal

Ukuran Utama	Ukuran Kapal	Ukuran Model	Satuan
Lenght Over All (LOA)	19,06	1,27	m
Lenght Between Perpendicular (LBP)	17,72	1,18	m
Lenght Water Line (LWL)	17,77	1,18	m
Breadth (B)	4,51	0,3	m
Depth (H)	1,81	0,12	m
Draught (T)	0,45	0,03	m
Displacement (Δ)	20,19	1,34	Ton

Sumber: Agung [9].

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Initial Condition dan Boundary Layer

Besaran trim buritan serta kecepatan model kapal didasarkan pada penelitian terdahulu oleh Fadhlurrahman [10] yang dilakukan di towing tank laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kecepatan dan *angle trim* buritan model pada setiap kondisi

1 Stepped		2 Stepped		3 Stepped	
Kecepatan (m/s)	Trim	Kecepatan (m/s)	Trim	Kecepatan (m/s)	Trim
2.519	1.695°	2.525	1.955°	2.584	2.468°
3.012	1.963°	3.067	2.422°	3.012	2.95°
3.509	2.176°	3.584	2.709°	3.534	3.389°
4.049	2.384°	4.049	2.863°	4.082	3.672°

Sumber: Fadhlurrahman [10].

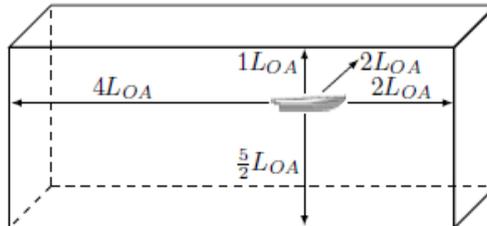
Properti fluida yang di gunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Properti fluida

Initial Condition	Material			
	Aluminium	Water	Air	Satuan
Density	2719	1025,87	1,225	Kg/m ³
Viscosity	-	1,188E-08	1,461E-06	Kg/(m.s)
Velocity	-	2,519	2,519	m/s

Sumber: Hasil olah data

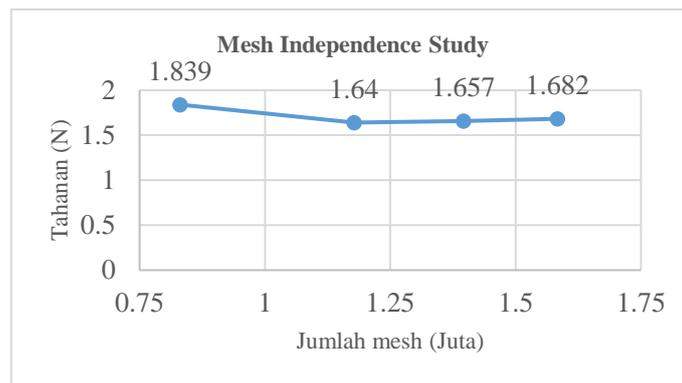
Adapun *ukuran boundary layer* yang digunakan mengacu pada ITTC seperti pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Boundary layer [11].

4.2 Meshing Independence Study

Mesh independence study adalah salah satu metode yang umum digunakan dalam memverifikasi bahwa mesh yang digunakan sudah tepat, memastikan bahwa ketika pengaturan mesh kita ubah, maka tidak akan mempengaruhi hasil simulasi atau dengan kata lain simulasi tidak akan tergantung (*independence*) terhadap pengaturan mesh. Gambar 2 di bawah menunjukkan hubungan antara tahanan kapal dan jumlah mesh.



