

Analisa Tahanan Total Pada Bentuk Kapal Di Bawah Air (*Underwater Vechiles*) Dengan Rasio Bentuk Lambung (L/D)

M.Baqi^{1*}, M.I Kurniawan², Gunawan³ dan Yanuar⁴

^{1,3}Program Studi Teknik Perkapalan, Departemen Teknik Mesin,
Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, 16424, Indonesia

²Mahasiswa Program sarjana Program Studi Teknik Perkapalan,
Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus UI
Depok, 16424, Indonesia

⁴Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424

* email : baqi@eng.ui.ac.id

Abstrak

Penelitian tentang upaya penghematan energi sangat meningkat dalam beberapa dekade terakhir ini. Khususnya efisiensi penggunaan konsumsi bahan bakar yang pada saat ini menghadapi situasi krusial. Salah satu aspek desain yang sangat berpengaruh yaitu tahanan total kapal berkaitan dengan perhitungan daya mesin utama kapal, biaya operasional kapal dan konsumsi bahan bakar. Optimalisasi bentuk lambung, *length per diameter* (L/D) menjadi topik yang menarik dalam pengurangan tahanan total kapal yang dipengaruhi oleh luas permukaan badan kapal yang menyebabkan terjadinya hambatan gesek (*skin friction*) dan bentuk kapal (*form factor*) yang menyebabkan terjadinya tahanan tekanan (*pressure drag*). Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan pengurangan tahanan total yang optimal dengan rasio bentuk lambung (L/D). Penelitian dilakukan pada towing tank mini dengan menggunakan 3 (tiga) buah model kapal dengan panjang 25 cm, lebar \pm 2,5 cm, dan sarat 2,5 cm dengan rasio L/D 5,7, 6,6 dan 8,3 terbuat dari fiber. Pengukuran tahanan total pada variasi kecepatan kapal dilakukan dengan *loadcell* yang diletakan pada kereta penarik (*Towing Carriage*). Hasil penelitian mengenai bentuk lambung yang optimal terlihat pada grafik tahanan total kapal terhadap perubahan kecepatan bilangan *froude*. Tahanan total terkecil dicapai oleh rasio bentuk lambung L/D 5,7.

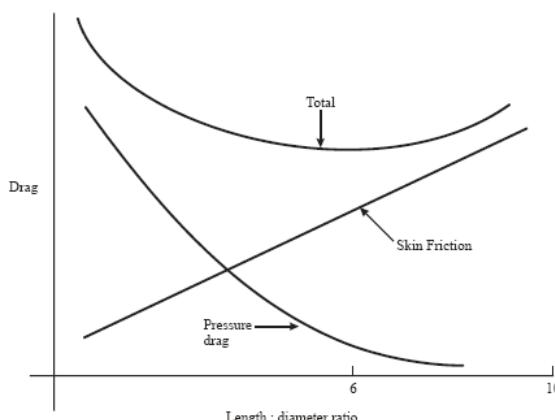
Keywords: underwater vichiles, tahanan total, rasio bentuk lambung (L/D)

Pendahuluan

Pemanfaatan energi yang lebih efisien menjadi perhatian masyarakat dunia mengingat persediaan energi yang semakin terbatas, baik itu pada alat transportasi maupun dalam hal lain. Penelitian tentang upaya penghematan energi sangat meningkat dalam beberapa dekade terakhir ini. Penggunaan bahan bakar yang efisien menjadi salah satu isu yang sangat populer di masyarakat saat ini. Khususnya efisiensi penggunaan konsumsi bahan bakar yang pada saat ini menghadapi situasi krusial.

