

Analisis Penggunaan *Bulbous Bow* pada Kapal Tanker 127 m terhadap Hambatan Kapal menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic

Fery Indrawan¹, Erifive Pranatal²
Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2}
email: feryindrawan08@gmail.com¹, erifive@itats.ac.id²

ABSTRACT

This study aimed to analyse and optimise the hull shape of a 127M tanker, focusing on reducing ship drag by applying the Computational Fluid Dynamics (CFD) method. Ship drag is a crucial issue in ship operational efficiency. Traditional approaches in ship design have shifted towards numerical simulation-based approaches, such as CFD. This research employed a computational simulation stage involving three-dimensional digital modelling of the hull using NUMECA software. Input data included operational conditions, hull geometry, and fluid properties. To achieve shape optimisation, the researcher tested various hull geometry variations and evaluated them numerically in terms of the resulting drag. The researcher added a Bulbousbow to the initial design, which was analysed at a speed of 18 Knots. The researcher got a resistance result of 464,550 Kn. So, adding a bulbous bow on the 127 m Tanker effectively reduced resistance to the high speed of 18 Knot. If the researcher analysed at a low speed of 17 Knots and 127m, tankers got less effective results because the resistance was still high, namely 398,842 kN. Adding a bulbous bow on the 127M Tanker was practical to reduce resistance for high speed, namely 18 Knot with a resistance of 464.550 kN.

Keywords: Tanker, Ship Resistance, Computational Fluid Dynamics (CFD), Optimisation

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimasi bentuk lambung kapal tanker 127M dengan fokus pada mengurangi hambatan kapal melalui penerapan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Hambatan kapal menjadi isu krusial dalam efisiensi operasional kapal, dan pendekatan tradisional dalam perancangan kapal telah bergeser menuju pendekatan berbasis simulasi numerik, seperti CFD. Penelitian ini melibatkan tahap simulasi komputasional yang melibatkan pemodelan digital tiga dimensi dari lambung kapal menggunakan software NUMECA. Data input meliputi kondisi operasional, geometri lambung kapal, dan sifat-sifat fluida. Dalam rangka mencapai optimisasi bentuk, variasi geometri lambung diuji dan dievaluasi secara numerik dalam hal hambatan yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan kapal tanker 127m. Selain itu penambahan Bulbousbow pada desain awal jika di analisa pada kecepatan 18 Knots mendapat hasil resistance 464.550 Kn, sehingga penambahan bulbousbow pada Kapal Tanker 127M ini efektif untuk mengurangi tahanan untuk kecepatan tinggi yaitu 18 Knot, jika di analisa pada kecepatan rendah 17 Knot kapal tanker 127m ini masih kurang efektif karena hasil resistance masih tinggi yaitu 398.842 kN. Kesimpulan dari penelitian ini adalah penambahan bulbousbow pada Kapal Tanker 127M ini efektif untuk mengurangi tahanan untuk kecepatan tinggi yaitu 18 Knot dengan hasil resistance 464.550 kN.

Kata kunci: Kapal Tanker, Optimasi Bentuk Lambung, Hambatan Kapal, Computational Fluid Dynamic (CFD), Hidrodinamika Kapal.

PENDAHULUAN

Indonesia, dengan sejarah panjangnya sebagai negara kepulauan, telah menghadapi tantangan logistik yang signifikan sepanjang sejarahnya. Pengiriman bahan bakar cair menjadi aspek krusial dalam menjawab kebutuhan energi di berbagai pulau di Indonesia, yang berdampak pada perkembangan industri dan pertumbuhan ekonomi. Dalam konteks ini, industri galangan kapal di Indonesia memiliki peran sentral dalam mendukung kemandirian logistik, khususnya dalam pengiriman bahan bakar cair.