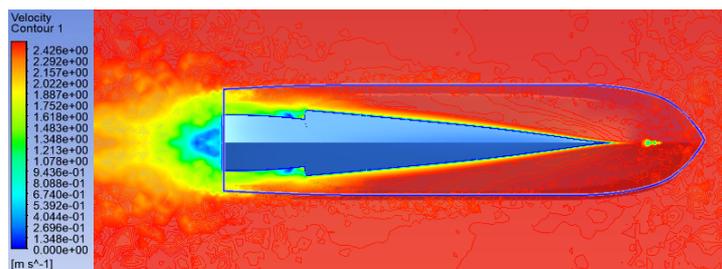
Gambar 2. Grafik hubungan antara tahanan terhadap jumlah mesh

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa nilai tahanan cenderung sama meskipun terjadi perubahan jumlah mesh. maka dapat disimpulkan bahwa dengan menambah jumlah mesh akan menghasilkan tahanan yang relative sama

4.3 Visualisasi Velocity Magnitude, Pola Aliran, dan Static Pressure

4.3.1 Visualisasi Velocity Magnitude

Berdasarkan hasil simulasi, *velocity magnitude* menunjukkan kecepatan sebuah aliran fluida yang terjadi pada lambung model kapal. Kecepatan aliran fluida ini akan terlihat pada pola aliran fluida yang disebabkan oleh lambung model kapal saat bergerak (Gambar 3).



Gambar 3. Visualisasi *velocity magnitude* model kapal 1 stepped 2U pada kecepatan 2,519 m/s dengan trim 1,695 °

Pada Gambar 3, aliran fluida model kapal 1 *stepped* dengan kecepatan 2,519 m/s terjadi perubahan kecepatan aliran fluida setelah berkontak dengan lambung model kapal dibawah garis air. Dimulai dari kecepatan 2,3 m/s ~ 2,43 m/s (merah) yang terjadi disekitar kapal hingga kemudian pada pertemuan antara lambung kapal dengan fluida 2 m/s ~ 2,15 m/s (kuning – orange). Selanjutnya pada bagian belakang *stepped* dan buritan kecepatan fluida menjadi 0,27 m/s ~ 1,61 m/s (biru – hijau).

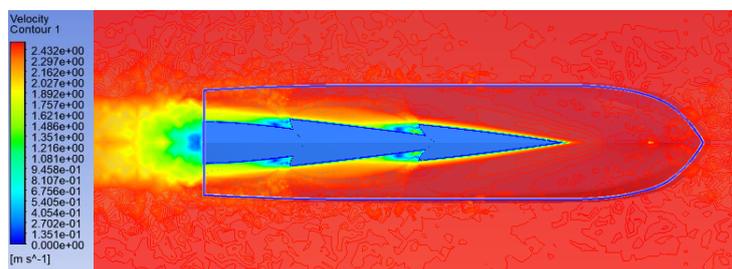
Adapun nilai gradasi warna *velocity magnitude* pada setiap kondisi kecepatan dengan trim model kapal satu *stepped* 2U dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai gradasi warna *velocity magnitude* model kapal satu *stepped* 2U

Kecepatan (m/s)	Trim (°)	Velocity Magnitude (m/s)
2,519	1,695	2,45 – 2,519
3,012	1,963	2,96 – 3,012
3,509	2,176	3,5 – 3,509
4,049	2,384	4,03 – 4,049

Sumber: Hasil olah data

Pada percobaan model kapal dengan 2 *stepped*, didapatkan hasil seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Visualisasi *velocity magnitude* model dua *stepped* 2U pada kecepatan 2,525 m/s dengan trim 1,955°

Pada Gambar 4, aliran fluida model kapal 2 *stepped* dengan kecepatan 2,525m/s terjadi perubahan kecepatan aliran fluida setelah berkontak dengan lambung model kapal dibawah garis air. Dimulai dari kecepatan 2,3 m/s ~ 2,43 m/s (merah) yang terjadi disekitar kapal, kemudian pada pertemuan antara lambung kapal dengan fluida 2 m/s ~ 2,16 m/s (kuning – orange). Selanjutnya pada bagian belakang *stepped* dan buritan kecepatan fluida menjadi 0,27 m/s ~ 1,4 m/s (biru – hijau).

