

## SIMULASI NUMERIK HAMBATAN DAN POLA ALIRAN BARGE MENGGUNAKAN METODE CFD

Grandys Prameswari<sup>1</sup>, Hery Indria Dwi Puspita<sup>2\*</sup>, Wazirotus Sakinah<sup>2</sup>,  
Rudianto<sup>2</sup>, Pratama Yuli Arianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Jember

<sup>2</sup> Staf Pengajar Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Jember – Jl. Kalimantan 37 Jember  
Email: [heryindria.teknik@unej.ac.id](mailto:heryindria.teknik@unej.ac.id)

### ABSTRACT

*Barge is a ship that does not have a propulsion and must be towed by a tugboat to sail. Therefore, the barge is pulled by a tugboat to sail. This causes the stern area of the barge to be installed with a skeg to support the ship's performance while sailing. One of the performance parameters is the resistance and flow pattern of the barge. Previous research recommended a straight longitudinal skeg at the stern of the barge. This paper continues the recommendation by applying a numerical simulation using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method to predict the resistance and flow pattern of the barge due to the skeg used. The CFD method was chosen because of being able to provide accurate, fast, and optimal results. By knowing the resistance and flow pattern values, the results of this study can be used to calculate the amount of bollard pull required by the barge to be towed by the tugboat. The results obtained in this study are the highest resistance at 7 knots of 269.952 kN and the lowest resistance occurs at 4 knots of 89.206 kN. The flow pattern formed in the barge area can be concluded that turbulence mostly occurs in the stern area of the ship due to the interaction of wake, water flow and skeg position.*

*Keywords: Barge, Skeg, Resistance, Flow Pattern*

### PENDAHULUAN

Kapal tongkang (*barge*) merupakan jenis kapal yang mempunyai lambung datar mirip kotak besar yang mengapung. Kapal tongkang juga tidak memiliki sistem propulsi, listrik maupun sistem perpipaan [1]. Karena tidak memiliki sistem propulsi, kapal tongkang ditarik oleh *tugboat* untuk berlayar [2]. Hal ini menyebabkan pada area buritan kapal tongkang dipasang *skeg* untuk menunjang performa kapal saat berlayar dan melembutkan aliran fluida yang mengalir melewati lambung kapal [4]. Salah satu parameter performa adalah hambatan dan bentuk pola aliran dari kapal tongkang [3]. Setiap aliran yang melewati badan kapal dari haluan hingga buritan tentu menghasilkan arus ikut (*wake*) karena perbedaan antara kecepatan kapal dan kecepatan air yang melalui baling – baling.

Pada umumnya, bentuk *skeg* yang paling banyak digunakan dan direkomendasikan adalah *skeg* dengan bentuk lurus membujur pada buritan kapal. Namun perlu adanya simulasi numerik kembali untuk memprediksi besar nilai hambatan kapal tongkang dan bentuk pola aliran akibat bentuk *skeg* yang digunakan. Simulasi numerik merupakan pengujian model menggunakan sebuah *software* yang telah terbukti

mampu menggantikan peran uji laboratorium menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics*. Metode CFD digunakan untuk mengetahui besar nilai hambatan dan bentuk pola aliran kapal tongkang dengan *skeg*. Pemilihan menggunakan metode CFD karena simulasi objek mampu didapatkan hasil yang akurat, cepat dan dapat dipertimbangkan dengan optimal.

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi besar nilai hambatan dan bentuk pola aliran kapal tongkang dengan *skeg* pada area buritan kapal menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics*. Dengan mengetahui besar nilai hambatan dan pola aliran yang dihasilkan, maka dapat dimanfaatkan untuk menghitung besar nilai *bollard pull* yang dibutuhkan oleh kapal tongkang agar bisa ditarik oleh *tugboat*.

### METODOLOGI PENELITIAN

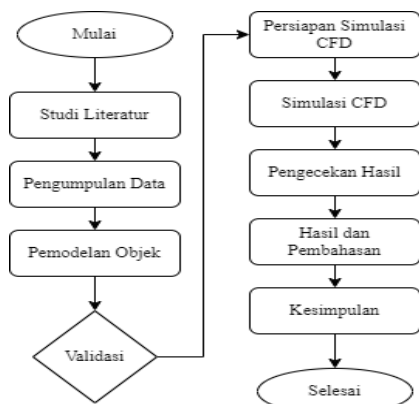
Penelitian ini telah dilaksanakan dengan mengambil data kapal tongkang di salah satu Galangan Pantai Utara. Tempat penelitian ini adalah Laboratorium Desain dan Konstruksi dan Manufaktur,

Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode *Computational Fluid Dynamics*. Metode ini merupakan salah satu ilmu mekanika fluida yang mampu memprediksi pola aliran dengan proses diskretisasi numerik pada persamaan gerak aliran (*Navier-Stokes*). Metode CFD ini menggunakan metode *Volume of Fluid (VOF)* atau *Finite Different Equation* dengan sistem koordinat kartesian yang menyelesaikan persamaan *Navier-Stokes* [5].

