

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

Edi Jadmiko¹⁾, Tony Bambang Musriyadi²⁾, Yafi Dresta Adi Wiradikna²⁾
Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Email: gusjadmiko@gmail.com

Abstract – Bulbous bow adalah lambung tambahan pada bagian depan kapal yang digunakan oleh desainer sebagai andalan untuk mereduksi wave making resistance dengan cara memanipulasi gelombang pada haluan kapal agar gelombang yang dihasilkan adalah kecil. Ikan Layaran atau biasa disebut ikan *Sailfish* di dunia barat adalah seekor ikan laut yang dinobatkan sebagai ikan tercepat di dunia dengan kecepatan gerak maksimal mencapai 110 km/h dan memiliki ciri-ciri kepala dengan moncong yang tajam. Berdasarkan permasalahan diatas, penulis berkeinginan untuk mengembangkan desain bulbous bow konvensional ke bulbous bow tipe ikan layar dengan hipotesis memperkecil tekanan pada bagian haluan agar menghasilkan gelombang yang relatif lebih kecil dibandingkan bulbous bow konvensional yang pada waktu tertentu menghasilkan gelombang terlalu besar sehingga interferensi gelombang sedikit belum efisien. Penelitian kali ini menggunakan metode campuran dan menganalisis dengan menggunakan CFD. Berdasarkan hasil pengujian nilai tahanan kapal, bulbous bow konvensional masih memiliki nilai tahanan kapal rata-rata lebih kecil 32% dibandingkan *sailfish* bulb dikarenakan pada *sailfish* bulb memiliki bentuk yang terlalu lancip sehingga tekanan fluida pembuat gelombang terlalu kecil dan berakibat tidak efisiennya proses interferensi gelombang. Dengan demikian, maka penggunaan *sailfish* bulbous bow dengan rancangan tersebut pada kapal ro-ro dapat dikatakan tidak lebih atau belum efisien dibandingkan bulb konvensional.

Kata kunci: Bulbous Bow, *Sailfish*, Tahanan Kapal, Gelombang

I. PENDAHULUAN

Pada abad ke-21 ini teknologi maritim khususnya di dunia perkapalan mengalami perkembangan yang sangat pesat dengan ditandai oleh terciptanya teori-teori dan inovasi-inovasi yang dianggap lebih efisien dibandingkan teori-teori atau inovasi sebelumnya. Hal tersebut tentunya menarik minat para ilmuwan, pakar serta mahasiswa akan pentingnya inovasi dalam suatu bidang tertentu yang diharapkan lebih baik. Ditemukannya teori dan inovasi berawal dari sebuah pengamatan terhadap suatu objek tertentu yang dianggap memiliki nilai-nilai karakteristik yang diperlukan untuk melengkapi kekurangan pada inovasi sebelumnya.

Bulbous bow adalah lambung tambahan pada bagian depan kapal yang digunakan oleh desainer sebagai andalan untuk mereduksi *wave making resistance* dengan cara memanipulasi gelombang pada haluan kapal agar gelombang yang dihasilkan adalah kecil [1]. Penambahan bentuk bulbous bow juga memiliki kelebihan

dan kerugian, kerugian yang dimiliki oleh bulbous bow tersebut adalah mengalami penambahan luasan air yang tercelup (*Wetted Surface Area*), penambahan berat konstruksi, dan mengurangi muatan. Permasalahan lainnya ketika diadakan penambahan *bulbous bow* adalah pada saat gelombang yang dihasilkan oleh bulbous bow terlalu besar atau terlalu kecil akibat variasi kecepatan sehingga tidak dapat digunakan untuk menginterferensi gelombang. Adapun seperti permasalahan tersebut pemasangan bulbous bow dapat dikatakan merugikan serta pemasangan bulbous bow diperlukan pengujian khusus.

Ikan Layaran atau biasa disebut ikan *Sailfish* di dunia barat adalah seekor ikan laut yang dinobatkan sebagai ikan tercepat di dunia dengan kecepatan gerak maksimal mencapai 110 km/h. Ikan layar memiliki ciri-ciri fisik yaitu seperti ikan marlin dan ikan pedang dengan ciri khas memiliki bentuk kepala yang lancip disertai dengan moncong [2]. Berdasarkan pengamatan

melalui media dan pengujian terhadap model ikan layaran gelombang yang dihasilkan oleh obyek tersebut cenderung tenang dengan hipotesis bahwa benda dengan bentuk ramping dan cenderung lancip memiliki tekanan fluida yang lebih rendah dibandingkan dengan benda yang memiliki bentuk tumpul dan lebar. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui grafik tahanan sisa yang dibuat oleh Harvrad dan Gulddhammer dimana dengan nilai *Froude Number* yang sama benda berbentuk ramping ditandai dengan nilai *Prismatic Coefficient* (C_p) rendah memiliki nilai tahanan sisa yang lebih kecil.