Pengoptimalan bentuk lambung kapal tanker menjadi fokus utama dalam mendukung efisiensi pengiriman logistik ini. Bentuk lambung yang optimal dapat mengurangi hambatan kapal, mempengaruhi secara signifikan efisiensi operasional dan performa kapal. Seiring dengan perkembangan teknologi, metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) menjadi alat yang efektif dalam menganalisis interaksi fluida dengan lambung kapal, memungkinkan pengembangan desain kapal yang lebih efisien dan unggul.

Pentingnya pengurangan hambatan kapal tidak hanya terletak pada efisiensi operasional, tetapi juga dalam konteks konsumsi bahan bakar, yang memiliki dampak langsung pada aspek ekonomi dan lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan bentuk lambung kapal tanker berukuran 127

meter dengan memanfaatkan metode CFD, guna mencapai desain yang efisien, ekonomis, dan berkinerja tinggi dengan penambahan *bulbous bow*.

Dengan memahami kompleksitas tantangan logistik di Indonesia, terutama terkait bahan bakar cair, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan industri galangan kapal dalam mendukung ketahanan logistik nasional. Hasil analisis dan rekomendasi desain yang dihasilkan dapat menjadi dasar bagi pengambilan keputusan dalam perancangan kapal tanker yang efektif, efisien, dan sesuai dengan tuntutan operasional di perairan Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Kapal tanker adalah jenis kapal yang telah didesain agar mampu mengangkut berbagai jenis minyak, cairan kimia hingga jenis liquid lainnya. Seperti yang diketahui bahwa kilang minyak tidak selalu dibuat di atas daratan. Banyak sekali kilang minyak yang dibuat di lautan termasuk di beberapa Laut Jawa. Indonesia termasuk memiliki banyak kilang minyak yang memanfaatkan oil tanker untuk membawa minyak ke daratan untuk diolah kembali. Selain untuk membawa dari kilang minyak, ada beberapa kapal tanker yang berfungsi sebagai pembantu untuk mengisi bahan bakar kapal perang di laut.

Penggunaan perangkat lunak dalam membantu masalah-masalah engineering sangat berkembang pesat dewasa ini. Salah satu perangkat lunak yang telah dipakai secara luas adalah *Fine/Marine Numeca*. Perangkat lunak yang berasal dari Belgia ini sangat mumpuni utamanya dalam bidang pemodelan maupun analisa CFD (Computer Fluid Dynamics) Program NUMECA CFD yang digunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas optimasi lambung kapal yang akan dianalisa. Selanjutnya dilakukan modifikasi antara bentuk lambung kapal dengan beberapa koefisien C_b kapal dan penambahan *bulbous bow*. Dari pemodelan ini nantinya akan diperoleh data hambatan total kapal.

Pengertian tahanan (resistance) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Sedangkan suatu tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya dan karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya hidrodinamika. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air (Muhammad Taufan, 2012).

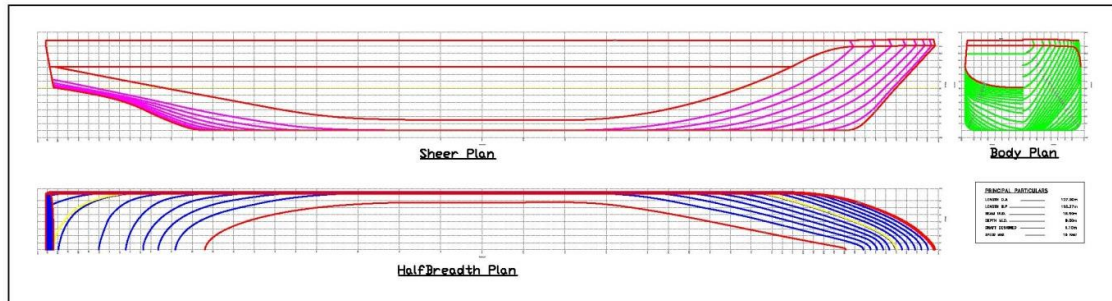
Bulbous bow adalah bagian kapal yang terletak dibagian haluan. Bagian ini merupakan bagian yang *Bulbous bow* merupakan babak kapal yang terletak dibagian haluan. Babak ini merupakan babak yang terintegrasi dengan lambung kapal. Fungsi utama dari babak ini adalah mengurangi hambatan kapal pada saat eksplorasi atau operasi sebuah kapal. Prinsip kerja dari *bulbous bow* adalah dengan membangkitkan gelombang atau menginterferensi gelombang kapal yang datang dari haluan, sehingga gelombang yang datang hendak kehilangan tenaga karena interferensi gelombang dari *bulbous bow* tadi. Dengan penggunaan *bulbous bow*, maka akan berpengaruh terhadap aliran disekitar lambung kapal dan mengurangi drag yang memberikan peningkatan pada kecepatan dan efisiensi bahan bakar.