Salah satu aspek desain yang sangat berpengaruh yaitu tahanan total kapal berkaitan dengan perhitungan daya mesin utama kapal, biaya operasional kapal dan konsumsi bahan bakar. Optimalisasi bentuk lambung, *length per diameter* (L/D) menjadi topik yang menarik dalam pengurangan tahanan total kapal yang dipengaruhi oleh luas permukaan badan kapal yang menyebabkan terjadinya hambatan gesek (*skin friction*) dan bentuk kapal (*form factor*) yang

menyebabkan terjadinya tahanan tekanan (*pressure drag*) (Bertram, 2000). Kedua komponen tahanan ini sangat dipengaruhi oleh bentuk dari lambung kapal terutama untuk bentuk kapal di bawah air (*underwater vehicles*) seperti kapal selam. Instalasi pembangkit daya pada kapal selam menghabiskan 35% dari berat kapal dan 50% dari volume keseluruhan. Seperti diketahui, kebutuhan daya dari kapal selam tergantung dari kecepatan operasional dan bentuk dari kapal selam itu sendiri (Burcher, 1994).



Gambar1. Hubungan antararasio L/D dan komponen tahanan total pada kapal selam.

Pada **Gambar1** menurut **Joubert, 2004** pada *displacement* yang sama, tahanan tekanan dapat dikurangi dengan membuat lambung yang lebih panjang dan lebih ramping, akan tetapi hal ini berdampak pada bertambahnya luas bidang basah yang mengakibatkan bertambah besarnya nilai dari tahanan gesek.

Tujuan penelitian ini mengarah pada tahanan total terkecil yang dapat dihasilkan dengan variasi bentuk rasio L/D pada kondisi *displacement* yang sama, tahanan total terdiri atas komponen tahanan tekanan dan tahanan gesek pada kapal selam. Kapal selam model dengan rasio L/D 5.7, 6.6, dan 8.3 digunakan dalam penelitian ini. Kapal selam model diuji dengan menggunakan *towing tank* mini yang ada di Program Studi Teknik Perkapalan, Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia yang telah disesuaikan dengan rasio *towing tank* menurut ITTC (*International Towing Tank Conference*).

Analisis Formula

Standar internasional dari ITTC mengklasifikasikan tahanan kapal di air tenang (calm water), secara praktis dalam dua komponen tahanan utama yaitu tahanan viskos (*viscous resistance*) yang terkait dengan bilangan *Reynolds* dan tahanan gelombang (*wave making resistance*) yang bergantung pada *Froude*, dimana korelasi kedua komponen tersebut diperlihatkan dalam persamaan berikut :

$$C_{T(R_e, F_r)} = C_{V(R_e)} + C_{W(F_r)} = (1 + k)_{(F_r)} C_{F(R_e)} + C_{W(F_r)} \quad (1)$$

Tahanan gelombang (*C_w*) mengandung komponen fluida ideal (*inviscid*) dan tahanan viskos atau kekentalan (*C_v*) meliputi tahanan akibat tegangan geser (*friction drag*) dan komponen tekanan kekentalan (*viscous pressure*). Koefisien total

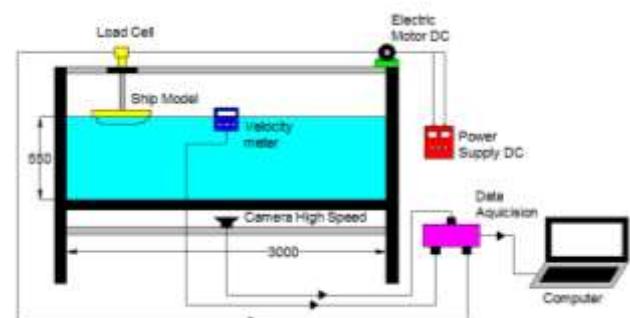
tahanan kapal dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho \cdot WSA \cdot V^2} \quad (2)$$

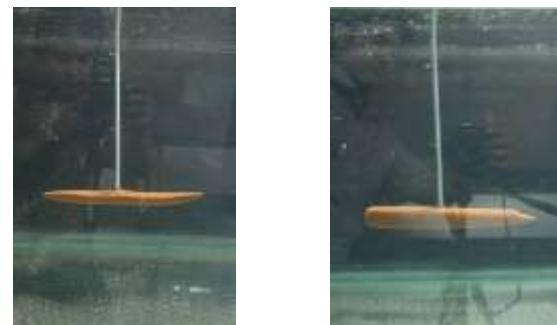
Tahanan menurut *Froude* merupakan fungsi dari bentuk, kecepatan dan viskositas. Untuk menyatakan besarnya tahanan gesek maka berhubungan dengan viskositas dan bilangan *reynoldnya*. Sedangkan untuk menyatakan besarnya gelombang yang terbentuk berhubungan dengan gaya gravitasi yang terjadi akibat dari bentuk lambung kapal. Maka untuk menyatakan besarnya tahanan bentuk atau tahanan sisa dapat menggunakan *Froude's Number* (Fn)