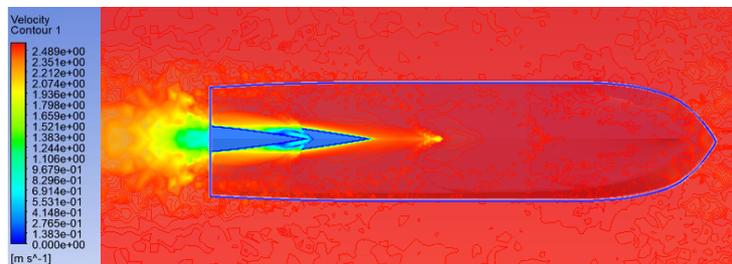
Adapun nilai gradasi warna *velocity magnitude* pada setiap kondisi kecepatan dengan trim model kapal dua *stepped* 2U dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai gradasi warna *velocity magnitude* model kapal dua *stepped* 2U

Kecepatan (m/s)	Trim (°)	Velocity Magnitude (m/s)
2,525	1,955	2,47 – 2,525
3,067	2,422	3,05 – 3,067
3,584	2,709	3,58 – 3,584
4,049	2,863	4,04 – 4,049

Sumber: Hasil olah data

Pada percobaan model kapal dengan 3 *stepped*, didapatkan hasil seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Visualisasi *velocity magnitude* model tiga *stepped* 2U pada kecepatan 2,584 m/s dengan trim 2,468°

Pada Gambar 5 aliran fluida model kapal tiga *stepped* kecepatan 2,584 m/s terjadi perubahan kecepatan aliran fluida setelah berkontak dengan lambung model kapal dibawah garis air. Dimulai dari kecepatan 2,35 m/s ~ 2,48 m/s (merah) terjadi disekitar kapal, kemudian pada pertemuan antara lambung kapal dengan fluida 2,07 m/s ~ 2,21 m/s (kuning – orange). Selanjutnya pada bagian belakang *stepped* dan buritan kecepatan fluida menjadi 0,27 m/s ~ 1,52 m/s (biru – hijau).

Adapun nilai gradasi warna *velocity magnitude* pada setiap kondisi kecepatan dengan trim model kapal tiga *stepped* 2U dapat dilihat pada Tabel 6.

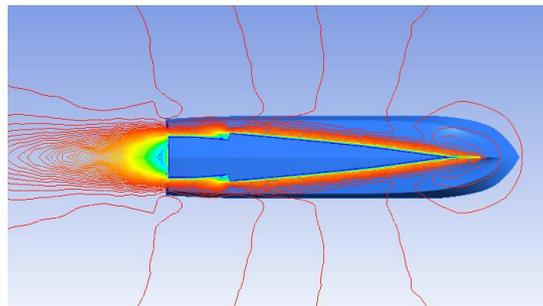
Tabel 6. Nilai gradasi warna *velocity magnitude* model kapal dua *stepped* 2U

Kecepatan (m/s)	Trim (°)	Velocity Magnitude (m/s)
2,584	2,468	2,56 – 2,584
3,012	2,95	2,99 – 3,012
3,534	3,389	3,52 – 3,534
4,082	3,672	4,07 – 4,082