METODE

Tahap awal dalam penelitian adalah mengidentifikasi masalah. Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan perumusan masalah tentang Optimasi bentuk lambung kapal terhadap hambatan kapal akibat penambahan *bulbous bow* pada kapal dan variasi koefisien C_b kapal. Studi literatur bertujuan untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan pengerjaan penelitian ini. Dengan melakukan studi literatur ini diharapkan solusi dari permasalahan yang di ambil dapat terpecahkan dengan baik. Data yang didapat untuk menunjang penelitian ini didapat baik dari internet maupun pengambilan data secara langsung. Data – data yang diperlukan dalam proses pengerjaan penelitian ini meliputi : Lines Plan, Ukuran Utama, Data Hydrosatistik Kapal dan Serta data – data yang dapat digunakan untuk membantu dalam pengerjaan penelitian ini. Dalam pengerjaan penelitian ini, terdapat empat jenis penggambaran model lambung kapal, yaitu lambung kapal tanpa *bulbous bow*, lambung kapal dengan *bulbous bow* dan lambung kapal dengan variasi 3 koefisien C_b . Model kapal diuji menggunakan software NUMECA Fine Marine (CFD). Simulasi dilakukan dengan 5 model kapal yaitu lambung kapal tanpa *bulbous bow* dengan panjang 127m, lambung kapal dengan *bulbous bow* dan lambung kapal dengan variasi 3 koefisien C_b . Analisa ini dilakukan di free surface pada *full load draft* dengan kondisi calm water. dilakukan pada kolam domain dengan ukuran yang sudah disesuaikan panjang *Loa*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pemodelan kapal yang dilakukan adalah Optimasi dari ukuran kapal dari 123.05m menjadi ukuran 127m kemudian nantinya akan dibuat pada variasi kapal ditambahkan bulbousbow untuk mencari nilai Resistance yang Optimal. Parameter yang di gunakan untuk membuat 3 Variasi Cb adalah variasi sudut haluan depan kapal. Perancangan Lines plan awal pada Gambar 1 berikut :

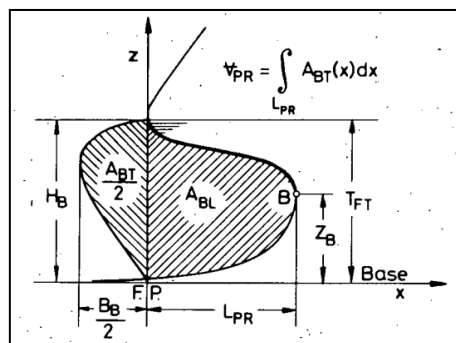


Gambar 1. Lines Plan Awal 127m

Ukuran utama Lines Plan Awal:

