

Variasi Bentuk Bulbous Bow pada Model Kapal Cargo Terhadap Hambatan

Yanuar* dan Retnani A Anggraeni

*Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424

E-mail: yanuar@eng.ui.ac.id

Abstrak

Pemakaian bulbous bow umumnya dipakai untuk kapal panjang lebih 100 m. Bentuk bulbous bow fungsi dari bentuk badan kapal dan kecepatannya. Tujuan penelitian ini mencari model bulbous bow pada kapal model yang dapat menghasilkan hambatan terkecil. 5 macam bentuk bulbous bow diletakkan di ceruk haluan model kapal cargo. Variasi kecepatan dan sarat diatur agar mendapatkan bentuk yang optimal. Model kapal ditarik dikolam sepanjang 20 m diukur tegangan tali sebagai kalibrasi hambatan total pada kecepatan yang ditentukan.

Hasil percobaan terlihat jelas dimana model bulbous bow III menghasilkan hambatan terkecil.

Kata kunci: bulbous bow, hambatan kapal, kapal model

1. Pendahuluan

Meningkatnya kebutuhan dunia akan transportasi pendistribusian barang melalui laut, menyebabkan semakin tingginya permintaan untuk kapal dengan daya muat besar. Salah satu cara menambah daya muat kapal adalah dengan merancang suatu bentuk lambung kapal dengan hambatan yang kecil. Dengan hambatan kapal kecil berarti penghematan tenaga kuda kapal, sehingga berat mesin dapat lebih ringan hingga dapat menambah daya muat kapal.

Berbagai penelitian dilakukan untuk mendapatkan suatu bentuk kapal dengan hambatan yang kecil. Pada akhir tahun 1950, penelitian dilakukan untuk mengurangi *drag* pada kapal barang, hingga *bulbous bow* menjadi suatu solusi pada pengurangan hambatan total kapal.

Keuntungan dari penggunaan *bulbous bow* sudah diketahui sejak beberapa tahun lalu, ahli-ahli perkapalan seperti Taylor, Wingly dan lainnya telah menunjukkan dengan teori dan percobaan model bahwa *bulbous bow* dapat mengurangi gelombang yang ditimbulkan oleh haluan kapal, sehingga dengan kata lain kehilangan energi dalam pembentukan gelombang yang ditimbulkan haluan kapal akan diperkecil. Tujuan dari pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi bentuk *bulbous bow* pada lambung kapal terhadap aspek hidromekanika kapal yaitu hambatan (*resistance*) kapal. Dengan displacement kapal yang tetap, variasi sarat air dan perubahan kecepatan, nilai tegangan tali atau hambatan total kapal dapat diketahui.

2. Teori

Tahanan atau hambatan pada suatu kecepatan kapal adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Pada kondisi kapal bergerak di permukaan air (sebagian berada di atas air dan sebagian terbenam dalam air), hambatan terbesar diberikan oleh air, sedangkan untuk hambatan udara besarnya sangat kecil.

Hambatan yang terjadi pada kapal tersebut menurut Froude dapat digolongkan menjadi dua komponen utama yaitu:

$$R_{total} = R_{gesek} + R_{sisa} \quad (1)$$

Rgesek adalah tahanan gesek yang terjadi karena adanya massa fluida yang ikut terseret ketika kapal bergerak, dan juga dipengaruhi oleh viskositas air.

Hambatan sisa, R_{sisa} adalah tahanan sisa yang umumnya terdiri dari tahanan gelombang, tahanan bentuk dan tahanan udara. Pada kapal niaga, bagian terbesar dari tahanan sisa adalah tahanan gelombang. Untuk kapal laut tahanan bentuk sekitar 8%-15% tahanan total kapal.

Untuk mendapatkan hambatan kapal model beserta komponen-komponennya digunakan koefisien tahanan spesifik dari Schoenherr. Setiap komponen hambatan tersebut dapat dijadikan harga-harga hambatan yang tidak berdimensi yaitu koefisien tahanan spesifik.