Berdasarkan permasalahan yang ada, penulis berkeinginan untuk mengembangkan desain bulbous bow konvensional ke bulbous bow tipe ikan layar dengan hipotesis memperkecil tekanan pada bagian haluan agar menghasilkan gelombang yang relatif lebih kecil dibandingkan bulbous bow konvensional yang pada waktu tertentu menghasilkan gelombang terlalu besar sehingga interferensi gelombang tidak efisien.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tahanan Kapal

Tahanan kapal adalah suatu gaya yang bekerja pada kapal ketika kapal bergerak dengan kecepatan tertentu, atau dapat dikatakan suatu gaya yang dibutuhkan kapal untuk bergerak pada kecepatan tertentu. Tahanan kapal atau dengan tekanan fluida yang bekerja akibat pergerakan kapal, atau bisa disebut dengan sebutan hydrodynamic pressure.

Tekanan hidrodinamik bekerja karena adanya benturan antara aliran dengan badan kapal. Tahanan Kapal terbagi menjadi dua jenis, yaitu tahanan yang bereaksi dengan fluida cair dan tahanan yang bereaksi dengan fluida gas.

Berdasarkan teori dan rumus yang dikemukakan oleh Harvald and Guulddhammer, tahanan tersusun dari beberapa komponen yaitu kecepatan (V), luas permukaan basah (S), kerapatan massa (ρ), dan beberapa koefisien lainnya (C_t) [3]. Berikut adalah rumus tahanan total:

$$R_t = \frac{1}{2} \rho C_t S V^2 \quad (1)$$

Tahanan kapal yang berhubungan dengan fluida cair dan fluida gas dibagi lagi menjadi beberapa bagian:

Tahanan Gesek

Disebabkan oleh pergerakan kapal terhadap fluida cair yang memiliki kerapatan massa seperti air laut yang kemudian bereaksi dengan permukaan basah kapal sehingga menimbulkan terjadinya gesekan antara lambung dengan fluida.

Berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh International Towing Tank Conference 1957 yang dijelaskan pada buku Tahanan Propulsi Kapal komponen penyusun tahanan gesek disebutkan sebagai koefisien tahanan gesek (C_f), dimana tahanan tersebut dipengaruhi oleh Reynolds Number (Re) value [3]. Berikut adalah rumus yang dikemukakan oleh I.T.T.C 1957 [4]:

$$Re = \frac{V L}{\nu} \quad (2)$$

$$C_f = \frac{0.075}{(\log_{10} Re - 2)^2}, \quad (3)$$

Tahanan Gelombang

Adalah suatu fenomena gelombang yang akibat adanya olah gerak kapal. Tahanan gelombang adalah salah satu nilai tahanan yang memiliki nilai ketidak pastian yang cukup tinggi, hal tersebut dipengaruhi oleh fenomena aliran yang terjadi pada kapal. Fenomena gelombang pada permukaan air memiliki dua tipe yang berbeda, yaitu gelombang transversal, dan gelombang divergent.

Beberapa pencetus teori menggunakan metode pendekatan untuk mengetahui nilai tersebut seperti metode Holtrop, dan beberapa lagi menggunakan metode percobaan. Menurut Sv.Aa. [3] Harvald menjelaskan ketika suatu objek bergerak pada fluida potensial, maka kecepatan partikel fluida dari titik ke titik akan berubah. Oleh karena itu, benda benda yang bergerak secara horizontal di area permukaan air akan menyebabkan fenomena gelombang di permukaan tersebut.

Tahanan Appendages

Adalah tahanan kapal yang terjadi karena penambahan bentuk tubuh kapal seperti proteksi, lekukan, dll. Conoh dari penyebab tahanan appendages adalah bilge keel, fin stabilizer, rudder, bulbous bow, bow thruster, dan lain-lain.

Tahanan Udara

Adalah fenomena yang disebabkan oleh gesekan udara yang terjadi antara freeboard atau kapal dengan udara bebas yang mengakibatkan tahanan udara. Tahanan udara memiliki prinsip

yang sama dengan tahanan gelombang tetapi memiliki jenis fluida yang berbeda.

Bulbous Bow

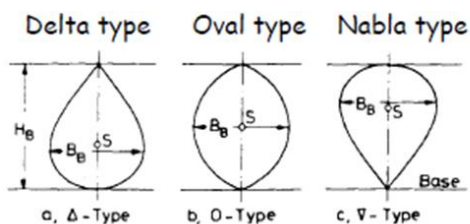
Menurut [1] menjelaskan bahwa bulbous bow secara teoritis dalam bentuk tertentu bekerja mempercepat aliran di area permukaan air di atas bulb, sehingga menimbulkan daerah dengan tekanan rendah pada permukaan air. Daerah tekanan rendah kemudian bereaksi dengan tekanan yang dihasilkan oleh gelombang akibat lambung haluan sehingga mengurangi efek gelombang yang tercipta oleh lambung haluan yang kemudian akan mereduksi tekanan pada lambung dan mereduksi nilai tahanan gelombang.