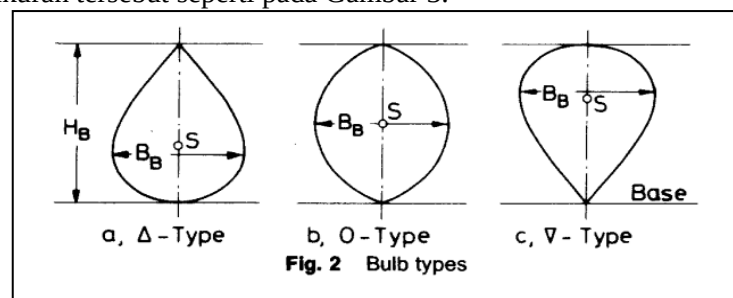
- Loa (Length Over All) = 127.00 m
- Lpp (Length Between Perpendicular) = 118.27 m
- B (Beam) = 16.50 m
- D (Depth) = 9.00 m
- T (Draft) = 6.10 m
- Cb (Coefficient Block) = 0.745 (Data Software Maxsurf)
- Speed Service = 18 Knot

Penulis membuat variasi untuk lambung kapal di tambahkan *Bulbousbow*. Untuk merancang bulbousbow penulis menggunakan refferensi dari buku *Design of Bulbous Bows* yang di tulis oleh *Alfred M. Kracht*, dimana panduan ukuran dari *bulbousbow* mengikuti gambar yang ada pada buku tersebut. Gambar 2 adalah gambar untuk panduan membuat *bulbousbow*.



Gambar 2. Linear and nonlinear bulb quantities

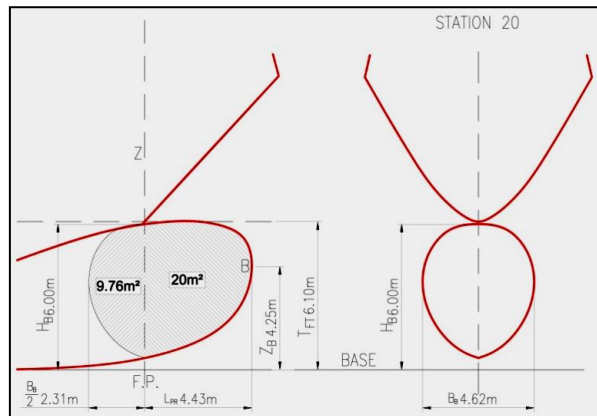
Dari refferensi gambar tersebut penulis merancang *bulbousbow* type-O, kemudian ukuran dari *bulbousbow* mengikuti panduan ukuran tersebut seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. bulb types

Berikut adalah data perancangan linggi haluan dengan *bulbousbow* :

- A_{BT} (Sectional Area At Forward Perpendicular (FP)) = 9.76 m²
- A_{BL} (Area Of Ram Bow In Longitudinal Plane) = 20.0 m²
- B_B (Maximum breadth of bulb area A_{BT}) = 4.62 m
- L_{PR} (Protruding Length Of Bulb) = 4.43 m
- H_B (Total Height Of A_{BT}) = 6.00 m
- Z_B (Height Of The Foremost Bulb Point Over Baseline) = 4.25 m
- T_{FT} (draft at FP) = 6.10 m



Gambar 4. Rancangan Linggi Haluan Dengan Bulbousbow

Dari hasil rancangan linggi haluan pada Gambar 4 selanjutnya dibuatkan *lines plan* model-nya menggunakan software *Rhinoceros* dengan transformasi bentuk dari *Lines plan* awal (lihat Gambar 5). Analysis data hydrostatic dihitung menggunakan bantuan software *Maxsurf* hasil dari transformasi desain linggi haluan sebagai berikut :