Koefisien tahanan total spesifik

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

Koefisien tahanan gesek spesifik

$$C_f = \frac{2.R_f}{\rho.S.V^2} \quad (3)$$

Koefisien tahanan sisa spesifik

$$C_r = \frac{2.R_r}{\rho.S.V^2} \quad (4)$$

Dimana:

R_t adalah tahanan total kapal (kg), R_f adalah tahanan gesek kapal (kg), R_r adalah tahanan sisa kapal (kg), ρ adalah berat jenis air (kg/m^3), S adalah luas permukaan basah (m^2), dan V adalah kecepatan kapal (m/s)

Hubungan diantaranya adalah :

$$C_t = C_f + C_r \quad (5)$$

Sesuai dengan hukum perbandingan froude pada kecepatan yang sesuai

$$C_r \text{ model} = C_r \text{ kapal sebenarnya}$$

Harga C_f ini bergantung pada harga *Reynolds Number* (R_n) dari aliran air. Beberapa formula telah dipakai untuk mendapatkan hubungan antara C_f dan R_n yang pasti, hingga pada tahun 1957 *International Tank Towing Conference* mencapai kesepakatan dalam penentuan rumusan untuk koefisien tahanan gesek spesifik, yaitu :

$$C_F = \frac{0.075}{(\text{Log}R_n - 2)^2} \quad (6)$$

$$\text{Dimana } R_n = \frac{V \times L}{\nu} \quad (7)$$

R_n adalah reynolds number, V adalah kecepatan kapal model (m/s), L adalah panjang kapal (m), ν adalah viskositas kinematik (m^2/s).

3. Metode

3.1 Kondisi Percobaan

Percobaan yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan metode uji tarik yang dilakukan di kolam percobaan terhadap suatu model kapal barang dengan variasi 5 tipe *bulbous bow*. Adapun pada setiap jenis *bulbous bow* tersebut diambil data dengan variasi kondisi sebagai berikut :

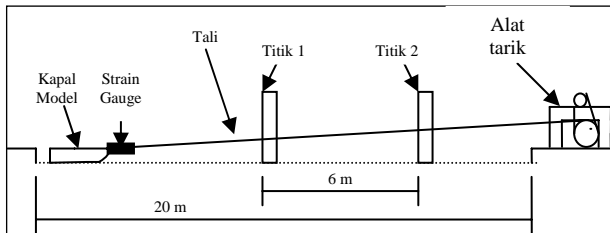
- o variasi rpm motor tarik : 180 rpm, 240 rpm, 550 rpm
- o variasi draft : 0,03 m, 0,07 m dan 0,13 m

Data yang diambil berupa :

- o tegangan tali di setiap kondisi (menjadi hambatan total kapal)
- o waktu tempuh kapal model pada jarak lintasan yang sama (untuk mencari kecepatan kapal)

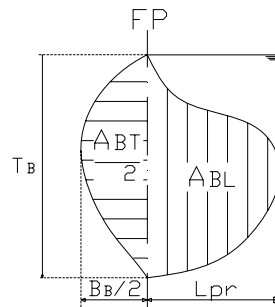
Proses percobaan dengan metode uji tarik yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan di kolam percobaan dengan panjang 20 m, lebar 10 m, dan kedalaman 1,5 m
2. Digunakan model kapal tipe *bulk cargo* dengan $L_{pp} = 2,385$ m, $B = 0,323$ m, $T = 0,13$ m, $H = 0,19$ m, $C_b = 0,76$
3. Ditentukan titik 1 dan titik 2 pada panjang kolam percobaan yaitu sepanjang 6 m
4. Kapal model ditarik menggunakan mesin tarik dengan lintasan pada panjang kolam percobaan
5. Pada titik 1, besarnya tegangan tali dilihat pada strain gauge yang terletak pada haluan kapal
6. Waktu tempuh kapal mulai dihitung pada titik 1 dan berhenti pada titik 2



