



Pengaruh Variasi Bentuk Bulbous Bow Terhadap Komponen Hambatan

Zaid Taqiya Robbani¹, Purwo Joko Suranto¹, Fajri Ashfi Rayhan¹, Shelfira Priti Chantika¹

¹Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Jakarta, Indonesia
email : zaid.taqiya@upmvj.ac.id

Abstrak

Seiring perkembangan teknologi pembuatan kapal mulai menunjukkan kepada arah yang lebih baik, kapal sebagai alat transportasi angkutan laut pilihan utama pengguna jasa dalam mengangkut kapasitas yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan hambatan kapal Roro pada bulbous bow dengan metode CFD dan variasi yang sudah dibuat dengan hambatan dipengaruhi oleh komponen gaya gesek, tekanan, daya ombak, dan kepadatan cairan. Model yang digunakan adalah cargo vehicle Roro yang sudah ditambahkan bulbous bow. Analisis hambatan kapal menggunakan metode Computational Fluid Dynamics dengan variasi kecepatan 13,5 knot ; 14,5 knot ; 15,5 knot; 16,5 knot; 17,5 knot, dan kecepatan tinggi pada fn 0,6 ; 0,8 ; dan 1,0. Penelitian ini diperoleh keefektifan pada model variasi bulbous bow dengan panjang 2 meter yang memiliki nilai komponen hambatan lebih kecil dibandingkan 3 model lainnya. Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dan memberikan pemahaman mengenai hambatan kapal dengan variasi bulbous bow.

Kata kunci: Hambatan, bulbous bow, CFD

1. Pendahuluan

Kapal merupakan salah satu alat transportasi angkutan laut yang menjadi pilihan utama pengguna jasa dari berbagai sarana dan macam-macam bisnis yang dapat mengangkut dalam kapasitas lebih besar dibanding sarana transportasi lain. Hal ini dikarenakan meningkatnya kebutuhan di dunia akan transportasi untuk mendistribusikan barang melalui laut, menyebabkan permintaan semakin tinggi untuk kapal dengan daya muat yang besar. Cara menambah daya pada muatan kapal dengan merancang suatu bentuk lambung kapal dengan hambatan yang kecil. Berbagai penelitian sudah dilakukan untuk mendapatkan suatu bentuk kapal dengan hambatan yang kecil. Pada akhir tahun 1950 dilakukan sebuah penelitian, dari penelitian tersebut didapatkan cara untuk mengurangi drag pada kapal barang, sehingga bulbous bow menjadi sebuah solusi untuk mengurangi hambatan kapal.

Penggunaan bulbous bow dengan berbagai bentuk tertentu yang terletak pada haluan kapal menunjukkan bahwa bulbous bow dapat mengurangi gelombang yang ditimbulkan oleh haluan kapal, bentuk bulbous bow mempunyai peranan penting dalam manfaat yang diberikan. Bulbous bow akan memberikan performa yang baik pada saat kapal bergerak melampaui batas kecepatan tertentu dimana kapal bergerak dengan kecepatan tinggi. Bentuknya sangat bergantung pada besarnya Froude Number, nilai Fn tidak hanya ditentukan oleh kecepatan kapal saja tetapi juga oleh panjang kapal. Dengan mengetahui variasi bentuk bulbousbow pada lambung kapal terhadap hambatan kapal, dan displacement yang tetap, variasi pada sarat air, perubahan kecepatan, analisis dapat dilakukan dengan menggunakan software yang dapat membantu mengetahui hambatan kapal. Penggunaan bulbous bow dengan berbagai bentuk tertentu yang terletak pada haluan kapal menunjukkan bahwa bulbous bow dapat mengurangi gelombang yang ditimbulkan oleh haluan kapal, bentuk bulbous bow mempunyai peranan penting dalam manfaat yang diberikan. Bulbous bow akan memberikan performa yang baik pada saat kapal bergerak melampaui batas kecepatan tertentu dimana kapal bergerak dengan kecepatan tinggi. Bentuknya sangat bergantung pada besarnya Froude Number, nilai Fn tidak hanya ditentukan

* Email Penulis Koresponden:

oleh kecepatan kapal saja tetapi juga oleh panjang kapal. Dengan mengetahui variasi bentuk bulbousbow pada lambung kapal terhadap hambatan kapal, dan displacement yang tetap, variasi pada sarat air, perubahan kecepatan, analisis dapat dilakukan dengan menggunakan software yang dapat membantu mengetahui hambatan kapal.