Menurut Manuel pada power point slide dengan judul Bulbous Bow Design and Construction [5] secara umum bulbous bow tidak selalu bekerja efektif pada tipe kapal tertentu, hal tersebut dibatasi oleh nilai Froude number sehingga bulbous bow mampu bekerja efektif, yaitu pada $0.238 < Fn < 0.563$.

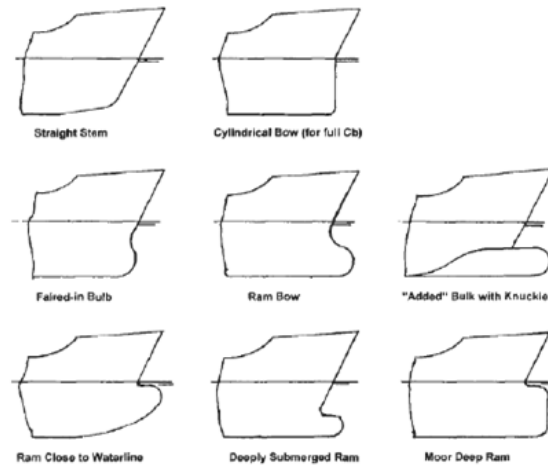
Pengaruh bulbous bow berperan dalam mereduksi tahanan pada kapal relative pada kecepatan tinggi, yang tentunya mereduksi nilai effective horse power, namun pada kapal dengan kecepatan rendah penggunaan bulbous bow justru tergolong merugikan karena menambah nilai tahanan kapal, mengurangi Deadweight ton, dan menambah berat konstruksi.

Menurut Kracht pada bukunya Design of Bulbous Bow mengatakan bahwa bulbous bow memiliki tipe yang berbeda, pada tampak potongan melintang bulb memiliki 3 tipe bulbous bow, oval type, delta type dan nabla type [1]. Bulbous bow juga memiliki tipe yang berbeda pada bentuk memanjangnya memiliki 6 tipe yaitu, Cylindrical bow, Faired-in Bulb, Ram Bow, Added bulb with Knuckle, Ram bow close to waterline, Deeply Submerged Ram, and Moor Deep Ram Bow.

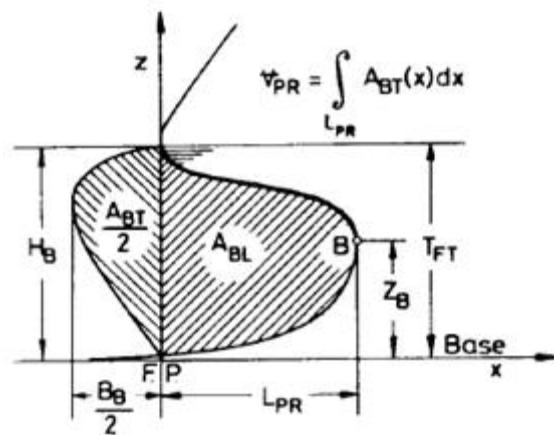
Buku Design of Bulbous bow juga menjelaskan bagaimana cara mendesain bulbous bow berdasarkan teori dimensi seperti koefisien-koefisien bentuk, bentuk, dan lain-lain [1].



Gambar 1 Tipe bulbous bow (transversal)



Gambar 2 Tipe bulbous bow (longitudinal)



Gambar 3 Koefisien bulbous bow

Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode computer aided yang digunakan untuk simulasi fluid flow, heat transfer, chemical reactions, dan fenomena aliran lainnya dengan menyelesaikan perhitungan Navier Stokes [6]. Computational Fluid Dynamics proses terbagi menjadi tiga tahap yaitu:

1. Pre Processor
2. Solver Manager
3. Post Processor

III. METODOLOGI

Pada penelitian kali ini penulis menggunakan metode campuran dengan metode dasar teori sebagai metode kualitatif dan metode perbandingan sebagai kuantitatif, dimana penulis akan membuat desain baru berdasarkan hasil pengamatan dan membandingkan hasil penelitian untuk mendapatkan kesimpulan [7].

Metode teori dasar adalah metode yang memperbolehkan peneliti untuk mengembangkan suatu desain atau teori berdasarkan dari hasil pengamatan. Metode perbandingan adalah membandingkan hasil penelitian baik sebelum maupun sesudah. Pada penelitian yang dilakukan kali ini dapat dikatakan menggunakan metode teori dasar yaitu penulis melakukan perancangan baru berdasarkan pengamatan dan studi, dan dapat dikatakan sebagai metode perbandingan yaitu penulis membandingkan hasil simulasi dari bulbous bow konvensional dan bulbous bow dengan desain baru

