

ANALISIS NILAI HAMBATAN TOTAL DENGAN PERUBAHAN SARAT KAPAL KM. KENDHAGA NUSANTARA 6

Budi Utomo, Sulaiman

Program Studi D3 Teknologi Perancangan dan Konstruksi Kapal, Departemen Teknologi Industri,
Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

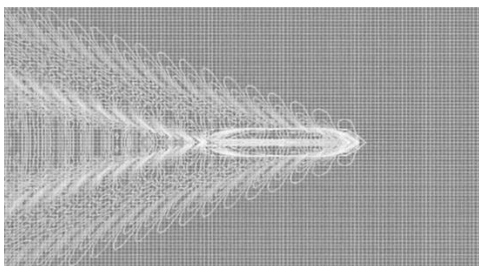
ABSTRACT

The calculation of total resistance value is important of ship because affects the speed of fluid flow that occurs, as well as the speed of the ship. So that in the designing new ships, sea trials are needed to find out whatever the preparedness of the ship is planned. The purpose is to obtain the value of the total resistance and the coefficient of ship resistance KM. Kendhaga Nusantara 6 uses the calculation method for each ship draught/loading condition. The Method used is experimental method with numerical value approach, Denny Mumford theory and Froude's number. The results show that the largest Total Resistance (Rt) is 5646,02 kN, it was found when speed of ship was 12 knots and draught ship 3,5 meters, with a coefficient value (Ct) of $7,757 \times 10^{-3}$. The difference in value (Ct) is $0,032 \times 10^{-3}$ or 0.41%, and it is still in the criteria because it is below 5%.

Keywords: Ship Resistance; Ship Draught; Km. Kendhaga Nusantara 6.

PENDAHULUAN

Negara Indonesia terdiri dari banyak pulau dan salah satu sarana transportasi yang digunakan adalah transportasi kapal. Seiring dengan perkembangan dunia desain dan teknologi, desain perencanaan kapal telah berkembang sangat cepat[1],[2]. Masalah yang cukup penting dalam desain kapal adalah di mana desain kapal dibuat sedemikian rupa sehingga nilai jumlah hambatan cukup efektif[3],[4]. Nilai hambatan kapal mempengaruhi pencapaian efisiensi optimal baik dalam ekonomi dan kinerja operasional. Kinerja operasional kapal akan mempengaruhi biaya operasional kapal yang ditimbulkan[5]. Belum lagi jika kapal adalah kapal sebagai sarana transportasi nasional. Karena pada dasarnya, ketika kapal beroperasi pada kecepatan tertentu, lambung akan menghasilkan aliran fluida[6]. Aliran fluida ini akan mengalir ke buritan dan membentuk arus. Gesekan antara lambung dan fluida menghasilkan hambatan kapal seperti pada Gambar 1. Jadi perhitungan nilai hambatan total kapal ketika kapal beroperasi menjadi penting karena hal itu mempengaruhi kecepatan aliran fluida yang terjadi, serta besarnya kecepatan kapal[7],[8]. Ketika kapal beroperasi, kapal akan membawa muatan penuh sesuai dengan perhitungan perencanaan kapal.



Gambar 1. Pola gelombang laut yang dihasilkan lambung kapal

Sehingga dalam pembangunan kapal baru diperlukan *sea trial* yang digunakan untuk mengetahui seberapa jauh kesiapan kapal yang direncanakan. Hal ini sejalan dengan kondisi aktual di bidang operasi kapal, kondisi pemuatan kapal yang bervariasi. Pada saat-saat kapal beroperasi tanpa beban, namun ketika situasi kapal bermuatan, besarnya hambatan kapal yang dihasilkan oleh gesekan lambung juga akan berubah[9].

Penelitian sebelumnya oleh Huang dengan judul "*Investigation on the mechanical design and manipulation hydrodynamics for a small sized, single body and streamlined I-AUV*" menunjukkan nilai komparatif antara beban pada kapal yang ditampilkan dari perubahan sarat kapal karena pemuatan kapal dari pemuatan kargo dan pemuatan ballast. Nilai hambatan yang ditunjukkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dengan beban penuh (*cargo load*) itu sebenarnya memiliki nilai hambatan yang lebih kecil 35% dari pada beban *ballast* (*ballast load*) [10]. Dalam sebuah studi oleh Seok dengan judul "*Numerical simulation of resistance performance according to surface roughness in container ships*" menunjukkan perbedaan antara perubahan desain bentuk lambung kapal container dan variasi dalam kecepatan kapal terhadap nilai hambatan total. Studi ini menunjukkan hasil dari perbedaan nilai hambatan Total dengan kecepatan dengan jenis tertentu saja yang memiliki modifikasi menghasilkan perbedaan kurang dari 5%. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk lambung dapat mempengaruhi perubahan nilai hambatan total kapal[11]. Sejalan dengan studi, penelitian oleh Terziev dengan judul "*A geosim analysis of ship resistance decomposition and scale effects with the aid of CFD*" menunjukkan perbedaan dalam nilai bentuk lambung kapal model lambung. Peran eksperimen dan modifikasi pada lambung kapal dengan tipe kapal catamaran sangat