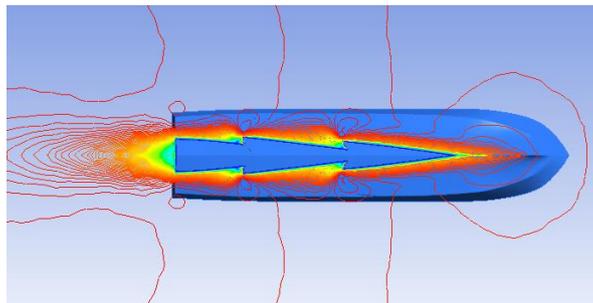
Sumber: Hasil olah data

4.3.2 Visualisasi Pola Aliran

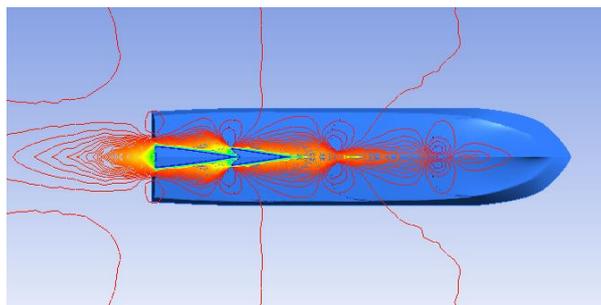
Hasil simulasi menunjukkan pola aliran yang berbeda-beda yang diakibatkan oleh kecepatan dan trim yang terjadi pada model kapal. Perbedaan terjadi pada banyaknya garis pola aliran terutama pada bagian buritan kapal. Semakin cepat fluida maka pola aliran yang terbentuk semakin banyak. Pada penelitian ini terdapat 4 kondisi percobaan dalam setiap variasi *stepped*. Adapun visualisasi pola aliran model kapal dapat dilihat pada Gambar 6, 7, dan 8.



Gambar 6. Visualisasi pola aliran model satu *stepped* 2U pada kecepatan 2,519 m/s dengan trim 1,695°



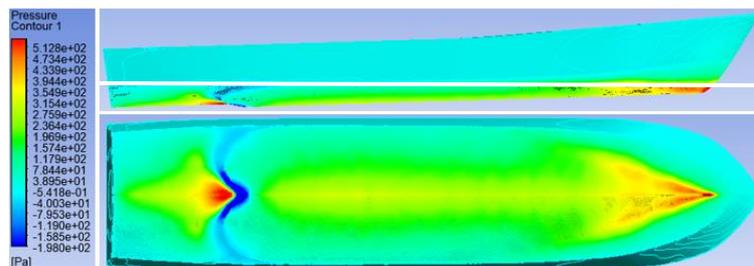
Gambar 7. Visualisasi pola aliran model dua *stepped* 2U pada kecepatan 2,525 m/s dengan trim 1,95°



Gambar 8. Visualisasi pola aliran model tiga *stepped* 2U pada kecepatan 2,584 m/s dengan trim 2,468°

4.3.3 Visualisasi *Static Pressure*

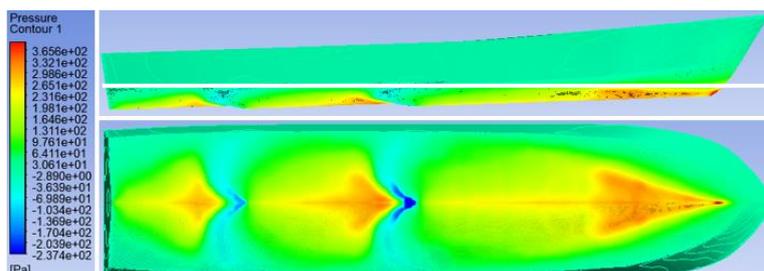
Aliran fluida yang mengalir dengan kecepatan tertentu pada bagian haluan dan buritan kapal menyebabkan distribusi *static pressure* yang meningkat pada area lambung kapal yang tercelup di bawah air. Distribusi *static pressure* ini memberikan informasi berkaitan dengan bagian model kapal yang mengalami turbulensi dan bagian model kapal yang mengalami tahanan paling besar akibat kecepatan model dan bentuk lambung model di bawah garis air. Adapun hasil simulasi yang menunjukkan *visualisasi static pressure* dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Visualisasi *pressure* model kapal 1 *stepped* pada kecepatan 2,519 m/s dengan trim 1,695°

Gambar 9 menunjukkan visualisasi nilai *pressure* pada lambung kapal dengan 1 *stepped*. *Pressure* yang terjadi tepat di belakang *stepped* berkisar antara -198 hingga -4 Pa. Sedangkan peningkatan nilai *pressure* terjadi setelah fluida melewati bagian *stepped* kapal yaitu berkisar antara 78 hingga 512 Pa.