Perumusan Masalah

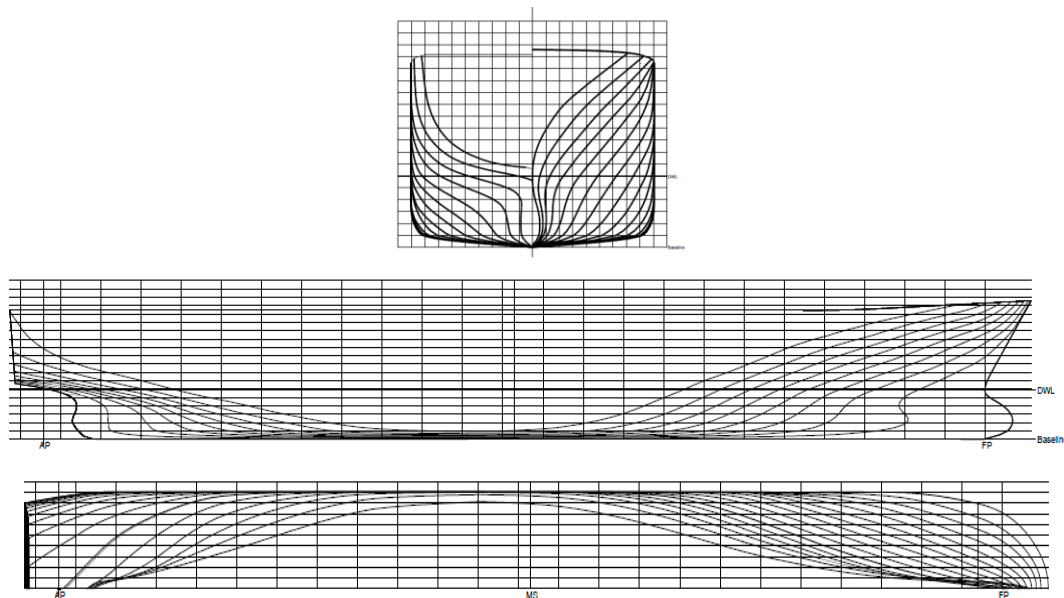
Penulis melakukan perumusan masalah berdasarkan observasi dan studi serta membuat hipotesis yang sekiranya dapat mampu

berkontribusi baik dalam bidang *Marine Engineering*.

Pengumpulan Data

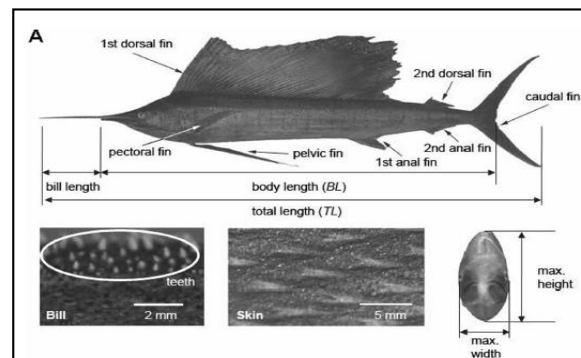
Data Primer adalah suatu data yang didapatkan langsung atau diberikan langsung dari sumbernya atau dapat dikatakan sebagai data asli. Data primer pada penelitian kali ini adalah berupa ukuran utama kapal, data *drawing linesplan*.

Data Sekunder adalah sumber data yang tidak langsung disediakan oleh sumber data kepada pengumpul data atau dapat dikatakan bahwa data sudah tersedia sehingga hanya perlu dicari, dikumpulkan, dan dipsoes dari sumber – sumber terkait. Data sekunder dari penelitian kali ini adalah data sailfish geometry, data ukuran dan bentuk penampang sailfish geometry.

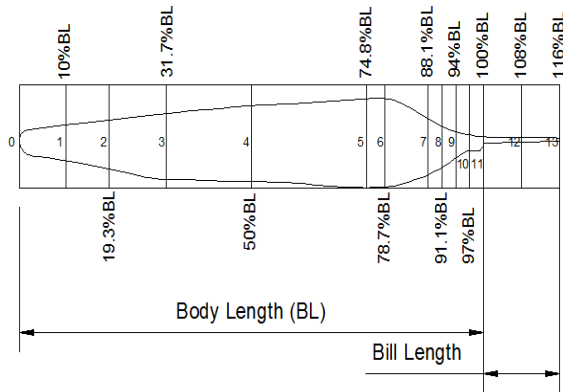


Gambar 4 Rencana Garis

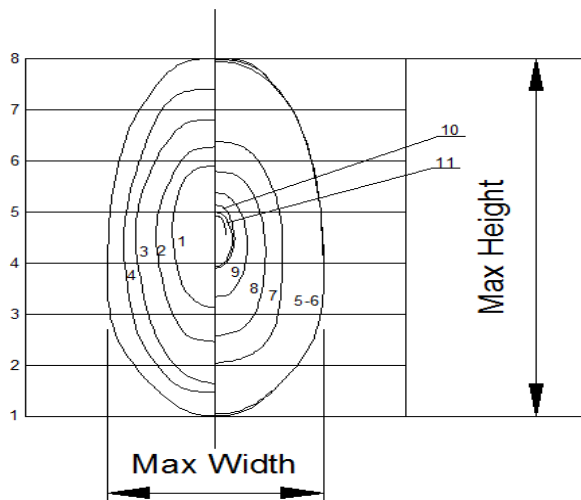
Gambar 4 adalah gambar rencana garis dari *Fast seagoing cargo ship*, dimana pada gambar tersebut ditunjukkan 3 penampang utama kapal yaitu tampak horizontal memanjang, vertikal memanjang, dan tampak melintang.