2. Tinjauan Pustaka

Bulbous bow

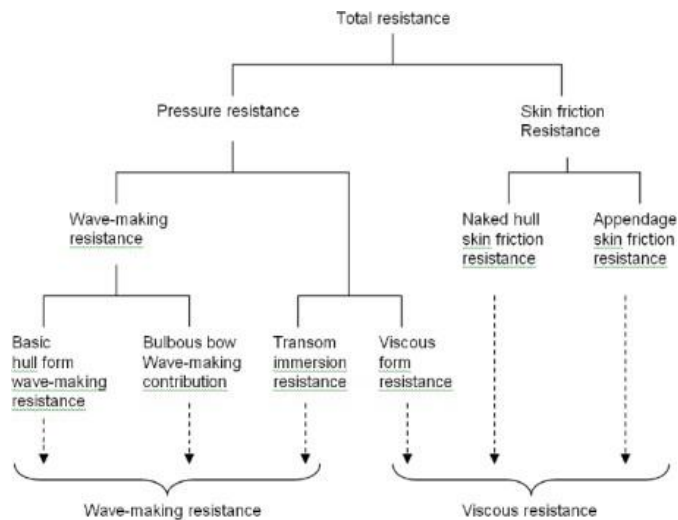
Beberapa definisi dari arti *bulbous bow* adalah bagian tambahan pada bagian depan kapal yang dapat terciptanya wave making resistance waktu yang berbeda pada interval sebagai aksi dan reaksi yang terbentuk untuk memotong gelombang yang terbagi menjadi gelombang alami yang tercipta di bagian haluan dan gelombang buatan yang akan mereduksi pada tingginya gelombang di bagian haluan sehingga dapat mereduksi nilai signifikan dari gelombang tersebut. Dalam bukunya *Design of Bulbous Bow* yang menyatakan bahwa bulbous bow secara teoritis dengan bentuk tertentu yang bekerja dengan cara mempercepat aliran fluida pada permukaan bulbous bow, sehingga dapat menimbulkan daerah dengan tekanan yang rendah di permukaan fluida (Kracht, 1970).

Pengaruh *Bulbous bow* pada hambatan kapal

Pengaruh *Bulbous bow* dapat memberikan dampak dalam mendesain suatu kapal, konstruksi kapal, pembuatan kapal, dan pengoperasian kapal yang berkaitan dengan karakteristik sea keeping, hambatan dalam berlayar, karakteristik propulsi, effective drag, trim dan terutama pada hambatan. Perubahan permintaan pada power atau kekuatan dengan bulbousbow yang bertolak belakang dengan normal bow dapat menyebabkan perubahan dalam tekanan tarik yang disebabkan oleh adanya efek pemindahan gelembung dan efek sirip, perubahan dalam tahanan pemecah gelombang, dan peningkatan tahanan pada gesekan.

Hambatan

Hambatan merupakan hal yang penting untuk diperhitungkan dalam merancang lambung kapal. Hambatan kapal dipengaruhi oleh beberapa komponen seperti gaya gesek, tekanan, gelombang, dan kekentalan cairan. Bentuk bulbous bow kapal merupakan salah satu hal yang penting, karena sangat menentukan besarnya hambatan. Pada kondisi kapal bergerak di permukaan air (sebagian berada di atas air dan sebagian tercelup dalam air), hambatan terbesar diberikan oleh air, sedangkan untuk hambatan udara besarnya sangat kecil.



Gambar 1. komponen dan dimensi *step hull*

Pemodelan

Dalam pemodelan kajian ini menggunakan ukuran kapal, *boundary* dan *meshing* yang sudah ditentukan. Tabel 1 menjelaskan tentang data ukuran kapal yang digunakan pada penelitian ini. *Meshing* adalah Tahapan yang berguna untuk memecah geometri suatu objek menjadi element-element kecil berbentuk tetrahedron, hexahedron ataupun campuran sehingga program dapat melakukan komputasi model geometri dengan lebih akurat dan tepat.