Hasil perhitungan menggunakan metode CFD akan menghasilkan empat komponen gaya yang berlawanan dengan arah gerak kapal atau disebut dengan hambatan [6]. Terdapat 3 tahapan atau proses yang harus dilakukan dalam simulasi CFD meliputi, *preprocessing*, *solving* dan *postprocessing*. Kelebihan metode CFD yaitu mampu mengurangi waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk apabila desain tersebut perlu dilakukan uji eksperimen dengan hasil akurasi tinggi dan ketepatan hasil simulasi yang selalu terkontrol selama perancangan [7].

Dalam penelitian ini terdapat tahap – tahap eksperimen seperti yang disajikan pada gambar *flowchart* berikut.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Secara singkat, *flowchart* atau tahapan penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### Tahap 1

Melakukan studi literatur sebagai referensi dari beberapa literatur. Hasil studi literatur akan dikaji dan dikaitkan dengan kondisi penelitian. Literatur yang digunakan pada penelitian ini yaitu *skag* kapal tongkang, hambatan atau *resistance*, aliran fluida dan metode CFD.

#### Tahap 2

Melakukan pengumpulan data berupa data primer meliputi, ukuran utama kapal, ukuran *skag* dan gambar desain kapal tongkang yang dijadikan sampel

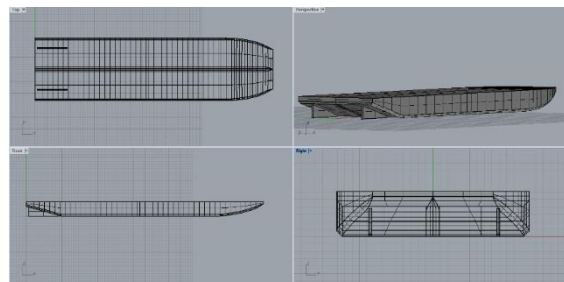
model. Serta data sekunder untuk menunjang simulasi numerik meliputi, model turbulen, kinematik *viscosity* dan variasi kecepatan kapal.

Tabel 1. Data Ukuran Utama Kapal

No.	Data Utama Kapal	Ukuran	Satuan
1.	Length Over All	100	meter
2.	Length Between Perpendicular	96	meter
3.	Breadth	26,16	meter
4.	Draft	4,74	meter
5.	Tinggi Kapal	6,10	meter
6.	Kecepatan	5,9	knot

#### Tahap 3

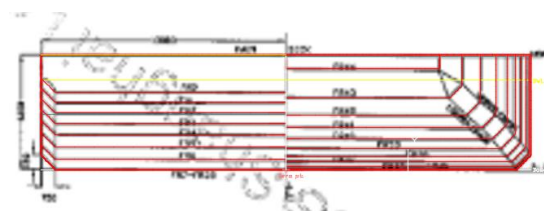
Membuat model *surface* kapal tongkang yang dilengkapi *skag* menggunakan *software modeller*. Setelah model *surface* selesai, ubah model menjadi solid dan konversi format mejadi *.stp / parasolid / 3dmax* untuk keperluan pemodelan numerik menggunakan metode CFD seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Objek

#### Tahap 4

Melakukan validasi model dengan metode *marking* pada *body plan* kapal tongkang seperti pada Gambar 3. Serta melakukan perbandingan tabel *offset breadth from CL* dan *height above BL ke upper chain, lower chain* dan *main deck* antara model asli dengan model *redrawing* dengan koreksi <0,5 [8].



Gambar 3. Validasi Model (Marking)

Tahap 5

Persiapan simulasi CFD meliputi penentuan jumlah *element* pada tahap *meshing*. Uji *Grid Independence* digunakan untuk menentukan jumlah *element* yang optimal. Titik optimal atau verifikasi yang diterima yaitu jika nilai hambatan mempunyai selisih <2% dari nilai hambatan sebelumnya [9]. Hasil *Grid Independence Test* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Grid Independence Test*