Gambar 5 Sailfish



Gambar 6 Sailfish memanjang



Gambar 7 Sailfish penampang melintang

Gambar 5 adalah gambar sailfish geometri yang menunjukkan bentuk dari keseluruhan sailfish, dimana pada gambar 6 bentuk sailfish geometry secara memanjang berdasarkan masing-masing potongan pada jarak tertentu. Gambar 7 juga menampilkan potongan penampang melintang dari sailfish geometry disetiap potongan memanjang pada jarak tertentu.

Tabel 1. Sailfish Geometry

Item	Dimensi	Sailfish	
		Rasio 50% Panjang	Rasio lebar
Total Length (m)	2.25	2.59	
Body Length (m)	1.74	2.00	
50% Body length (m)	0.87	-	
Bill Length	0.29	0.33	
Maximum Width (m)	0.12	-	-
Maximum Weight (m)	0.28	-	2.33

Validasi

Tahap Validasi adalah tahap dimana dilakukan pemeriksaan atau pengecekan terhadap kebenaran atau ketepatan suatu data terhadap satu acuan yang serupa. Tahap validasi diperlukan untuk memeriksa hasil pengujian dengan teori yang ada. Pada penulisan tugas akhir kali ini diperlukan validasi ketepatan hasil analisis pengujian tahanan total terhadap teori pendekatan perhitungan tahanan total seperti teori Harvald Guldhammer, dan Holtrop.

Pada pengujian Computational Fluid Dynamics (CFD) memiliki prinsip kerja yaitu menguji benda dengan cara mereaksikan dengan fluida atau dapat dikatakan C.F.D memiliki prinsip yang sama dengan pengujian yang dilakukan pada towing tank, hanya saja hasil simulasi CFD tidak lebih akurat dibandingkan hasil pengujian pada towing tank.

Validasi akurasi ketepatan simulasi CFD diperlukan sebelum dilakukan proses pengujian yang lebih lanjut untuk meninjau apakah model yang digunakan sudah layak untuk diuji dan dibandingkan.

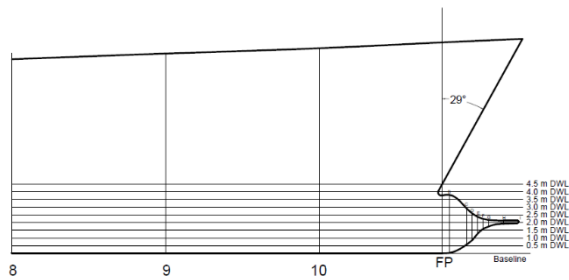
Berdasarkan simulasi CFD yang telah dilakukan, kapal dengan bulbous bow konvensional memiliki akurasi terhadap teori tahanan kapal yaitu sebesar 85 – 97%. Penulis membandingkan hasil tahanan simulasi CFD dengan hasil perhitungan secara teoritis menurut perhitungan Harvald Guldhammer, Holtrop, dan Van Oortmerssen.

Tabel 2. Hasil Validasi

No.	Metode	Hasil (kN)
1	Computational Fluid Dynamic	260.51
2	Perhitungan Teori (Harvald & Guldhamer)	304.7
3	Holtrop (Maxsurf)	252.9
4	Van Oortmersen (Maxsurf)	202.4

Penggambaran Sailfish Bulbous Bow

Penggambaran Sailfish bulbous bow pada penelitian kali ini mengacu pada sailfish geometry yang didapatkan dari paper penelitian [2] dan teori dan tata cara mendesain bulbous bow (konvensional) yang dikemukakan oleh Kracht in his book Design of Bulbous Bow [1]. Perhitungan ukuran utama bulbous bow merujuk pada rumus yang digunakan pada saat mendesain bulbous bow konvensional dan desain bentuk dari sailfish bulbous bow.



Gambar 8 Rencana garis menggunakan sailfish bulbous bow

Permodelan

Permodelan kapal dengan bulbous bow tipe sailfish diperlukan untuk dilakukan proses simulasi pada CFD sehingga didapatkan hasil simulasi. Permodelan kapal dilakukan menggunakan data rencana garis kapal yang telah diperbarui dengan menggunakan sailfish bulbous bow.

Pada permodelan kapal dengan bulbous bow tipe konvensional yang sudah ada memiliki zero point pada station AP (After perpendicular) pada ketinggian 4.5 m (tepat pada sarat), namun pada permodelan kapal dengan bulbous bow tipe sailfish memiliki zero point pada station AP pada ketinggian 0 m (baseline). Hal tersebut tidaklah berpengaruh pada hasil pengujian, hanya saja hal tersebut mempengaruhi hasil kontur warna gelombang pada hasil simulasi dikarenakan kedua model memiliki perbedaan titik acuan.