Meshing ini berpengaruh terhadap akurasi, konvergensi, serta kecepatan program dalam melakukan perhitungan komputasi.

Table 1 Ukuran utama kapal

Parameter	Nilai	Satuan
LOA	117,52	m
LPP	108,06	m
B	17,2	m
H	13	m
T	4,5	m
Vs	9,002	m/s
WSA	1948,418	m ²

Boundary merupakan domain dari komputasi yang dibuat untuk luasan area perhitungan yang akan dilakukan. Pada penelitian ini boundary akan diatur sebagai berikut :

- Inlet: Menggunakan arah datang tekanan beserta kecepatan fluida dan juga Fn dengan mengikuti batas dasar boundary.
- Outlet: Menggunakan Relative Pressure sebesar 0 Pa
- Wall: Objek pada analisa itu sendiri yang pada penelitian ini berupa lambung kapal, wall berkondisi No-Slip dimana kecepatan aliran fluida melewati model adalah mendekati nol.
- Hull: adalah lambung kapal tepatnya dibawah sarat air.

3. Hasil dan Pembahasan

I. Variasi kecepatan

Pada perhitungan hambatan total melalui simulasi dilakukan dengan berbagai variasi kecepatan, yang dilakukan pada keempat model yaitu 13.5 knot, 14.5 knot, 15.5 knot, 16.5 knot, 17.5 knot, untuk kecepatan tinggi menggunakan fn 0,6; 0,8; 1,0. Kemudian untuk mendapatkan kecepatan dari kapal, digunakan rumus froude number, kemudian variasi kecepatan tersebut dipakai untuk model 1- model 4.

Kecepatan (Knot)	<i>Froude Number</i>	m/s
13.5	0.21341588	0.978661
14.5	0.22922446	1.051155
15.5	0.22922446	1.123648
16.5	0.26084061	1.196137
17.5	0.27662631	1.268525

<i>Froude Number</i>	m/s
0.6	0.978661
0.8	1.051155

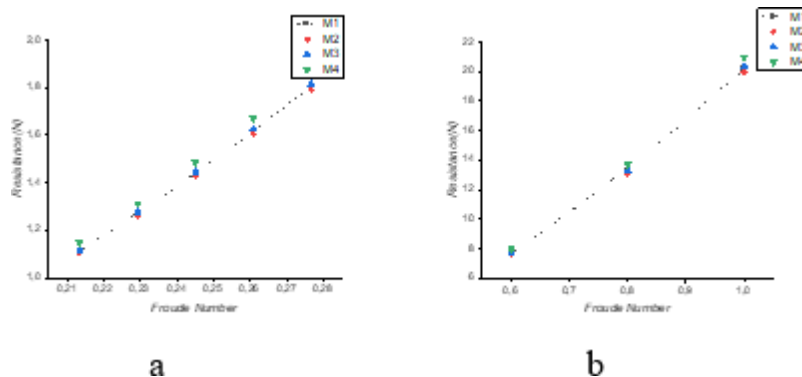
1.0	1.123648
-----	----------

II. Hambatan total (RT)

Hambatan Total didapatkan setelah menganalisis dengan berbagai variasi kecepatan dan kecepatan tinggi. Dalam proses analisis suatu hambatan umumnya menggunakan metode empiris mengacu pada ITTC pengujian pada towing tank.

<i>Froude Number</i>	<i>Resistance Model 1(N)</i>	<i>Resistance Model 2(N)</i>	<i>Resistance Model 3(N)</i>	<i>Resistance Model 4(N)</i>
0.21341588	1.11251	1.1043	1.11789	1.114835
0.22922446	1.27191	1.26219	1.27852	1.3133
0.22922446	1.4385	1.42747	1.4464	1.48582
0.26084061	1.6175	1.60512	1.62634	1.67098
0.27662631	1.80625	1.7919	1.81624	1.86567

<i>Froude Number</i>	<i>Resistance Model 1(N)</i>	<i>Resistance Model 2(N)</i>	<i>Resistance Model 3(N)</i>	<i>Resistance Model 4(N)</i>
0.6	7.70267	7.62806	7.75662	7.97605
0.8	13.2162	13.0792	13.3171	13.6962
1.0	20.2084	19.9859	20.3682	20.9583