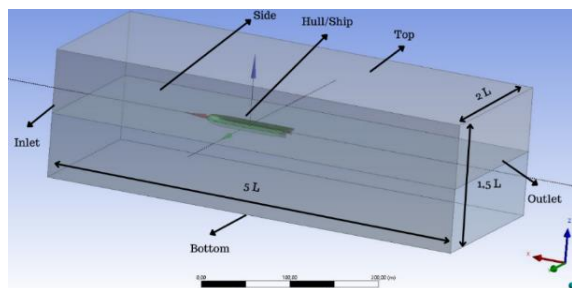
No.	Elements	Drag Force (kN)	Margin (%)
1	139855	105,112	-
2	439784	96,445	8,2460
3	865838	89,701	6,9917
4	<b>1638283</b>	<b>89,206</b>	<b>0,5528</b>

Dari Tabel diperoleh hasil selisih hambatan <2% pada simulasi ke – 4. Maka, jumlah *element* paling optimal yang dipakai pada penelitian ini adalah 1638283 *element*.

Tahap 6

Setelah model solid dan telah menentukan jumlah *element* yang optimal, langkah berikutnya yaitu simulasi CFD yang terbagi menjadi lima tahap yaitu, *Geometry*, *Meshing*, *Setup*, *Solution* dan *Result*.

Tahap *geometry* merupakan tahap awal dari analisis CFD. Model diinput ke dalamnya lalu *translate* model dengan mengubah letak koordinat titik x, y pada tengah kapal dan titik z berada pada sarat kapal. Setelah itu membuat *boundary condition* atau kolam uji dengan ukuran yang disajikan pada Gambar 4. Definisikan kolam uji berdasarkan letak *inlet*, *outlet*, *side*, *top*, *bottom* dan kapal didefinisikan sebagai *hull*.



Gambar 4. *Boundary Condition*

Setelah selesai pada tahap *geometry*, tahap selanjutnya yaitu *meshing*. *Meshing* merupakan tahap pembagian model menjadi beberapa *element* kecil agar hasil simulasi dapat berjalan dengan baik dan mendapat hasil yang paling optimal. Terdapat dua

proses *meshing* yang harus dilakukan yaitu *body sizing* dan *face sizing*.

Selanjutnya beralih ke tahap *setup* yang merupakan tahap pengaturan pada proses simulasi pada model. Pengaturan yang harus diperhatikan meliputi, jenis aliran, *gravity*, *materials*, *cell zone condition* dan *boundary condition*. Variasi kecepatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 4 knot, 5 knot, 6 knot dan 7 knot.

Setelah proses *setup* telah selesai, dilanjutkan ke proses *solution* yang merupakan tahap simulasi perhitungan atau proses *running* dengan memasukkan nilai iterasi yang dirasa cukup hingga hasil simulasi mencapai titik konvergen.

Tahap akhir dari proses simulasi CFD yang telah dilakukan adalah *result* yang dapat menampilkan hasil simulasi berupa data numerik yaitu nilai *drag force* dan nilai *velocity u* serta data visualisasi berupa kontur aliran.

Tahap 7

Hasil simulasi CFD harus dilakukan pengecekan hasil berupa uji konvergensi. Uji konvergensi merupakan pengaturan persamaan pada *solver control* untuk meminimalkan *error* pada simulasi. Untuk mengetahui simulasi yang dilakukan telah konvergen yaitu dengan melihat grafik *residual scale*. Jika seluruh komponen pada grafik *residual scale* telah melintasi nilai <math>10^{-4}</math> maka hasil simulasi dinyatakan selesai dan konvergen.

Tahap 8

Hasil simulasi selanjutnya diolah dan dilakukan pembahasan hasil. Data yang diolah berupa nilai hambatan dan bentuk pola aliran kapal tongkang hasil simulasi.

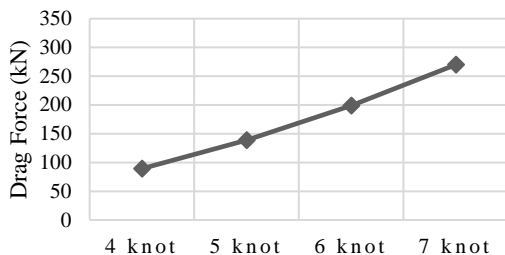
HASIL DAN PEMBAHASAN

Jika seluruh tahap simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) telah dilakukan, hasil yang diperoleh berupa nilai *drag force*, nilai *velocity u* dan bentuk kontur pola aliran. Hasil simulasi numerik pada kapal tongkang disajikan pada Tabel 3 serta diilustrasikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Tabel 3. Hasil Simulasi