Setelah proses pemodelan kapal di CFD, memeriksa kesenjangan atau kebocoran model diperlukan untuk proses ini karena model harus padat tanpa celah atau kebocoran untuk melakukan simulasi dari CFD.

Simulasi

Simulasi C.F.D adalah proses simulasi model yang dilakukan pada software dengan menggunakan metode Navier Stokes untuk menyelesaikan kontur aliran akibat pergerakan objek.

Pada simulasi C.F.D kali ini, penulis mengatur output utama dari hasil analisis tersebut yaitu nilai gaya yang terjadi (tahanan), wave elevation, dan free surface (kontur gelombang pada permukaan air).

Analisis Data

Berdasarkan hasil dari Computational Fluid Dynamics (C.F.D), data yang didapatkan akan dibandingkan terhadap kedua model tersebut meliputi nilai tahanan kapal, dan wave elevation pada permukaan air.

Penulis akan membuat analisis berdasarkan hasil pengujian kedua model tersebut (konvensional dan sailfish) sehingga didapatkan bulbous bow terbaik untuk kapal Fast Seagoing Cargo Ship berdasarkan nilai tahanan total dan grafik wave elevation pada permukaan air.

Kesimpulan

Kesimpulan ini dibuat berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan pada penelitian kali ini bertujuan untuk menjawab dari rumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya dan memberikan informasi kepada pembaca dan penulis sendiri tentunya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

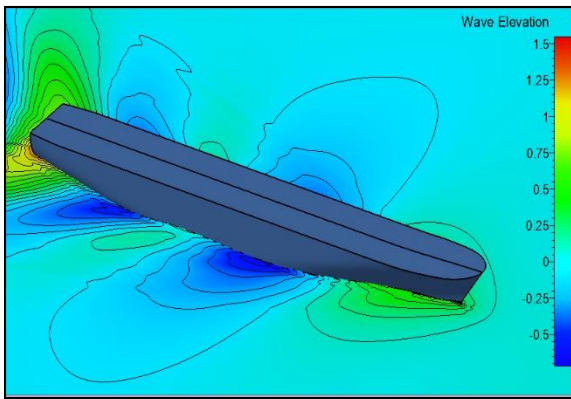
Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan terhadap kedua model pada setiap variasi kecepatan, didapatkan hasil yang dapat digunakan untuk proses analisis. Data yang didapatkan dari computational fluid dynamics dapat digunakan untuk menganalisis performa bulbous bow dalam mereduksi tahanan seperti data wave motion occurring (free surface) the surface of the water, wave elevation graph, and force graph (Fx) yang terjadi pada kapal.

Penulis akan membuat analisis performa dari bulbous bow dengan cara membandingkan performa dari kedua tipe bulbous bow kapal.

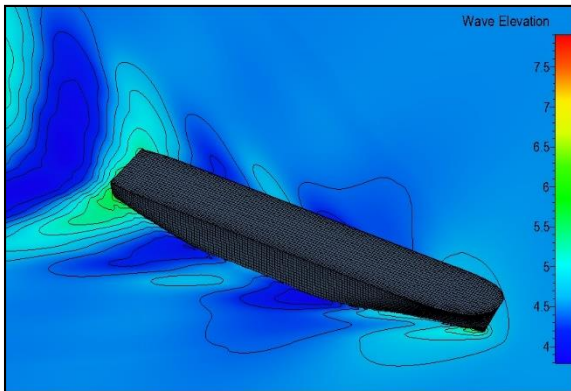
Hasil Simulasi

Hasil simulasi yang akan ditampilkan pada paper sebagai contoh pada salah satu kecepatan, yang kemudian penulis akan membuat analisis dan mengemukakan pendapat berdasarkan hasil simulasi.

Berdasarkan Gambar 9 dan 10 di bawah ini, kedua gambar tersebut memiliki kontur warna yang berbeda. Hal tersebut disebabkan bukan karena bulbous bow, melainkan karena kedua model memiliki zero point yang berbeda. Sehingga mempengaruhi kontur warna. Pada Gambar 9 memiliki gelombang transversal yang cenderung mirip dengan Gambar 10, namun terdapat perbedaan pada Gambar 10 yaitu memiliki gelombang depan yang lebih tinggi dibandingkan bulb konvensional.