Gambar 2. a. Grafik Hambatan Total (RT) b. Grafik Hambatan Total Kecepatan Tinggi (RT)

Dapat dilihat pada model m₂ bulbous bow dengan variasi panjang 2 meter memiliki hambatan paling rendah dibandingkan dengan ketiga variasi (m₁, m₃, m₄) dengan metode CFD. Besar penyimpangannya rata-rata nilai hambatan total model bulbous bow m₂ dan m₃ sebesar 1,3%, sedangkan untuk model bulbous bow m₂ dan m₄

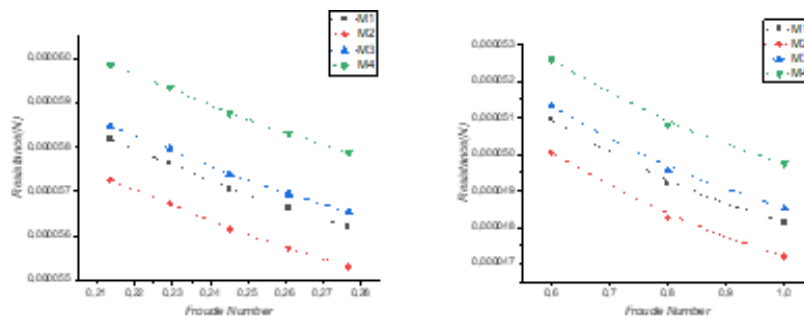
sebesar 4%. Nilai hambatan total pada model bulbous bow variasi panjang atau m2 memiliki nilai hambatan yang lebih kecil dibandingkan dengan m3 dan m4. Hal ini terjadi karena bulbous bow yang memiliki variasi dengan tambahan panjang mendapat luasan area yang terhitung lebih kecil daripada model original. Dapat disimpulkan bahwa suatu kapal dapat mempengaruhi hambatannya dari bentuk bulbous bow kapal.

III. Koefisien Habatan total (CT)

Koefisien hambatan total didapatkan dari rasio antara hambatan total kapal (RT) dan komponen-komponen yang mempengaruhi hambatan kapal seperti massa jenis fluida, luas permukaan basah kapal, dan kecepatan kapal.

Froude Number	Resista nce Model 1(N)	Resista nce Model 2(N)	Resista nce Model 3(N)	Resistance Model 4(N)
0.2134 1588	0.0581 61178	0.0572 60666	0.0584 65996	0.0598 51602
0.2292 2446	0.0576 39099	0.0567 31673	0.0579 61997	0.0593 33092
0.2292 2446	0.0570 48375	0.0561 48796	0.0573 84795	0.0587 45127
0.2608 4061	0.0566 07845	0.0557 15994	0.0569 4016	0.0583 00975
0.2766 2631	0.0562 04827	0.0553 03112	0.0565 38463	0.0578 76574

Frou de Numb er	Resistan ce Model 1(N)	Resistan ce Model 2(N)	Resistan ce Model 3(N)	Resistan ce Model 4(N)
0.6	0.05094 7341	0.05004 1968	0.05132 4858	0.05259 45
0.8	0.04917 1036	0.04826 4075	0.04956 6406	0.05080 133
1.0	0.04811 8786	0.04720 0488	0.04851 8838	0.04975 2055



Gambar 3. a. Grafik Koefisien Hambatan Total (CT) b. Grafik Koefisien Hambatan Total Kecepatan Tinggi (CT)

Dapat dilihat perbedaan nilai koefisien hambatan total (CT) dari keempat model. Nilai koefisien hambatan dari fn 0,22-0,27 yang mengalami penurunan secara signifikan, kemudian pada koefisien hambatan total kecepatan