Gambar 1. Set Up Alat Uji Tarik

3.2 Persiapan Model *Bulbous Bow*



Gambar 2. Penampang Bulbous Bow

Penampang Melintang dan Memanjang *Bulbous Bow* pada Garis Tegak Haluan

Keterangan gambar : L_{pp} = panjang kapal diantara garis tegak, FP = garis tegak haluan, L_{pr} = panjang maksimum *bulbous* dari FP, B_b = lebar maksimum dari *bulbous*, T_b = tinggi

bulbous, ABT = luas penampang melintang *bulbous* pada FP, ABL = luas penampang memanjang *bulbous* dari FP

Digunakan desain empiris dan *bulbous bow* berbahan dasar fiberglass. Dengan dimensi dari tiap *bulbous bow* sebagai berikut :

Tabel 1.
 Dimensi 5 tipe *Bulbous Bow*

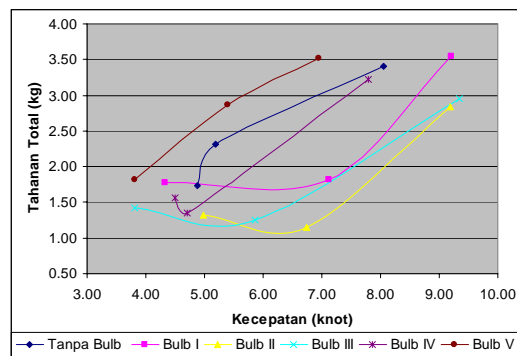
	Bulb I	Bulb II	Bulb III	Bulb IV	Bulb V
Abt (cm ²)	119.5	131.2	121.6	216.4	196.1
Abl (cm ²)	186.1	156.3	160.8	146.4	166.5
Lpr (cm)	6.6	5.4	6.9	5.5	5.3
Bb (cm)	4.3	2.4	5.5	8.2	4.8
Tb (Cm)	11.3	10.6	8.0	10.4	11.0

4. Hasil dan Analisa

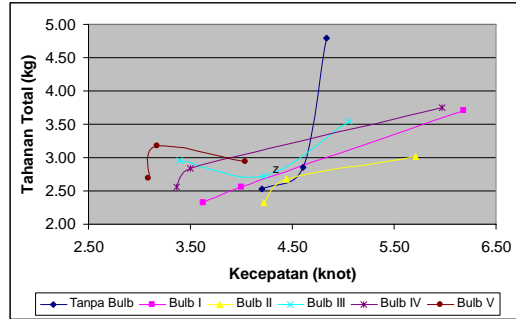
4.1 Tahanan Total (kg) terhadap Kecepatan (knot)

Dari data yang didapatkan pada percobaan, dapat dicari kecepatan kapal (m/s) dengan membagi jarak lintasan dengan waktu tempuh kapal model, sehingga dapat terlihat pada gambar 3, 4, dan 5 perbandingan tahanan total kapal model terhadap kecepatan dalam knot.

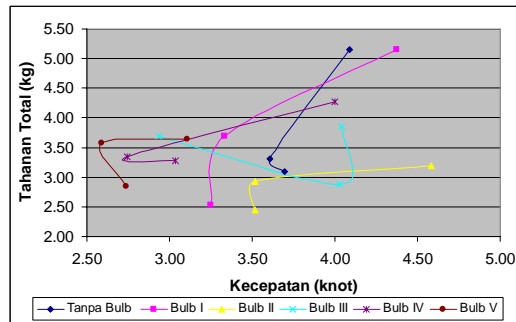
Pada tiap gambar terlihat bahwa perbandingan antara tahanan kapal model dengan kecepatannya tidak selalu linear dan secara umum penambahan *bulbous bow* mempengaruhi tahanan total kapal baik pengaruh positif maupun negatif.