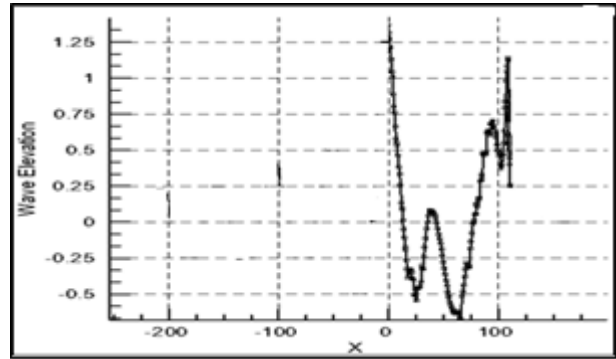


Gambar 9 Hasil simulasi CFD bulbous bow konvensional pada kecepatan 17.5 knot

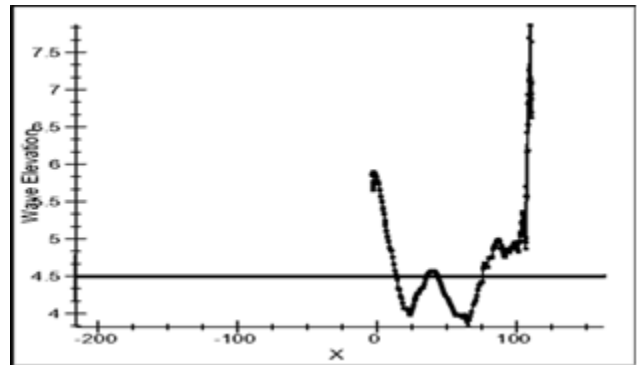


Gambar 10 Hasil simulasi CFD bulbous bow model sailfish pada kecepatan 17.5 knot

Kapal dengan bulbous bow konvensional memiliki gelombang divergent yang lebih lebar dibanding kapal dengan sailfish bulbous bow, namun sailfish bulbous bow memiliki gelombang yang lebih tinggi di daerah depan. Bentuk depan benda yang lebih lancip akan menghasilkan tekanan yang lebih rendah dibandingkan benda yang memiliki bentuk depan tumpul. Tekanan mempengaruhi dalam pembuatan gelombang untuk meninterferensi gelombang yang dihasilkan oleh linggi haluan. Tekanan rendah akan menghasilkan gelombang yang sangat kecil dibandingkan dengan gelombang yang dihasilkan oleh linggi haluan sehingga interferensi gelombang yang terjadi tidak akan berpengaruh secara signifikan.

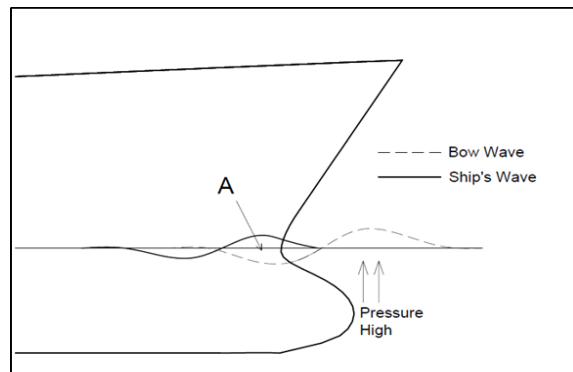


Gambar 11 Wake elevation bulbous bow konvensional

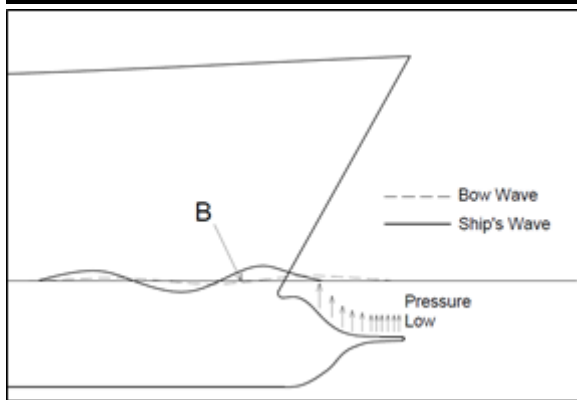


Gambar 12 Wake elevation bulbous bow sailfish

Berdasarkan Gambar 11 dan 12. Grafik wave elevation menunjukkan tinggi gelombang kapal pada jarak tertentu. Grafik tersebut menggambarkan gelombang pada sepanjang kapal pada sumbu x 0 hingga 108. Sesuai dengan hasil analisis diatas, kapal dengan sailfish bulbous bow memiliki gelombang haluan lebih tinggi (sumbu X ke 108), yaitu setinggi 3.4 m. Hal tersebut tentu lebih tinggi dibandingkan gelombang yang terjadi pada bulbous bow konvensional yaitu setinggi 1.2 m.