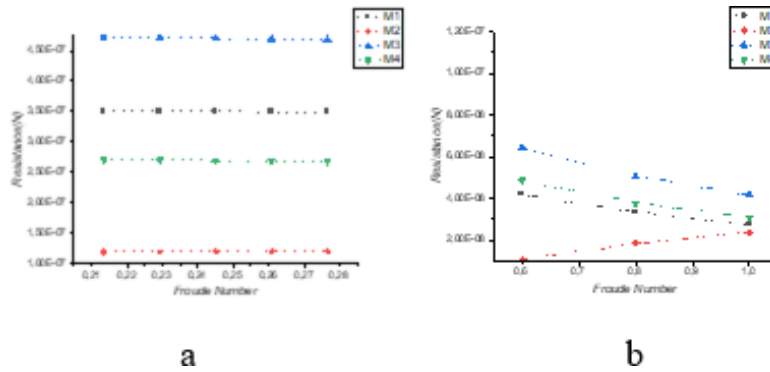
tinggi (CT) juga mengalami penurunan, yang disebabkan karena semakin tinggi kecepatannya akan semakin kecil hambatannya. Pada m1 nilai koefisien hambatan total di kecepatan 0,22-0,27 mengalami kenaikan sebesar 1,035%, pada m2 di kecepatan 0,22-0,27 mengalami kenaikan 1,038%, pada m3 di kecepatan 0,22-0,27 juga mengalami kenaikan sebesar 1%, begitu juga dengan m4 yang mengalami kenaikan 1%. Terjadi penyimpangan rata-rata antara m2 model bulbous bow variasi panjang dan m3 dengan variasi tinggi yang nilai koefisien hambatan totalnya sebesar 2,1% sedangkan untuk m2 dan m4 memiliki nilai koefisien hambatan sebesar 4,5%. Pada model m1 dan m3 terjadi penyimpangan rata-rata sebesar 0,57%, sedangkan penyimpangan rata-rata nilai koefisien untuk m1 dan m4 sebesar 2,9%, perbedaan ini terjadi karena adanya perubahan pada model yang dipengaruhi nilai Wetted Surface Area (WSA).

IV. Koefisien Hambatan Viskositas (CV)

Nilai CV didapatkan dari perkalian antara nilai $1+k$ atau form factor dengan nilai koefisien hambatan gesek. Nilai $1+k$ didapatkan dengan menggunakan metode prohaska pada nilai hambatan pada kecepatan rendah atau pada froude number 0,1-0,25.

<i>Froude Number</i>	<i>Resistance Model 1(N)</i>	<i>Resistance Model 2(N)</i>	<i>Resistance Model 3(N)</i>	<i>Resistance Model 4(N)</i>
0.213416	3.50394E-10	1.18908E-08	4.73027E-10	2.70522E-10
0.229224	3.50394E-10	1.19244E-08	4.71788E-10	2.70009E-10
0.245033	3.49826E-10	1.19241E-08	4.69994E-10	2.69093E-10
0.260841	3.49424E-10	1.19405E-08	4.69294E-10	2.68601E-10
0.276626	3.49342E-10	1.19631E-08	4.68309E-10	2.6782E-10

<i>Froude Number</i>	<i>Resistance Model 1(N)</i>	<i>Resistance Model 2(N)</i>	<i>Resistance Model 3(N)</i>	<i>Resistance Model 4(N)</i>
0,6	4,20626E-8	1,06918E-8	6,45256E-8	4,8603E-8
0,8	3,3118E-8	1,86007E-8	5,04537E-8	3,76997E-8
1	2,7577E-8	2,35875E-8	4,16921E-8	3,08702E-8



Gambar 4. a. Grafik Koefisien Hambatan Viskositas (CV) b. Grafik Koefisien Hambatan Viskositas Kecepatan Tinggi (CV)

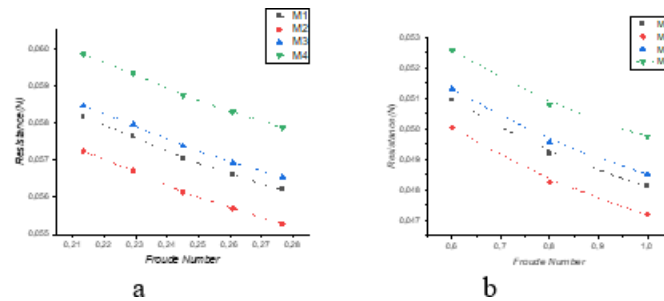
Nilai dari keempat model terjadi pada m1 yang memiliki perbedaan nilai dengan model lambung m4 sekitar 10%. Sedangkan pada m1 memiliki nilai koefisien viskositas 51% lebih kecil dibanding dengan m2. Hasil dari koefisien hambatan viskositas dari keempat model cenderung menurun karena koefisien hambatan viskositas berbanding lurus dengan nilai koefisien hambatan gesek (C_f) karena adanya pengaruh gesekan dalam menghitung nilai koefisien hambatan viskositas.