berpengaruh pada nilai hambatan. Semakin kecil nilai permukaan basah di kapal akan mempengaruhi hambatan kapal ketika beroperasi. Selain itu bentuk kapal dengan tipe catamaran dapat memudahkan kapal untuk mengeksplorasi dan mengurangi efek gelombang yang timbul dari kapal [12]. Dalam sebuah studi oleh Peng dengan judul "*Wave pattern and resistance prediction for ships of full form*" menunjukkan perubahan dalam modifikasi bentuk lambung kapal memberikan akibat pada hambatan total kapal dari bentuk gelombang laut yang ditimbulkan. Seperti pada kapal *Anchor Handling Tug Supply Vessel* (AHTS) sebagai kapal dengan kebutuhan manouver yang cukup tinggi membuat hasil perhitungan hambatan lambung perlu dipertimbangkan[13]. Hukum Bernoulli mengilustrasikan konsep dasar aliran fluida (cairan dan gas) yang mengalir sehingga menimbulkan kecepatan dalam aliran cairan atau gas, dapat menyebabkan penurunan tekanan pada fluida atau gas[14],[15],[16]. Yang dalam hal ini berarti, akan ada penurunan energi potensial dalam aliran fluida. Namun, terkait dengan hukum Bernoulli, sebuah fluida dikatakan memiliki peningkatan aliran, jika cairan mengalir dari satu bagian dengan tekanan tinggi ke bagian lain yang memiliki tekanan rendah. Yang juga berlaku jika fluida memiliki penurunan aliran, fluida mengalir dari bagian tekanan rendah, ke bagian lain yang memiliki tekanan tinggi [17],[18].

Sehingga adanya suatu korelasi dan hubungannya dengan penelitian terdahulu tersebut terlihat dari penelitian ini adalah analisa Hambatan Total dari KM. Kendhaga Nusantara 6 dengan DWT 2476 Ton yang telah ada dan selesai pembangunannya. Hal ini merumuskan suatu hipotesis sementara bahwa perbandingan nilai setelah uji pelayaran kapal (*sea trial*) dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan perencanaan desain bentuk lambung kapal kedepannya dengan metode kapal pembanding (*sister ship*). Demikian halnya dengan penelitian– penelitian yang dilakukan sebelumnya berkaitan dengan eksperimen simulasi perhitungan hambatan total kapal dengan modifikasi desain dan model tipe kapal yang berbeda-beda pula.

Dalam penelitian ini, batasan masalahnya adalah desain dan dimensi kapal menggunakan KM. Kendhaga Nusantara 6, penelitian mengacu pada hasil tes uji coba pelayaran di laut KM. Kendhaga Nusantara 6 yang telah dilaksanakan oleh PT. Janata Marina Indah, perhitungan hambatan total karena fluida (air laut), perhitungan dan pengolahan data menggunakan perangkat lunak komputasi, kontur aliran fluida yang dibahas adalah aliran air, hasil akhir dari studi ini adalah hambatan total kapal, tidak menghitung jumlah getaran yang terjadi, tidak menghitung kemungkinan kavitasi. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh nilai dari hambatan total dan koefisien tahanan kapal KM. Kendhaga

Nusantara 6 menggunakan metode perhitungan untuk setiap kondisi sarat / pemuatan kapal.