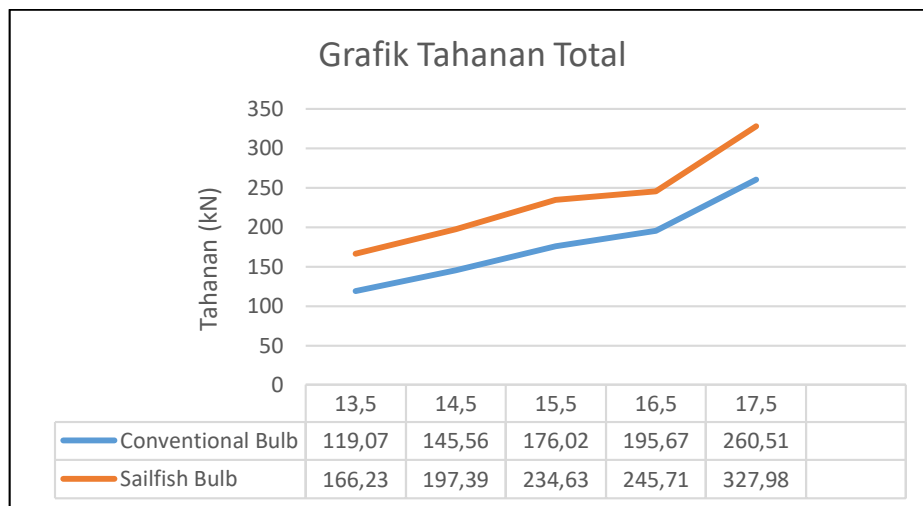


Gambar 13 Explanation of Wave Interference bulbous bow konvensional



Gambar 14 Explanation of Wave Interference bulbous bow sailfish

Berdasarkan simulasi diatas, nilai tahanan total pada sailfish bulbous bow memiliki tahanan 32% (rata-rata) (lihat gambar 15) dibandingkan bulbous bow konvensional, hal tersebut dikarenakan sailfish bulbous bow memiliki tahanan gelombang lebih besar pada kapal. Sailfish bulbous bow tidak dapat mengatasi gelombang yang terjadi akibat linggi haluan, karena menghasilkan gelombang terlalu kecil (lihat gambar 14).



Gambar 15 Perbandingan Tahanan Total

V. KESIMPULAN

Menurut simulasi dan analisis pada penelitian kali ini, diperoleh hasil penelitian yang kemudian dapat ditarik menjadi sebuah kesimpulan. Kesimpulan kali ini adalah bagian akhir dari penelitian ini untuk menjawab setiap masalah yang telah disajikan sebelumnya.

1. Penerapan bentuk kepala beserta moncong ikan layaran (sailfish) menjadi bentuk bulbous bow pada kapal dilakukan dengan cara penggabungan antara teori dasar pembuatan bulbous bow sebagai dasar ukuran utama bulbous bow dan data gambar dan rasio ukuran sailfish geometry sebagai bentuk bulbous bow tersebut.
2. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 13.5 Knots nilai tahanan total kapal 119.07 kN pada bulbous bow konvensional, dan 166.23 kN pada Sailfish Bulbous Bow. Sailfish bulbous bow memiliki nilai tahanan total lebih besar

39.6% dibandingkan Bulbous Bow konvensional.

3. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 14.5 Knots nilai tahanan total kapal 145.56 kN pada bulbous bow konvensional, dan 197.39 kN pada Sailfish Bulbous Bow. Sailfish bulbous bow memiliki nilai tahanan total lebih besar 35.6% dibandingkan Bulbous Bow konvensional.
4. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 15.5 Knots nilai tahanan total kapal 176.02 kN pada bulbous bow konvensional, dan 234.63 kN pada Sailfish Bulbous Bow. Sailfish bulbous bow memiliki nilai tahanan total lebih besar 33.3% dibandingkan Bulbous Bow konvensional.
5. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 16.5 Knots nilai tahanan total kapal 195.67 kN pada bulbous bow konvensional, dan 245.71 kN pada

- Sailfish Bulbous Bow. Sailfish bulbous bow memiliki nilai tahanan total lebih besar 25.57% dibandingkan Bulbous Bow konvensional.
6. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 17.5 Knots nilai tahanan total kapal 260.51 kN pada bulbous bow konvensional, dan 327.98 kN pada Sailfish Bulbous Bow. Sailfish bulbous bow memiliki nilai tahanan total lebih besar 25.89% dibandingkan Bulbous Bow konvensional.
 7. Hipotesis yang dikemukakan oleh penulis tentang pengembangan desain bulbous bow dengan cara mengubah desain bulb menjadi lebih lancip dengan tujuan mengurangi tekanan sehingga mampu menghasilkan interferensi gelombang yang efektif tersebut dianggap belum tepat dengan hasil, dikarenakan berdasarkan hasil pengujian membuktikan bahwa bulbous bow dengan konsep sailfish geometry masih kurang efektif dalam memanipulasi gelombang pada proses interferensi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Kracht, 'Design of bulbous bows', *SNAME Transactions*, vol. 86, no. 1, pp. 197–217, 1978.
- [2] W. Sagong, W.-P. Jeon, and H. Choi, 'Hydrodynamic characteristics of the sailfish (*Istiophorus platypterus*) and swordfish (*Xiphias gladius*) in gliding postures at their cruise speeds', *PloS one*, vol. 8, no. 12, 2013.
- [3] S. A. Harvald, *Resistance and propulsion of ships*. 1992.
- [4] J. B. Hadler, 'Coefficients for international towing tank conference 1957 model-ship correlation line', *David Taylor Model Basin, Navy Department, Washington 7 DC, USA, Report 1185 of the Hydromechanics Laboratory*, 1958.
- [5] D. Weicker, 'Bulbous bow construction of a vessel', Jul. 15, 1969.
- [6] C. Hirsch, *Numerical computation of internal and external flows: The fundamentals of computational fluid dynamics*. Elsevier, 2007.
- [7] A. Papanikolaou, *Ship design: methodologies of preliminary design*. Springer, 2014.