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (3)$$

MetodaEksperimen



Gambar2. Mini Towing Tank, Lab.Teknik Perkapalan UI



(a)

(b)



(c)

Gambar3. Tigabuah kapal model (a) L/D = 6,6 , (b) L/D = 8,3, dan(c)L/D = 5,7

Tabel1. Parameter Desain Model KapalSelam

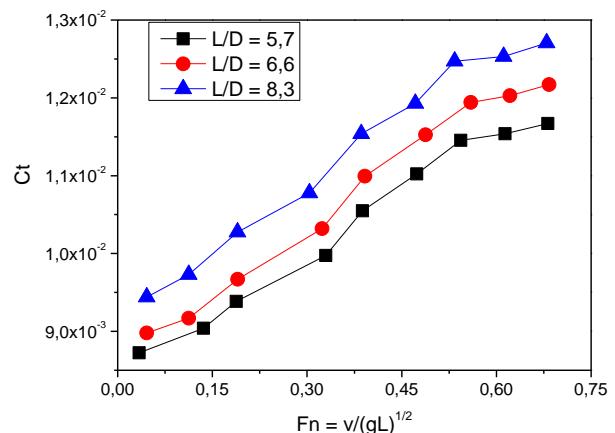
PARAMETER R DESAIN	MODEL KAPAL		
	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
<i>L</i>	0,25	0,25	0,5
<i>D</i>	0,044	0,038	0,030
<i>L/D</i>	5,7	6,6	8,3
Δ	0,24	0,24	0,24

Pada Gambar2, eksperimental

setup yang akan dilakukan pada pengujian model kapal selam. Pengujian tidak mempertimbangkan efek *bouyancy* dari kapal. Terdiri dari motor listrik DC, voltage regulator, load cell anemometer, kamera high speed, velocitymeter, kereta penarik (towing carriage), dan data akusisi serta kapal model. Percobaan dilakukan dengan variasi kecepatan dengan mevariasikan voltase pada motor listrik. Kereta penarik dihubungkan pada loadcell anemometer untuk mendapatkan tegangan tarik (tahanan total). Pengukuran kecepatan model kapal selam dengan velocitymeter diletakan pada jarak 1 meter (terminal velocity) setelah dilakukan penarikan, kecepatan kapal dihubungkan pada bilangan froude. Kemudian pada jarak yang sama digunakan kamera high speed untuk mendapatkan gelombang yang dibentuk oleh model kapal selam. Data tegangan tarik, kecepatan kapal, dan hasil gambar dihubungkan pada data akusisi sehingga didapatkan secara real time. Pada **Gambar3** dan **Tabel1** menggunakan 3 (tiga) buah model kapal selam dengan panjang 25 cm, lebar + 2,5 cm, dan sarat 2,5 cm dengan rasio *L/D* 5,7, 6,6 dan 8,3 terbuat dari fiber digunakan dalam penelitian.

Hasil dan Pembahasan

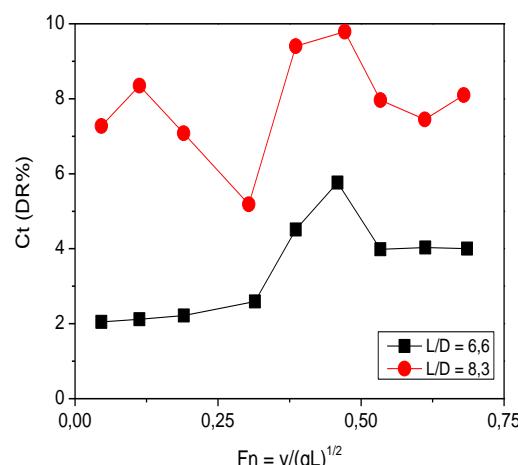
Beberapa data perbandingan kapal selam model dengan rasio *L/D* = 5,7 – 8,3 dengan karakteristik tahanan total.