KAJIAN LITERATUR

Tahanan dan Hambatan Kapal

Salah satu pertimbangan yang sangat mempengaruhi pergerakan kapal di perairan adalah terdapatnya suatu tahanan gesekan kapal. Tahanan atau hambatan ini dipengaruhi oleh luas permukaan basah kapal, viskositas cairan atau kekasaran permukaan basah kapal itu sendiri. Untuk menentukan luas permukaan basah ada beberapa pendekatan numerik yang dapat dipakai diantaranya menurut *Denny Mumford*,

$$S = L (1,7 T + C_b x B) \quad (1)$$

Dimana S adalah luas permukaan basah dalam m², L adalah panjang garis air kapal dalam meter, T merupakan sarat kapal dalam meter, C_b adalah Koefisien Block kapal, dan B adalah lebar kapal dalam meter. Disisi lain terdapat beberapa pendekatan yang digunakan untuk mengetahui kecepatan suatu kapal yang dapat ditentukan dari bilangan Froude. Bilangan ini menggambarkan besarnya tahanan sisa suatu kapal yang sama geometrinya akan berubah menurut besarnya perbandingan berat air yang dipindahkan, asalkan masing-masing memiliki ukuran kecepatan sebagai ukuran panjang garis air pada saat itu. Maka secara matematis dapat ditulis

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (2)$$

Dimana V adalah kecepatan kapal dalam knot, g adalah gravitasi, dan L adalah panjang kapal dalam meter. Munculah suatu parameter yang menggambarkan dari batasan tersebut diklasifikasikan dalam ; kapal lambat (Fr 0,25 – kebawah), kapal sedang (Fr 0,25-0,45), kapal cepat (Fr 0,45 – 0,65). Sehingga dapat dilakukan perhitungan untuk mencari hambatan total dengan rumus hambatan total kapal, yaitu :

$$RT = \frac{1}{2} \rho \cdot C_t \cdot S \cdot V^2 \quad (3)$$

Dimana RT adalah tahanan total dengan satuan kN, ρ adalah masa jenis air laut, C_t adalah koefisien hambatan total, S adalah luas permukaan basah dalam meter², dan V adalah kecepatan kapal dalam knot.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam studi ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental adalah metode penelitian yang digunakan untuk menemukan efek variabel independen pada variabel dependen di bawah kondisi yang terkendali. Variabel independen adalah variabel yang mempengaruhi atau

terjadi karena perubahan atau munculnya variable dependen. Variabel dependen adalah variabel yang dipengaruhi atau terdampak karena variable independen.

Parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Parameter Tetap
 - Dimensi properti *Hull* meliputi:
 - panjang *Waterline* (LWL) (m)
 - lebar (B) (m)
 - kedalaman (H) (m)
- Parameter Peubah
 - kecepatan kapal
 - *draft* (T) m,

Berikut ini adalah data pada kapal Kendhaga Nusantara 6:

- Panjang (m) : 74,05
- Lebar (m) : 14,70
- Tinggi (m) : 4,9
- Draft (m) : 3,5
- Koefisien blok (Cb) : 0,65
- Kecepatan (knot) : 12,00
- Baling pitch tetap : B-4.40 m.screw
- Bahan : perunggu
- Diameter : 1900 mm
- Pitch Propeller : 1667 mm

Untuk variable independen dalam penelitian ini menggunakan perubahan dalam kondisi muatan kapal ketika kapal di ballast penuh, 80%,70%,50%,30%,20%. Dan variasi kecepatan pada kapal sesuai dengan batas maksimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data karakteristik laut yang dimasukkan mengacu pada kondisi kapal yang telah melakukan *sea trial* seperti pada Tabel 1.

Dengan data yang telah dihimpun dilakukan perhitungan dengan pendekatan teori *Denny*

Tabel 1. Data *sea trial*

Sea Trial	1 st	2 nd	3 rd
Arah kapal	75°	315°	100°
kecepatan angin	8 KN	14 KN	13 KN
Kecepatan kapal	10,00 Knot	11,20 Knot	12 Knot

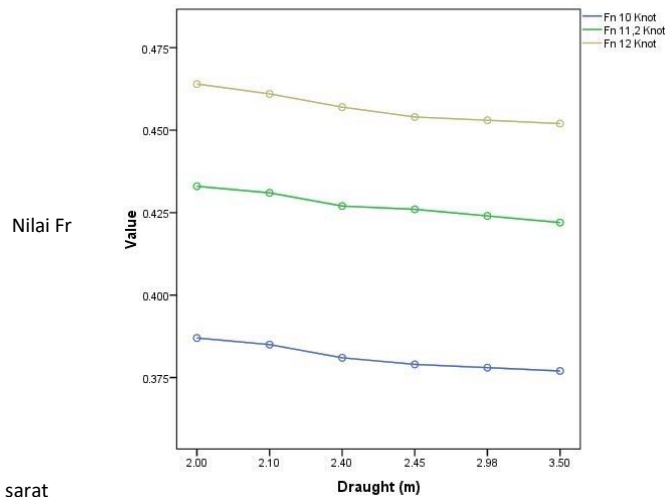
Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan