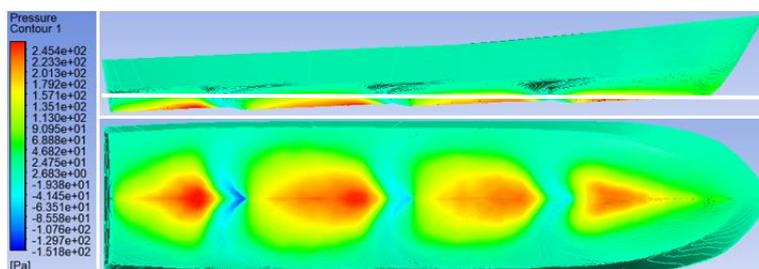
Visualisasi nilai *pressure* untuk kapal dengan 2 *stepped*, dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Visualisasi *pressure* model kapal 2 *stepped* pada kecepatan 2,525 m/s dengan trim 1,95°

Gambar 10 menunjukkan visualisasi nilai *pressure* pada lambung kapal dengan 2 *stepped*. *Pressure* yang terjadi tepat di belakang *stepped* berkisar antara -237 hingga -3 Pa. Sedangkan peningkatan nilai *pressure* terjadi setelah fluida melewati bagian *stepped* kapal yaitu berkisar antara 30 hingga 365 Pa.

Visualisasi nilai *pressure* untuk kapal dengan 3 *stepped*, dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 11. Visualisasi *Pressure* model kapal 3 *Stepped* pada kecepatan 2,584 m/s dengan trim 2,468

Gambar 11 menunjukkan visualisasi nilai *pressure* pada lambung kapal dengan 3 *stepped*. *Pressure* yang terjadi tepat di belakang *stepped* berkisar antara -151 hingga 25 Pa. Sedangkan peningkatan nilai *pressure* terjadi setelah fluida melewati bagian *stepped* kapal yaitu berkisar antara 46 hingga 245 Pa.

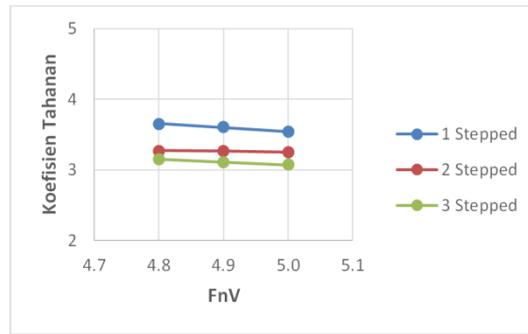
4.4 Tahanan Model Kapal

Tahanan total kapal adalah kombinasi dari tahanan gelombang, tahanan gesek dan tahanan tambahan. Pada *Froude number volume* rendah, tahanan kapal didominasi oleh tahanan gesekan. Namun pada *Froude number volume* yang lebih tinggi, tahanan gelombang mulai mendominasi terutama pada kecepatan tinggi di mana fenomena gelombang permukaan menjadi lebih signifikan. Tabel 7 menunjukkan koefisien tahanan kapal untuk *Froude number Volume* (FnV) untuk setiap variasi jumlah *stepped*. Sedangkan Gambar 12 menunjukkan kurva hubungan antara *Froude Number Volume* (FnV) yang sama dengan tahanan kapal.

Tabel 7. Hubungan antara koefisien tahanan dengan *Froude Number Volume* (FnV) yang sama

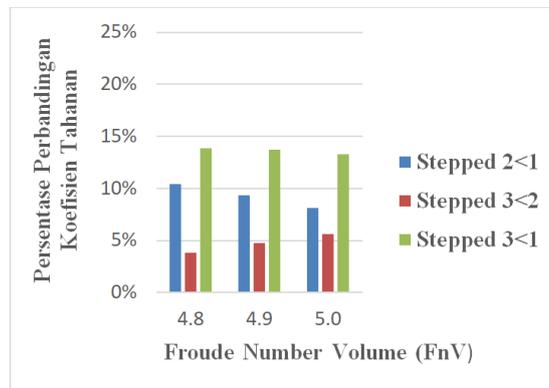
FnV	Koefisien Tahanan		
	1 Stepped	2 Stepped	3 Stepped
4,8	3,655	3,273	3,148
4,9	3,601	3,264	3,108
5	3,540	3,252	3,069

Sumber: Hasil olah data



Gambar 12. Kurva hubungan antara *Froude Number Volume* (FnV) yang sama dengan tahanan