V. Koefisien Hambatan Gelombang (CW)

Nilai CW didapatkan dengan menggunakan rumus, sehingga nilai CW yang didapat adalah sebagai berikut.

<i>Froude Number</i>	<i>Resistance Model 1(N)</i>	<i>Resistance Model 2(N)</i>	<i>Resistance Model 3(N)</i>	<i>Resistance Model 4(N)</i>
0.213416	0,05816	0,05725	0,05847	0,05985
0.229224	0,05764	0,05672	0,05796	0,05933
0.245033	0,05705	0,05614	0,05738	0,05874
0.260841	0,05661	0,0557	0,05694	0,0583
0.276626	0,0562	0,05529	0,05654	0,05788

<i>Froude Number</i>	<i>Resistance Model 1(N)</i>	<i>Resistance Model 2(N)</i>	<i>Resistance Model 3(N)</i>	<i>Resistance Model 4(N)</i>
0,6	7,70266	7,62804	7,75661	7,97604
0,8	13,21619	13,07919	13,31709	13,69619
1	20,20839	19,98589	20,36818	20,95829



Gambar 5. a. Grafik Koefisien Hambatan Gelombang (CW) b. Grafik Koefisien Hambatan Gelombang Kecepatan Tinggi (CW)

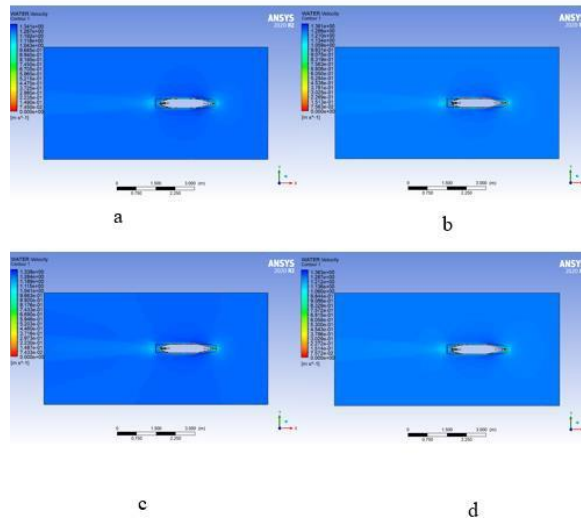
Koefisien hambatan gelombang pada keempat model terjadi kenaikan pada *froude number* 0,21-0,22, grafik cenderung menurun. Pada m_1 kenaikan nilai hambatan sebesar 1,035%, m_2 di kecepatan fn 0,21-0,22 mengalami kenaikan sebesar 1,038%, m_3 mengalami kenaikan nilai hambatan sebesar 1% pada fn 0,21-0,22, dan m_4 terjadi pada fn 0,21-0,22 terjadi kenaikan sebesar 1,005%. Nilai hambatan cenderung menurun yang diakibatkan terjadinya *wave breaking* dan *spray* (Anggara, 2012). Dapat dilihat adanya perbedaan nilai antara keempat model *bulbous bow*. Nilai koefisien hambatan gelombang antara m_2 dan m_3 mengalami penyimpangan sebesar 2,1%, dan nilai penyimpangan koefisien hambatan gelombang m_2 dan m_4 sebesar 4,4% . Lalu penyimpangan rata-rata yang terjadi antara m_1 dengan m_3 sebesar 0,56%, sedangkan penyimpangan rata-rata antara m_1 dengan m_4 sebesar 2,8%.

Koefisien hambatan gelombang kecepatan tinggi pada keempat model terjadi kenaikan pada *froude number* 0,6–1,0, grafik cenderung menurun. Pada m_1 kenaikan nilai hambatan sebesar 2,18 %, m_2 di kecepatan fn 0,6-1,0 mengalami kenaikan sebesar 2,2%, m_3 mengalami kenaikan nilai hambatan sebesar 2,15% pada fn 0,6-1,0, dan m_4 terjadi pada fn 0,6-1,0 terjadi kenaikan sebesar 2,109%. Nilai hambatan cenderung menurun yang diakibatkan terjadinya *wave breaking* dan *spray* (Anggara, 2012).