Gambar4. Hubungan tahanan total dengan rasio *L/D*

Pada **Gambar4** memperlihatkan perbandingan nilai koefisien tahanan total terhadap *Fn* dari setiap rasio *L/D* yaitu 5,7, 6,6, dan 8,3. Secara umum, nilai koefisien tahanan total pada setiap model kapal selam memiliki *trend* yang hampir serupa yaitu mengalami kenaikan setiap pertambahan Froude Number. Fenomena *hump resistance* terjadi sekitar *Fn* 0,3. Pengembangan terhadap bentuk lambung kapal selam yang ideal terhadap rasio *L/D* menunjukkan 5,7 memiliki koefisien tahanan total terkecil.

Hal ini juga disebutkan oleh **Bertram (2000)** bahwa efek panjang berpengaruh terhadap tahanan gesek sedangkan diameter berpengaruh terhadap tahanan tekanan. Juga menurut **R.J Daniel (1983)** seorang direktur manajer pembangunan kapal perang, British Shipbuilders bahwa *zero parallel middle body* akan berkaitan dengan pengurangan terhadap tahanan drag dan efek dari pengurangan rasio *L/D* adalah menurunnya *surface area* sehingga tahanan gesek juga menurun, dimana menurutnya pada rasio *L/D* sekitar 6. Tahanan total yang kecil terjadi pada rasio *L/D* mendekati nilai 6 setelah itu terjadi peningkatan kembali hal ini pertambahan panjang sebagai efek bertambah *surface areanya*.



Gambar5. Hasil Perhitungan Pengaruh Penambahan rasio *L/D*

Pada Gambar5 menunjukkan bahwa pengaruh peningkatan tahanan total terhadap peningkatan rasio L/D. Efek peningkatan ini didapat sekitar 10% pada rasio L/D 8,3. Ini juga berarti rasio L/D dapat berpengaruh kepada pengurangan besar tahanan yang terjadi pada kapal selam.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang rasio L/D dapat berpengaruh kepada pengurangan besar tahanan total kapal selam. Rasio L/D optimum dicapai sekitar $L/D = 6$ setelah itu terjadi peningkatan tahanan total. Penelitian ini masih terus dikembangkan terutama pengujian tetang tahanan gesek dan tahanan tekanan dalam rangka untuk mendapatkan pemahaman lebih lanjut tentang topic ini, dalam rangka menerapkan metode untuk skala penuh kapal.

Ucapan Terimakasih

Riset Awal UI 2013. Dana Hibah Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Universitas Indonesia

Nomenklatur

ρ	: massa jenis (kg/m^3)
CT	: koefisien tahanan total
WSA	: luasan bidang basah (m)
V	: kecepatan kapal (m/s)
Fn	: bilangan Froude
g	: gravitasi (m/s^2)
L	: Panjangkapal (m)
Δ	: Displacement (kg)

Referensi

Prof. P.N.Joubert *Some Aspects of submarine Design Part 1. Hydrodynamics*. Australian Goverment. Department of Defence Science and Technology Organisation.(1983)

Harvald, SV. AA. *Tahanan dan Propulsi Kapal* (Terj. dari *Resistance and Propulsion of Ship, Jusuf S.*). Surabaya: Airlangga University Press. (1992)

Yanuar, Gunawan, dan M.Baqi. *Pengurangan Hambatan Aliran pada Celah Silinder Koaksial Akibat Slip*. Jurnal Teknologi Mesin Petra Christian University. Vol 12 No. 2 (2010)

Yanuar, Gunawan and M. Baqi, "Characteristics of Drag Reduction by Guar Gum in Spiral Pipes"

Journal Teknologi Malaysia. Vol.58, pp. 95–99.(2012)

P. E. Kolattukudy. *Natural Waxes on Fruits*. Institute of Biological Chemistry, Washington State University, Pullman