Berdasarkan Gambar 12, dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai *Froude Number Volume* (FnV) dan penambahan jumlah *stepped* mengakibatkan koefisien tahanan menurun. Adapun koefisien tahanan terkecil terletak pada penggunaan 3 *stepped*. Persentase perbandingan koefisien tahanan untuk setiap variasi jumlah *stepped* dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Persentase perbandingan koefisien tahanan terhadap *Froude Number Volume* (FnV) yang sama

Gambar 13 menunjukkan perbandingan koefisien tahanan setiap *stepped* dengan *Froude Number Volume* (FnV) yang berada pada kisaran angka 4,8 – 5. Pada model kapal dengan 2 *stepped* mengalami penurunan sebesar 9,3% terhadap 1 *stepped*, pada 3 *stepped* mengalami penurunan sebesar 4,8% terhadap 2 *stepped*, sedangkan untuk 3 *stepped* mengalami penurunan sebesar 13,6% terhadap 1 *stepped*.

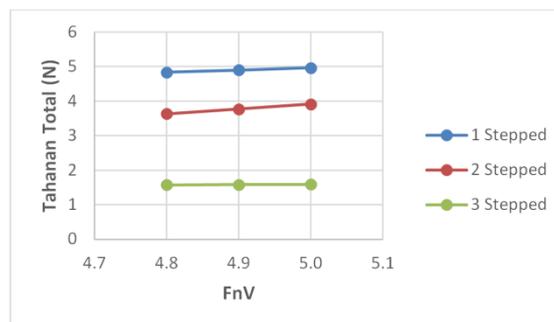
Dari hasil analisis didapatkan bahwa peningkatan nilai *Froude Number Volume* (FnV) juga mengakibatkan tahanan meningkat di setiap *stepped*, tetapi tahanan menurun seiring bertambahnya jumlah *stepped* dan tahanan terkecil terletak pada penggunaan 3 *stepped*.

Tabel 8 dan Gambar 14 berikut ini menunjukkan hubungan antara nilai tahanan total pada nilai *Froude Number Volume* (FnV) yang sama.

Tabel 8. Hubungan antara tahanan total dengan FnV yang sama

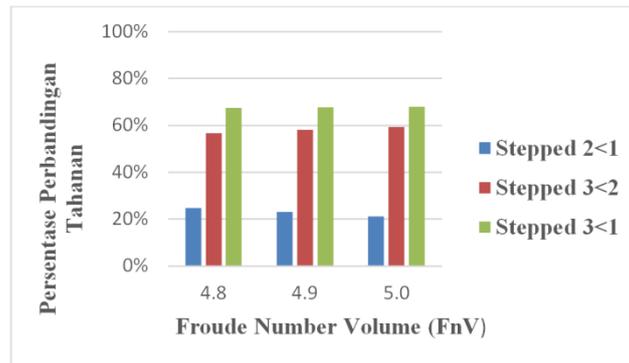
FnV	Tahanan Total (N)		
	1 Stepped	2 Stepped	3 Stepped
4,8	4,836	3,6	1,574
4,9	4,900	3,773	1,582
5	4,965	3,916	1,591

Sumber: Hasil olah data



Gambar 14. Kurva hubungan antara tahanan total dan *Froude Number Volume* (FnV) yang sama

Dari Tabel 8 dan Gambar 14, diperoleh persentase perbandingan tahanan untuk setiap variasi jumlah *stepped*. Persentase perbandingan pada model dapat kita lihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik persentase perbandingan tahanan total terhadap *Froude number Volume* (FnV) yang sama

Gambar 15 menunjukkan perbandingan tahanan setiap *stepped* dengan *Froude Number Volume* (FnV) yang berada pada rentang 4,8 – 5. Pada kapal dengan 2 *stepped* mengalami penurunan sebesar 23% terhadap 1 *stepped*, pada 3 *stepped* mengalami penurunan sebesar 58,1% terhadap 2 *stepped*, sedangkan untuk 3 *stepped* mengalami penurunan sebesar 67,7% terhadap 1 *stepped*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan jumlah *stepped* pada model kapal *planning hull* dapat mengakibatkan penurunan nilai tahanan kapal.