Sarat (m)	Ballast (%)	Fr (10 Knot)	Fr (11.2 Knot)	Fr (12 Knot)	S (m2)	Ct	Rt(kN)
3.5	100	0.377	0.422	0.452	1113.70	0.007757	5646.02
2.98	85	0.378	0.424	0.453	827.29	0.007762	3708.91
2.50	70	0.379	0.426	0.454	510.73	0.007768	1567.89
2.4	50	0.381	0.427	0.457	499.87	0.007770	993.97
2.10	30	0.385	0.431	0.461	424.48	0.007781	665.36
2	20	0.387	0.433	0.464	374.22	0.007789	446.30

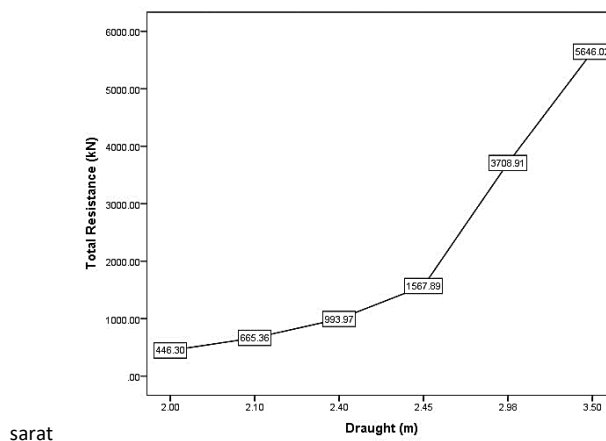
Mumford, Bilangan *Froude*, membandingkan variasi beban balast kapal yang menyajikan kondisi sarat kapal (T) sehingga nilai sarat kapal memiliki variasi yang berbeda seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 kita dapat melihat perbandingan nilai yang sangat bergantung berdasarkan kondisi sarat kapal. Antara perbedaan kondisi memiliki perbedaan terbesar adalah kondisi Fr kecepatan kapal 12 Knot pada sarat kapal 2 m disusul dengan nilai terkecil pada Fr kecepatan kapal 10 Knot pada sarat kapal 3,5 m. Namun demikian *trend* perbedaannya masing-masing perhitungan Bilangan *Froude* (*Fr*) masih dalam kategori kecil yaitu bernilai 0,442% (kurang dari 5%). Hal ini senada dengan pernyataan *Froude*, dimana bilangan ini merupakan besarnya tahanan sisa suatu kapal yang memiliki persamaan geometri akan berubah menurut besarnya perbandingan berat air yang dipindahkan. Sehingga semakin cepat dan dangkal kedalaman kapal yang tercelup maka menghasilkan nilai *Fr* yang semakin besar pula. Begitu pula sebaliknya jika sarat kapal yang tercelup air semakin dalam dan kecepatan semakin mengecil maka tahanan sisa suatu kapal menurut besarnya perbandingan berat air yang dipindahkan semakin kecil nilainya. Jika digolongkan dan digambarkan pada sebuah grafik maka menunjukkan hasil seperti pada Gambar 2. Dari hasil tersebut maka termasuk dalam kategori kapal sedang (*Fr* 0,25-0,45).

Sedangkan pada perhitungan hambatan total kapal (*Rt*) ,dapat diketahui nilai maksimum terdapat pada kondisi kapal dengan ballast terisi 100 % pada sarat kapal 3,5 m yaitu sebesar 5646,02 kN seperti terlihat pada Tabel 2. Kemudian digambarkan pada sebuah grafik menunjukkan *trend* peningkatan hambatan total kapal berdasarkan kondisi setiap Ballastnya yang ditunjukkan dari sarat kapal yaitu semakin dalamnya lambung kapal yang tercelup kedalam air (Gambar 3).



Gambar 2. Perbandingan (F_r) pada setiap kondisi sarat kapal



Gambar 3. Grafik hubungan nilai Total Resistance (R_t) pada setiap kondisi sarat kapal

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan nilai hambatan total (R_t) KM. Kendhaga Nusantara 6 telah mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal beserta kedalaman sarat kapal yang tercelup air. Hasil perhitungan matematis menunjukkan bahwa nilai perhitungan (R_t) terbesar adalah 5646,02 kN, ditemukan ketika kecepatan kapal 12 knot dan pada sarat kapal 3,5 meter, dengan nilai koefisien (C_t) $7,757 \times 10^{-3}$. Ini menunjukkan bahwa nilai gesekan tinggi terjadi pada kecepatan kapal maksimum dan lambung kapal yang direndam dalam air berada dalam kondisi yang telah sepenuhnya tenggelam.