Gambar 3.
 Grafik Perbandingan Tahanan Total Terhadap Kecepatan Pada Draft 0,03 m



Gambar 4.
 Grafik Perbandingan Tahanan Total Terhadap Kecepatan Pada Draft 0,07 m

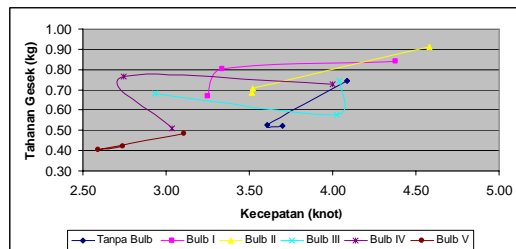


Gambar 5.
 Grafik Perbandingan Tahanan Total Terhadap Kecepatan Pada Draft 0,13 m

Pada gambar 3, perbandingannya hampir selalu linear, dikarenakan sebagian besar *bulbous bow* ini masih berada di atas permukaan air dimana *bulbous bow* akan bekerja efektif jika terbenam keseluruhan bagiannya, sehingga pada kondisi kapal kosong belum bisa dijadikan acuan untuk mengetahui pengaruh *bulbous bow* pada tahanan kapal. Sedangkan pada kedua *draft* selanjutnya, mulai terdapat perbedaan yang cukup mencolok pada tiap bentuk kapal. Untuk dapat mengetahui pengaruh bentuk *bulbous bow* secara menyeluruh, kondisi yang tepat adalah pada saat kapal dalam kondisi muatan penuh.

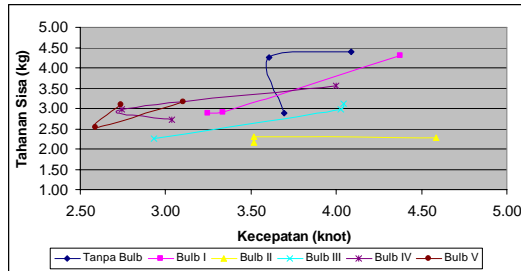
4.2 Pengaruh *Bulbous Bow* pada tiap Komponen Tahanan Kapal

Tahanan total yang diderita oleh kapal terdiri dari tahanan sisa dan tahanan gesek, dimana dengan perhitungan dapat diketahui besarnya nilai tiap komponen tahanan tersebut. Dengan menggunakan persamaan (2) didapatkan nilai C_t , kemudian dicari nilai C_f dengan persamaan (6) pada air tawar dengan temperatur air 30°C. Kemudian untuk mendapatkan nilai C_r digunakan persamaan (5). Setelah nilai tiap koefisien spesifik tersebut, nilai C_f dan C_r kembali digunakan dalam persamaan (3) dan (4), sehingga dihasilkan nilai tiap komponen tahanan total kapal model.



Gambar 6.
 Grafik Perbandingan Tahanan Gesek Terhadap Kecepatan Pada Draft 0,13 m

Gambar 6 memperlihatkan pada kondisi muatan penuh (*full load*), dengan membandingkan pada kapal model tanpa *bulbous bow* pada kecepatan yang sama, penambahan *bulbous bow* ini meningkatkan tahanan gesek yang diderita kapal. Penambahan tahanan gesek ini disebabkan oleh adanya penambahan luas permukaan basah kapal sehingga semakin besar massa air yang ikut terseret ketika kapal bergerak.



Gambar 7.
 Grafik Perbandingan Tahanan Sisa Terhadap Kecepatan Pada Draft 0,13 m

Porsi terbesar dari tahanan sisa adalah tahanan gelombang yaitu ketika kapal bergerak pada kecepatan tertentu akan terbentuk gelombang. Gambar 7 memperlihatkan tahanan sisa yang diderita kapal menggunakan *bulbous bow* pada muatan penuh dibandingkan kapal tanpa *bulbous bow* pada kecepatan yang sama memiliki nilai tahanan sisa yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena pengaruh *bulbous bow* yang memperbaiki sistem gelombang haluan kapal. Ketika kapal bergerak dengan kecepatan tertentu, *bulbous bow* ini ikut bergerak dengan kecepatan yang sama, dimana ketika terbentuk sistem gelombang haluan, *bulbous bow* ini juga akan membentuk sistem gelombangnya sendiri. Umumnya, gelombang haluan pertama yang terjadi merupakan gelombang dengan puncak positif, karena puncak positif gelombang terjadi ketika aliran air berubah secara tiba-tiba. Perletakkan *bulbous bow* secara tepat, akan membentuk sistem gelombang yang berlawanan dengan sistem gelombang haluan, dimana ketika terjadi puncak negatif pada sistem gelombang haluan, *bulbous bow* akan membentuk sistem gelombang dengan puncak positif, sehingga sistem gelombang yang terjadi akan saling meniadakan dan memperkecil tinggi gelombang yang terjadi. Hal ini berarti pengurangan terhadap energi terbuang akibat pembentukan gelombang dan mengurangi tahanan sisa yang diderita kapal.