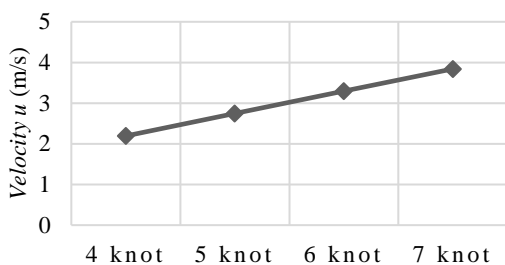
Kecepatan (knot)	Drag Force (kN)	Velocity u (m/s)
4 knot	89,206	2,1932
5 knot	138,627	2,7434
6 knot	199,082	3,2930
7 knot	269,952	3,8418

**Pengaruh Kecepatan Terhadap Hambatan**



Gambar 5. Grafik Kecepatan Terhadap Hambatan

**Pengaruh Kecepatan Terhadap Nilai Velocity u**

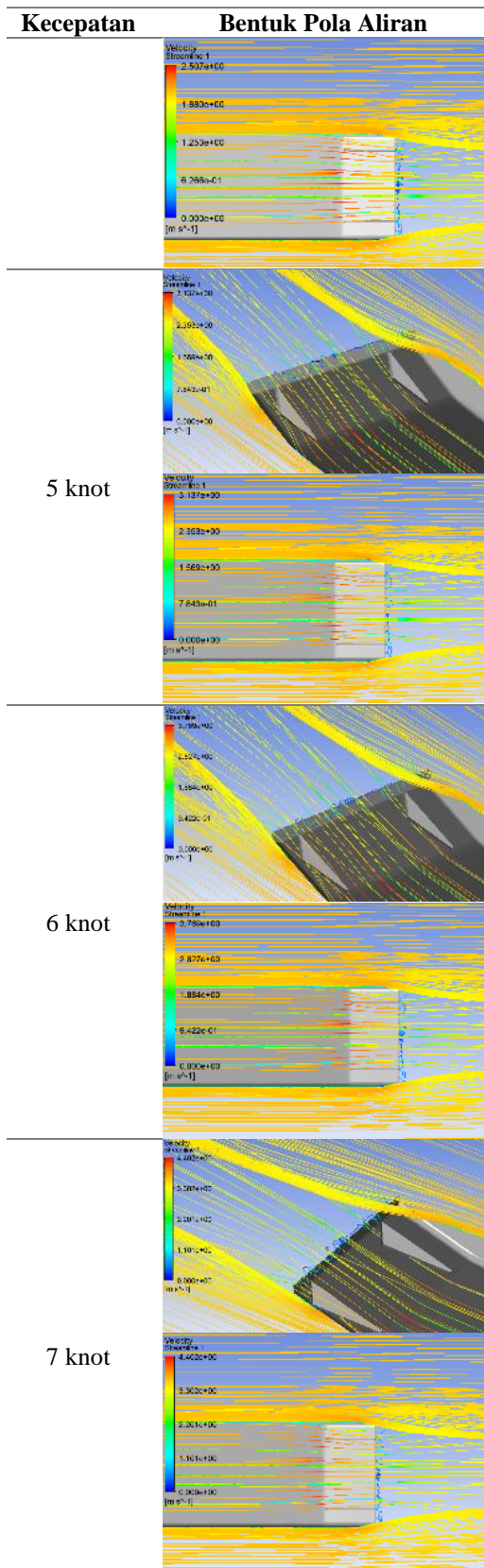
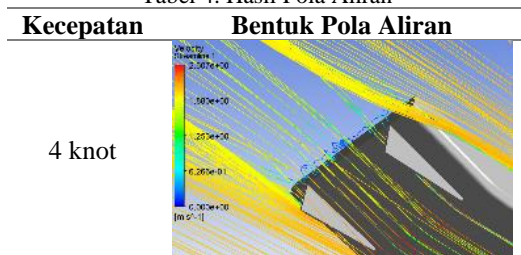


Gambar 6. Grafik Kecepatan Terhadap Nilai Velocity u

Dari hasil simulasi, nilai hambatan dan *velocity u* terbesar dihasilkan pada kecepatan 7 knot dan nilai yang paling rendah terjadi pada kecepatan 4 knot. Hal ini disebabkan oleh kapal yang mengalami gaya gesek antara fluida dengan *skag* yang relatif lebih kecil pada kecepatan 4 knot dibandingkan pada kecepatan 7 knot. Fenomena ini juga semakin dikuatkan bahwa besar hambatan berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan ( $v^2$ ) [10]. Kenaikan hambatan yang terjadi pada kecepatan 4 knot hingga 7 knot yaitu sebesar 1,8%

Selain nilai hambatan (*drag force*) dan nilai kecepatan aliran (*velocity u*), hasil simulasi yang diperoleh yaitu berupa kontur pola aliran di area sekitar kapal seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pola Aliran