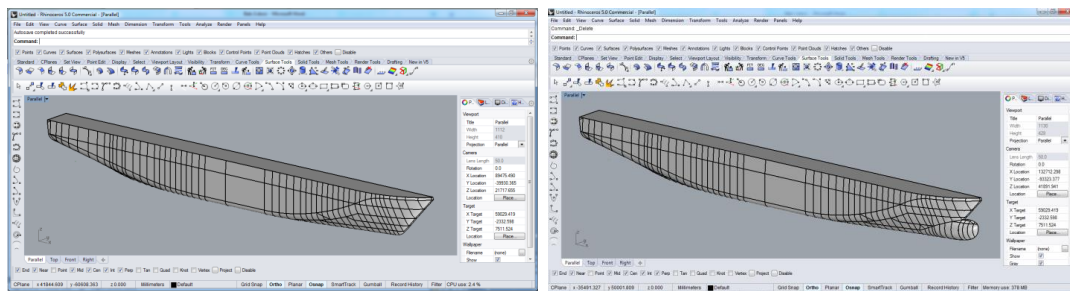
Gambar 5. Lines Plan Dengan Bulbousbow

Ukuran utama *Lines Plan Bulbousbow*:

- Loa (Length Over All) = 127.00 m
- Lpp (Length Between Perpendicular) = 118.27 m
- B (Beam) = 16.50 m
- D (Depth) = 9.00 m
- T (Draft) = 6.10 m
- Cb (Coefficient Block) = 0.744 (Data Software Maxsurf)
- Speed Service = 18 Knot

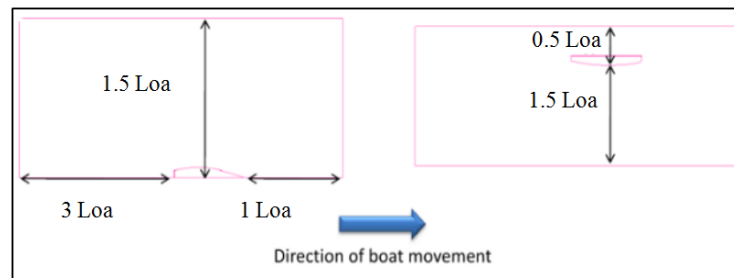
Untuk memudahkan penelitian, penulis akan memodelkan menjadi 3D *modeling Surface* dan *Mesh* dari gambar Rencana Garis yang sudah dibuat sebelumnya untuk proses *analysis* selanjutnya berikut adalah Gambar Rencana Garis dari kapal yang akan penulis modelkan :

Untuk langkah pembuatan model yang pertama yang disiapkan adalah membuat *surface Patch* dari masing-masing Station mulai dari Station 0 sampai Station 20 sampai membentuk lambung kapal sesuai rencana garis yang sudah di buat sebelumnya. Hasil dari masing-masing 3D model *Surface* yang sudah dibuat seperti Gambar 6 berikut :



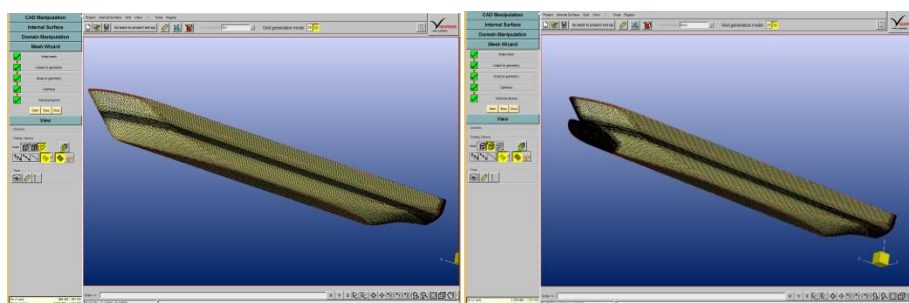
Gambar 6. 3D Surface Lines Plan Awal dan Bulbousbow

Dari semua hasil 3D Surface Lines Plan dibuat hanya setengah lambung kapal saja karena untuk menghemat waktu saat analisis dan efektifitas dalam proses *meshing*. selanjutnya Surface tersebut akan dibuat Mesh dan dibuatkan domain kolam pada software *Numeca Fine Marine* yaitu batas perhitungan analisis. Ukuran dari domain dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Ukuran Panjang Domain