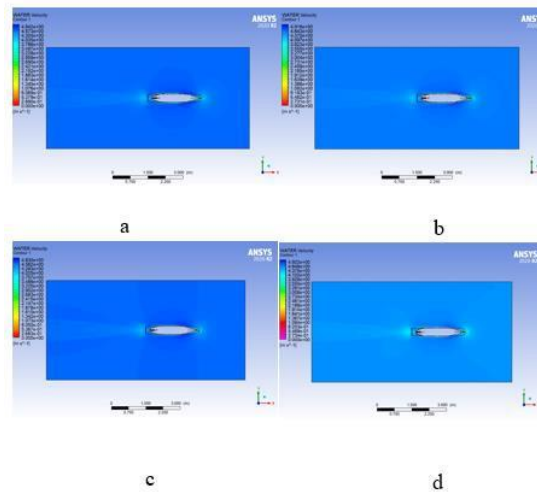
Dapat dilihat adanya perbedaan nilai antara keempat model *bulbous bow*. Nilai koefisien hambatan gelombang antara m_2 dan m_3 mengalami penyimpangan sebesar 2,6%, dan nilai penyimpangan koefisien hambatan gelombang m_2 dan m_4 sebesar 4,9% . Lalu penyimpangan rata-rata yang terjadi antara m_1 dengan m_3 sebesar 0,78%, sedangkan penyimpangan rata-rata antara m_1 dengan m_4 sebesar 3,2%.

VI. Contour

Proses analisis yang sudah didapatkan kemudian dapat diketahui karakteristik daripada contour terhadap gelombang yang sudah didapatkan dari CFD-Post dengan setting pada software supaya dapat melihat hasil dari kecepatan model kapal yang mempengaruhi gerakannya.



Gambar 6. a. Contour m_1 , b. Contour m_2 , c. Contour m_3 d. Contour m_4



Gambar 7. a. Contour m_1 , b. Contour m_2 , c. Contour m_3 d. Contour m_4

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan ini menunjukkan bahwa perubahan variasi pada bulbous bow dapat memberikan efisiensi pada kapal dengan tambahan bentuk variasi yang berbeda dengan Model 2 sebagai model yang terbaik dan cukup efisiensi.

Walau bagaimanapun, perubahan yang terlalu jauh akan mengurangi efisiensi suatu kapal tersebut. Sehingga apabila ingin mendapatkan peningkatan efisiensi harus diperhatikan perubahan dari lambung kapal tersebut agar tidak terlalu berbeda jauh.

Referensi

- Dani, P. A., Rubiono, Gatut., Mukhtar, Anas. (2019). Analisa Hidrodinamika 7 (Tujuh) Bentuk Haluan Kapal (Bulbous) dengan Laju Kecepatan Konstan.
- Darmawan, B. D. (2014). Review Hambatan Kapal. Naval Architecture UNDIP.
- Romadhoni. (2017). Analisa Perbandingan Bentuk Lambung Bulbous Bow Kepala Hiu Martil Terhadap Hambatan Total Kapal.

- Sulistiyawati, W., Perkapalan, P. T. (2014). Optimasi Ukuran Utama Dan Studi Parametrik Bentuk Bulk Carrier Untuk Perairan Dangkal. Volume 10, 1 – 9.
- Yanuar, & Retnani A. A. (2006). Variasi Bentuk Bulbousbow pada Model Kapal Cargo Terhadap Hambatan.
- Fitri, Sutopo Purwono. (2017). Metodologi Penelitian. Surabaya: Jurusan Teknik Kracht, Alfred M. 1978. Design of Bulbous Bow. Anonim: SNME Transactions.
- Wiradikna Yafi Dresta Adi. (2016). Perencanaan Bulbous Bow Tipe Baru Dengan Konsep Moncong Ikan Layar (Sailfish) Terhadap Nilai Resistance Total Pada Kapal Fast Seagoing Cargo Ship Dengan Menggunakan Maxsurf dan CFD.
- ITTC. (2002). Testing and Extrapolation Methods Resistance Test. In ITTC - Recommended Procedures (pp. 1–11).