Kontur warna yang ada pada Tabel 4 menjelaskan besaran dari kecepatan aliran fluida yang terjadi pada saat simulasi. Warna biru hingga merah menunjukkan kecepatan aliran fluida dari kecepatan terendah hingga tertinggi. Warna merah menunjukkan kecepatan aliran yang paling tinggi dengan nilai 3 m/s hingga 4 m/s. Warna kuning menunjukkan kecepatan aliran dengan nilai 2 m/s hingga 2,8 m/s. Warna hijau menunjukkan kecepatan aliran dengan nilai 1 m/s hingga 2 m/s. Dan warna biru menunjukkan nilai kecepatan paling rendah dengan nilai 0,09 m/s hingga 0,9 m/s.

Ditinjau dari hasil simulasi dan visualisasi bentuk pola aliran yang dihasilkan. Turbulensi yang terjadi pada kapal tongkang terletak pada area buritan kapal, hal ini terjadi karena interaksi gelombang jejak (*wake*) dan aliran air serta posisi *skeg* sehingga menciptakan turbulensi pada area buritan dibanding pada area kapal lainnya [11].

### KESIMPULAN

Setelah dilakukan simulasi numerik menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics*, dapat disimpulkan bahwa metode ini mampu menyelesaikan perhitungan hambatan kapal tongkang dengan diskretisasi persamaan *Navier-Stokes*. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Besar nilai hambatan pada kecepatan 4 knot yaitu sebesar 89,206 kN, pada kecepatan 5 knot sebesar 138,627 kN, Nilai pada kecepatan 6 knot sebesar 199,082 kN dan pada kecepatan 7 knot sebesar 269,952 kN.
2. Nilai *velocity u* yaitu sebesar 2,1932 m/s pada kecepatan 4 knot, 2,7434 m/s pada kecepatan 5 knot, 3,2930 m/s pada kecepatan 6 knot dan 3,8418 m/s pada kecepatan 7 knot.

### SARAN

Hasil simulasi secara sekilas cukup memuaskan, namun perlu ada analisis kembali menggunakan beberapa jenis *software* CFD untuk mendapatkan perbandingan atau hasil yang lebih akurat. Serta diharap adanya pengujian di laboratorium hidrodinamika untuk membuktikan analisis secara real menggunakan model maket maupun model kapal yang sesungguhnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Silalahi, U. M., Yudo, H., & Budiarto, U. 2016. Analisa Pengaruh Variasi Sarat Tongkang Terhadap Ekonomis Pemasukan (Income) Pengangkutan Muatan dan Operasional Tugboat. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(1).

- [2] Setyawan, A. B., Setiawan, I. B. T., & Arif, M. L. 2022. Analisis Perubahan Sudut *Skeg* Terhadap Tahanan Dan Olah Gerak Kapal.
- [3] Avicenna, H., & Utama, I. I. K. (2016). Analisa Pengaruh Konfigurasi *Skeg* Terhadap Hambatan dan Gerak Kapal Dengan Metode *Computational Fluid Dynamics*. Surabaya: Jurusan Teknik perkapalan, FTK, ITS.
- [4] Dwitara, I., & Santoso, A. (2013). Amiadji (2013). Analisa Aliran dan Tekanan pada Perubahan Bentuk *Skeg* Kapal Tongkang dengan Pendekatan CFD. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 1–6.
- [5] Trimulyono, A. (2014). Analisa Pengaruh Modifikasi Bentuk Haluan Kapal Terhadap Hambatan Total Dengan Menggunakan CFD. 11(1).
- [6] Haryadi, R. T., Hadi, E. S., Zakki, A. F., & Soedarto, J. (2020). Analisa Hambatan Kapal Perintis 750 DWT Akibat Penambahan *Wedge* Dengan Variasi Sudut Dan Bentuk Menggunakan *Metode Computational Fluid Dynamic* (CFD). 8(1).
- [7] Hutauruk, R. M. (2013). Simulasi Numerik Tahanan Kapal *Gillnet* Menggunakan Pendekatan *Computational Fluids Dynamics*.
- [8] Soetardjo, M. (2018). Penggunaan *Marking Table* untuk Pengukuran Dimensi Model Uji Kapal Tipe V-Form. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 7(1), 19–24.
- [9] ITTC. (1999). *Uncertainly Analysis in CFD, Example for Resistance and Flow. Recommended Procedures and Guidelines*, 13.
- [10] Harvald, S. A. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. Wiley.
- [11] Chunki, L., & Sangmin, L. (2020). *Effect of Skeg on the Wave Drift Force and Directional Stability of a Barge Using Computational Fluid Dynamics*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11), 844.