Beberapa masing – masing input untuk membuat mesh seperti pada gambar di bawah ini: Semua pembuatan Mesh pada software *Numeca Fine Marine* harus centang hijau dan semuanya dilakukan secara otomatis menggunakan fitur *Hexpress*, yang dilakukan hanya menginput beberapa *parameter standart* sesuai yang disarankan oleh software *Numeca Fine Marine*. Kualitas mesh jika dicek menggunakan fitur yang ada pada software *Numeca Fine Marine* menunjukkan kualitas mesh yang sudah sesuai dengan criteria mesh *Numeca Fine Marine*. hasil dari *meshing* yang sudah dilakukan seperti Gambar 8:



Gambar 8. Hasil Semua Surface Mesh

Semua proses 3D Surface Lines Plan yang akan dibuat mesh nya tersebut beserta Domain kolam, *settingnya* diperlakukan sama seperti diatas. Masing-masing Mesh yang sudah dibuatkan tersebut proses selanjutnya yaitu men *Set-up Setting Resistance Analysis* terkait kecepatan dan densitas air yang digunakan dalam penelitian.

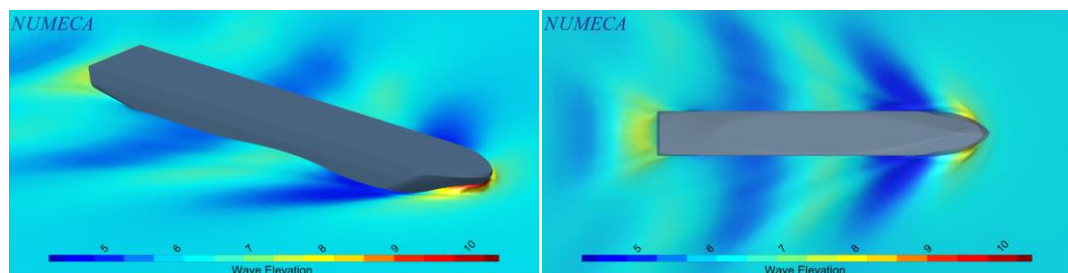
Hasil Simulasi *Rasistance Analysis Lines Plan Awal*

Untuk hasil simulasi CFD yang dilakukan pada software *NUMECA Fine Marine* dengan kecepatan 18 Knot bisa dilihat untuk *Resistance total* mendapatkan nilai 492.112 kN. Kemudian Penulis juga melakukan analisa juga pada software *Maxsurf* dengan kecepatan 18 Knot mendapatkan nilai *Resistance total* 510.7 kN. Berikut Tabel 2 hasil pembeding *resistance total* antara software *maxsurf* dan software *NUMECA Fine Marine* :

Tabel 2. Hasil *Resistance Total Lines Plan Awal*

Hasil <i>Resistance Total Lines Plan Awal</i>			
Speed (Kn)	Froude No.	Resistance Numeca (kN)	Resistance Maxsurf (kN)
17	0.247	416.135	422.300
18	0.262	492.112	510.700
19	0.276	617.145	639.100

Dilakukan penelitian menggunakan software *Maxsurf* bertujuan untuk pembandingan hasil *resistance total*. Dengan selisih nilai antara software *maxsurf* dan software *NUMECA Fine Marine* sebesar 3.64%. berikut Gambar 9 adalah hasil Visual Gambar simulasi CFD menggunakan software *NUMECA Fine Marine*:



Gambar 9. Gambar Simulasi Lines Plan Awal

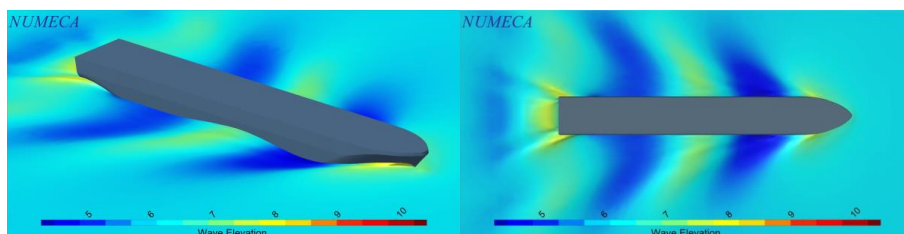
Hasil Simulasi *Resistance Analysis Lines Plan Bulbousbow*