5. Kesimpulan

Pengaruh jumlah *stepped* terhadap koefisien tahanan yaitu perbandingan koefisien tahanan setiap *stepped* dengan *Froude Number Volume* (FnV) yang berada pada 4,8-5 yaitu pada 2 *stepped* mengalami penurunan sebesar 9,3% terhadap 1 *stepped*, pada 3 *stepped* mengalami penurunan sebesar 4,8% terhadap 2 *stepped*, sedangkan untuk 3 *stepped* mengalami penurunan sebesar 13,6% terhadap 1 *stepped*. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya jumlah *stepped* mengakibatkan koefisien tahanan menurun.

Dari hasil analisis data tahanan total, peningkatan *Froude Number Volume* (FnV) menunjukkan adanya kenaikan tahanan total pada setiap *stepped*. Dari hasil simulasi menunjukkan perbandingan setiap *stepped* dengan FnV yang berada pada angka 4,8-5 pada 2 *stepped* mengalami penurunan sebesar 23% terhadap 1 *stepped*, pada 3 *stepped* mengalami penurunan sebesar 58,1% terhadap 2 *stepped*, sedangkan untuk 3 *stepped* mengalami penurunan sebesar 67,7% terhadap 1 *stepped*. Berdasarkan perbandingan ini disimpulkan bahwa model kapal yang menggunakan 3 *stepped* lebih baik dan efektif dalam mengurangi nilai tahanan kapal dibandingkan model kapal yang menggunakan 1 *stepped* dan 2 *stepped*.

Daftar Pustaka

- [1] Sandiary, M.A., Munazid, A., Baroroh, I., Besarnya Hambatan Kapal Dengan Sudut Stephull di Atas 180° Pada Kapal Cepat Planning Hull, Prosiding Seminar Nasional Kelautan XIV, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah, 2019, pp. C1-67 – C1-75.
- [2] Zubaer, H., Budiarto, U., Iqbal, M., Analisa Variasi Twin Step Hull pada Kapal Pilot Boat 15 Meter ALU dengan Menggunakan Metode CFD, Jurnal Teknik Perkapalan, 2018, Vol. 6, No.1, pp. 295-303.
- [3] Hakim, P.R., Utama, I.K.A.P., Analisa Hambatan dan Pitching Moment Equilibrium Pada Kapal Planing Jenis Monohull With Transverse Step Pada Perairan Calm Water, Jurnal Teknik ITS, 2018, Vol. 7, No. 1, pp. G53-G58.
- [4] Jamaluddin, A., Ma'ruf, B., Kajian Eksperimental Desain Kapal Sep-Hull Sebagai Sarana Transportasi Di Perairan Pantai dan Sungai, 2012, Vol. 7, No. 3, <https://doi.org/10.14710/kpl.v7i3.3784>.
- [5] Budiarto, G., Testing Position Step Hull at the National Corvette Battleship the Size of 90 meters With CFD Analysis Approach, Skripsi, Department Of Marine Engineering, Ocean Engineering Faculty, ITS, 2011, 623.84 Available from <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100011044087/16596>. [28 Des 2018]
- [6] Kuiper, G., Resistance and Propulsion of Ships, MARIN-Maritime Research Institute Netherlands, Wageningen, Technical University Delft, Report 847-K, 1994.

- [7] Djabbar, M., Rosmani, Buku Ajar Tahanan Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, 2011.
- [8] Aprianto, A.. Studi Tahanan Kapal Semi Displacement, Skripsi, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, 2019.
- [9] Fadhlurrahman, Studi Tahanan Kapal Planning Hull Dengan Deadrise Angle 15 Derajat Dan Stepped Hull Berbentuk 2U, Skripsi, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, 2023.
- [10] ITTC, Practical Guidelines for Ship CFD Simulations. Technical Report 7.5-03-02-03. Revision 01, 2011.