Sementara nilai hambatan total (R_t) terkecil adalah 446.30 kN, ditemukan ketika kecepatan kapal 10 knot dan draft kapal 2 meter dengan nilai koefisien (C_t) sebesar $7,789 \times 10^{-3}$. Dari hasil ini terdapat perbedaan nilai (C_t) sebesar $0,032 \times 10^{-3}$ atau 0,41%, dan masih dalam kriteria karena di bawah 5%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Khristyson SF, Sulaiman S, Prahasti R, 2020, Analisa Investment Casting Perannya untuk Reparasi Towing Beam Kapal Tunda dengan Metode Elemen Hingga, Jurnal Rekayasa Mesin Polines. 15(2):154–162.
2. Khristyson SF, Laksono SH, 2020, Analisa Joint Erection Konstruksi Baja Block B05 & B07 Kapal Patroli Polisi 63 Meter Dengan Mobile Crane 72.000 Ton, Jurnal Proyek Teknik Sipil. 03(1):10–7.
3. Liwång H, 2019, Exposure, vulnerability and recoverability in relation to a ship's intact stability, Ocean Engineering . pp 218-227.
4. Demirel YK, Song S, Turan O, Incecik A, 2019, Practical added resistance diagrams to predict fouling impact on ship performance, Ocean Engineering. pp : 112-123.
5. Manderbacka T, Themelis N, Bačkalov I, Boulougouris E, Eliopoulou E, Hashimoto H, 2019, An overview of the current research on stability of ships and ocean vehicles: The

- STAB2018 perspective, *Ocean Engineering* . pp : 90-102.
6. Bulian G, Cardinale M, Francescutto A, Zaraphonitis G, 2019, Complementing SOLAS damage ship stability framework with a probabilistic description for the extent of collision damage below the waterline, *Ocean Engineering*. pp : 73-85.
 7. Chen Z, Chen D, Zhang Y, Cheng X, Zhang M, Wu C, 2020, Deep learning for autonomous ship-oriented small ship detection, *Safety Science* pp :812-823.
 8. Zhang W, He X, Li W, Zhang Z, Luo Y, Su L.2020, An integrated ship segmentation method based on discriminator and extractor, *Image and Vision Computing* pp : 24-39.
 9. Terziev M, Tezdogan T, Incecik A, 2020, A posteriori error and uncertainty estimation in computational ship hydrodynamics, *Ocean Engineering*. pp : 434-445.
 10. Hai H, Zexing Z, Jiyong L, Qirong T, Wanli Z, Wang G, 2019, Investigation on the mechanical design and manipulation hydrodynamics for a small sized, single body and streamlined I-AUV, *Ocean Engineering*. pp :106-118.
 11. Seok J, Park J-C, 2020, Numerical simulation of resistance performance according to surface roughness in container ships, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. pp :11-9.
 12. Terziev M, Tezdogan T, Incecik A, 2019, A geosim analysis of ship resistance decomposition and scale effects with the aid of CFD, *Applied Ocean Research* pp : 930-943.
 13. Peng H, Ni S, Qiu W, 2014, Wave pattern and resistance prediction for ships of full form, *Ocean Engineering* pp :62-73.
 14. Cepowski T, 2020, The prediction of ship added resistance at the preliminary design stage by the use of an artificial neural network, *Ocean Engineering*. pp 57.
 15. Islam H, Guedes Soares C, 2020, Uncertainty analysis in ship resistance prediction using OpenFOAM, *Ocean Engineering*. pp ; 805-820.
 16. Kim M, Hizir O, Turan O, Day S, Incecik A, 2017, Estimation of added resistance and ship speed loss in a seaway, *Ocean Engineering* pp: 465-76.
 17. Hashimoto H, Yoneda S, Omura T, Umeda N, Matsuda A, Stern F, 2019, CFD prediction of wave-induced forces on ships running in irregular stern quartering seas, *Ocean Engineering* pp: 277-285.
 18. Gong H, Polojärvi A, Tuhkuri J, 2019, Discrete element simulation of the resistance of a ship in unconsolidated ridges, *Cold Regions Science and Technology* pp: 855-865.