Untuk hasil simulasi CFD yang dilakukan pada software *NUMECA Fine Marine* dengan kecepatan 18 Knot bisa dilihat untuk *Resistance total* mendapatkan nilai 464.550 kN. Kemudian Penulis juga melakukan analisa juga pada software *Maxsurf* dengan kecepatan 18 Knot mendapatkan nilai *Resistance total* 489.00 kN. Berikut Tabel 3 hasil pembandingan *resistance total* antara software *maxsurf* dan software *NUMECA Fine Marine* :

Tabel 3. Hasil *Resistance Total Lines Plan Bulbousbow*

Hasil <i>Resistance Total Lines Plan Bulbousbow</i>			
Speed (Kn)	Froude No.	Resistance Numeca (kN)	Resistance Maxsurf (kN)
17	0.247	398.842	424.3
18	0.262	464.550	489.00
19	0.276	545.490	574.2

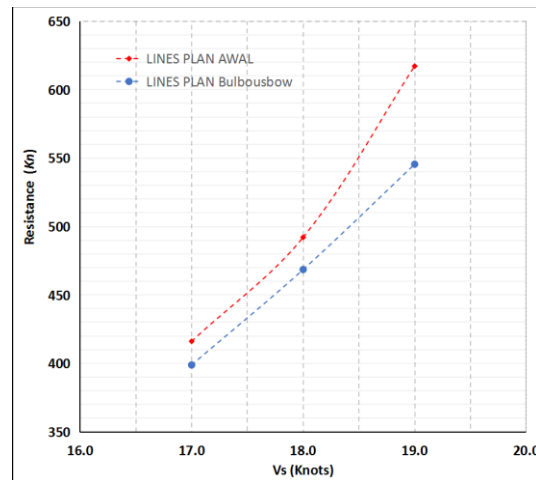
Dilakukan penelitian menggunakan software *Maxsurf* bertujuan untuk pembandingan hasil *resistance total*. Dengan selisih nilai antara software *maxsurf* dan software *NUMECA Fine Marine* sebesar 4.76%. Berikut Gambar 10 adalah hasil Visual Gambar simulasi CFD menggunakan software *NUMECA Fine Marine*:



Gambar 10. Gambar Simulasi Lines Plan Bulbousbow

Selanjutnya untuk bentuk lambung kapal tanker 127m dengan penambahan bulbousbow mendapatkan hasil yang optimal untuk hasil *resistance* nya, dimana bentuk dari *bulbousbow* yang sudah dirancang sebelumnya mampu menahan *resistance* pada haluan depan. Aliran air yang mengalir melewati *bulbousbow* sangat bagus. Bentuk lambung kapal tanker 127m pada kecepatan 17 knot tidak efektif menahan *resistance* di karenakan factor kecepatan kapal terlalu lambat untuk bentuk lambung kapal tanker seperti yang di rancang sehingga terjadi drag tahanan antara aliran air dan haluan depan.

Gambar 10 adalah grafik untuk peningkatan pada setiap kecepatan kapal dan penambahan *bulbousbow* pada kapal :



Gambar 10. Grafik Resistance Awal dan Bulbousbow

KESIMPULAN

Hasil kesimpulan penambahan *bulbousbow* pada desain awal sangat optimal mengurangi tahanan kapal pada kecepatan *service* 18 knot akan tetapi tidak optimal dalam mengurangi tahanan kapal pada kecepatan rendah 17 knot. Hasil grafik tahanan menunjukkan tahanan kapal pada kecepatan 17 knot masih terlalu besar selanjutnya pada kecepatan 18 knot mulai mengalami peningkatan tapi terlihat landai selanjutnya untuk kecepatan 19 knot juga mengalami peningkatan dan grafik menunjukkan semakin landai dan nilai tahanan lebih kecil dari semua variasi C_b kapal yang lain.