4.3 Bentuk *Bulbous Bow* Optimum

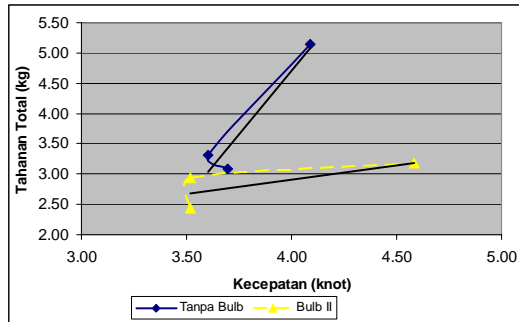
Pada gambar 5 terlihat bentuk *bulbous bow* II adalah bentuk optimum pengurangan tahanan total kapal model. Dari bentuk *bulbous bow* ini dapat ditentukan rasio geometri *bulbous bow* yang sesuai dengan bentuk lambung kapal model, seperti yang terlihat pada tabel 2.

Tabel 2.
 Rasio Geometri *Bulbous Bow* yang Sesuai Dengan Lambung Kapal Cargo

Abl/Amidship	15.92
Abt/Amidship	13.57
Sb/Smodel	1.47
i/Lpp	0.92
Lb/Lpp	2.22
Bb/B	0.17

Dengan bentuk *bulbous bow* ini, pengurangan tahanan total rata-rata mencapai 13% pada kondisi muatan penuh dan pada range kecepatan kapal model antara 3,5 knot sampai 4,5 knot.

Untuk dapat lebih melihat keuntungan penggunaan *bulbous bow* II dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Performa Kapal Dengan Bulb II Terhadap Kapal Tanpa *Bulbous Bow*

Pada gambar 8, dapat terlihat *bulbous bow* II akan bekerja lebih efektif mengurangi tahanan total kapal pada kecepatan tinggi karena semakin tinggi kecepatan kapal, tahanan gelombang yang terjadi juga semakin meningkat.

5. Kesimpulan

1. Penambahan *bulbous bow* pada haluan kapal tidak selalu menguntungkan, disarankan untuk melakukan percobaan pada model kapal rancangan untuk mengetahui bentuk *bulbous bow* yang paling optimum .
2. Pengaruh penambahan *bulbous bow* secara umum pada tiap komponen tahanan kapal adalah sebagai berikut :
 - *Bulbous bow* menambah tahanan gesek dari kapal karena adanya penambahan luas permukaan basah
 - *Bulbous bow* memperkecil tahanan sisa kapal, karena bentuk sistem gelombang yang dihasilkan oleh *bulbous bow* tersebut mempengaruhi sistem gelombang haluan.
 - Resultan dari kedua komponen tersebut akan menentukan tahanan total yang terjadi terhadap kapal. pengurangan tahanan total kapal baru akan terjadi jika pengurangan tahanan sisa lebih besar dari pada penambahan tahanan gesek
3. Dari hasil percobaan untuk model kapal cargo dengan cb kapal = 0,76, bentuk *bulbous bow* yang sesuai dengan lambung kapal tersebut adalah *bulbous bow* dengan rasio geometri terhadap lambung kapal sebagai berikut :

Abl/Amidship	15.92
Abt/Amidship	13.57
Sb/Smodel	1.47
i/Lpp	0.92
Lb/Lpp	2.22
Bb/B	0.17

6. Daftar Pustaka

- [1] Harvald, Sv.Aa., "Tahanan dan Propulsi Kapal", Airlangga University Press, Surabaya, 1992.
- [2] MT, Ir. Marcus A. Talahatu., "Teori Merancang Kapal", FT. UI., Jakarta, 1985.
- [3] Sastrodiwongso, Teguh., "Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak", 1998.
- [4] Anonim., "Resistance and Powering of Ships"