Fenomena yang terjadi pada penambahan *bulbousbow* untuk kecepatan tinggi gelombang laut yang di timbulkan langsung mengalir laminar kebelakang kapal dan tidak menumpuk di depan haluan kapal. Kemudian untuk kecepatan rendah gelombang yang di timbulkan terlalu besar menumpuk di area haluan kapal. Bentuk *bulbousbow* pada dasarnya juga akan mengalami drag pada depan *bulbousbow* kapal jika di jalankan pada kecepatan rendah, jika pada kecepatan tinggi maka aliran depan *bulbousbow* akan mengalir laminar ke belakang langsung dan tidak mengenai haluan depan secara langsung

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfred M. Kracht (1978) Design of Bulbous Bows. SNAME Transactions. (Vol. 86, pp. 197-217)
- [2] Amir F., Arswendo B., Iqbal M. (2018) Analisis Optimasi Lambung Demihull Katamaran Menggunakan Response Surface Methode Pada Motion Sickness Incidence. *In Jurnal Teknik Perkapalan* (Vol. 6, No 1).
- [3] Aprianti, E. D., Manik P., Iqbal M. (2020). Analisa Penerapan Modified Bow Tipe Axe Dan Modified Bow Tipe Ax Terhadap Hambatan Dan Seakeeping Pada Kapal Tanker 112 Meter. *In Jurnal Teknik Perkapalan* (Vol. 8, No 4).
- [4] Baharudin Y. N., Budiarto U., Iqbal M. (2015) Estimasi Hambatan Total Kapal Tanker KCLCC2M Dengan Menggunakan CFD. *In Jurnal Teknik Perkapalan* (Vol.3, No 4).
- [5] Pranatal, E. (2020). Pengaruh Sudut Deadrise terhadap Tahanan Planning Hull. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMATAN)*, 2(1), 649-655.
- [6] Laamena F., Taihutu A., (2021) Kajian Optimasi Ukuran Kapal Tradisional dan Perhitungan Hambatannya. *METIKS* (Vol. 1, No 1)
- [7] Nanda T., Novita Y., Iskandar B., (2017) Bentuk Linggi Haluan Kapal Penangkap Ikan (Kurang Dari 30 Gt). *Jurnal ALBACORE*. (Vol.1 No.2)
- [8] Nababan A., Chrismianto D., Arswendo B., (2017) Optimasi Bentuk Haluan Kapal Ferry Untuk Mendapatkan Olah Gerak Yang Terbaik Di Daerah Kepulauan Mentawai. *In Jurnal Teknik Perkapalan* (Vol. 5, No 2).

- [9] Rachman R., Pranatal E., Imawan P. (2020) Analisis Perbandingan Metode Simulasi Software Maxsurf Dengan Metode Matematis Untuk Perhitungan Hambatan Dan Daya Mesin Utama Kapal Tanker 6500 Dwt. *Seminar Teknologi Kebumian Dan Kelautan (SEMITAN II)* (Vol. 2, No 1)
- [10] Saputro G.M. (2018) *Analisa Desain Bulbous Stern Pada Kapal Ferry Triple Screw Terhadap Tahanan Dan Pola Aliran*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Surabaya
- [11] Sumardiono, Wibawa P., Arif L., Fajrin V., (2020) Optimasi Bentuk Lambung Kapal Cepat Penumpang Sebagai Upaya Peningkatan Konektivitas Daerah Tertinggal Di Indonesia Timur. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)* . (Vol. 6, No 1).
- [12] Wilakusuma I. (2021) *Optimasi Ukuran Utama Untuk Mengurangi Hambatan Kapal*. Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Jakarta
- [13] Jadmiko E., Bambang T., Dresta Y. (2019) 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. *Jurnal MIDSHIP*. (Vol. 6, No 1).