

Uji Metode Non Dimensional Performa Kapal Model

Yanuar dan M.Baqi

Departemen Teknik Mesin
Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok 16424
Depok, Indonesia

Phone: +62-21-727 0032, FAX: +62-21-727 0033, E-mail: yanuar@eng.ui.ac.id

ABSTRAK

Metode non dimensional dikembangkan untuk memprediksi peningkatan performa kapal berdasarkan perbandingan komponen-komponen tingkat kekasaran kapal, kecepatan kapal, jarak tempuh dengan volume dari komponen-komponen penghasil gaya gerak.

Tujuan dari penelitian ini adalah memudahkan para perancang kapal untuk mengestimasi peningkatan performa kapal jika dikenai perubahan pada komponen-komponen tertentu. Secara matematis metode ini tampaknya cukup menjanjikan untuk diaplikasikan dalam mendisain kapal baru atau untuk meningkatkan performa kapal yang sudah ada. Namun suatu pengujian mutlak diperlukan untuk melihat seberapa tepatnya metode yang dikembangkan tersebut.

Keywords: Metode non dimensional, komponen gaya gerak, performa kapal

1. Pendahuluan

Saat ini pengetahuan fenomena aliran yang menyelubungi benda bentuk badan kapal yang bergerak di fluida belum bisa dihitung dengan tepat. Para ilmuwan yang berkecimpung dalam memecahkan masalah yang dihadapi oleh perancang pembuat kapal, melakukan percobaan dengan model kapal. William Froude memformulasikan apa yang dikenal sebagai hukum perbandingan (law of comparison) antara model kapal dengan kapal sesungguhnya. Interaksi badan kapal dengan propeller dapat dilakukan di tangki percobaan.

Setelah bentuk kapal dan ukuran diketahui, dibuat model kapal dengan menggunakan metode hukum kesamaan kinematik, hukum kesamaan dinamik, dan hukum kesamaan geometrik. Kecepatan model kapal didapatkan dengan cara menyamakan angka bilangan Froude antara kapal dan model. Dengan metode ini diharapkan peningkatan performa kapal melalui perubahan komponen-komponen tertentu dapat diprediksi secara akurat.

Tujuan dari penelitian ini adalah memudahkan para perancang kapal untuk mengestimasi peningkatan performa kapal jika dikenai perubahan pada komponen-komponen tertentu.

2. Eksperimental Setup

Kapal model yang digunakan adalah kapal model dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kapal Model Jenis Bulk Cargo	
Lpp : 2385 mm	Cb : 0,76
Lebar (B) : 323 mm	Cw : 0,85
Sarat (T) : 130 mm	Cm : 0,98
Tinggi (H) : 190 mm	Cp : 0,77
Displacement : 35,21 Kg	Cp' : 0,89

Pengujian dilakukan dengan melakukan uji tarik pada kapal model menggunakan dua buah keadaan dimana keadaan pertama kapal lambung biasa dan keadaan kedua kapal lambung kasar yang dilapisi dengan keramik.



Gambar 1. Kapal model lambung kasar

Gambar 1 kapal model dengan lambung dikasarkan. Analisa uji tarik dengan mengatur displacement kapal, kecepatan, tinggi sarat pada kapal model.

Tabel 1 Dimensi kapal model





Gambar 2. Pengujian Tarik Kapal

Gambar 2 menunjukkan penampang samping saat kapal model diuji tarik, gaya tarik yang terjadi pada tali menunjukkan nilai hambatan total pada kecepatan tertentu dan data ini digunakan sebagai pembandingan.

3. Landasan Teori

Analisa ini menggunakan metode persamaan non dimensional yang digunakan untuk membantu menjelaskan ukuran suatu kapal rancangan dan komponen utama di dalam kapal tersebut seperti spesifikasi daya kerja, koefisien hambatan, dan volume komponen penghasil gaya. Komponen - komponen pada kapal tersebut seperti pada beberapa persamaan dibawah ini :

$$V = V_O + V_P + V_E + V_B \quad (1)$$

$$W = W_O + W_P + W_E + W_B \quad (2)$$

$$D = \frac{1}{2} C_d \times V^{2/3} \times \rho \times U^2 \quad (3)$$

Perbandingan berat dengan gesekan W/D :

$$\begin{aligned} \frac{W}{D} &= \frac{\rho g V}{C_d \times V^{2/3} \times \frac{1}{2} \times \rho \times U^2} \\ &= \frac{2}{C_d} \left(\frac{g \times V^{1/3}}{U^2} \right) = \frac{2}{C_d} \left(\frac{g \times V_o^{1/3}}{U^2} \right) \left(\frac{V}{V_o} \right)^{1/3} \quad (4) \end{aligned}$$

Efek modifikasi komponen bagian kapal adalah :

- **Efek Peningkatan Teknologi dan Modifikasi yang Spesifik pada Disain Kapal**

$$1 - \frac{V_x}{V} = \frac{V_o}{V} \left(1 - \frac{V_{ox}}{V_o} \right) + \frac{V_b}{V} \left(1 - \frac{V_{bx}}{V_b} \right) +$$

$$\frac{V_p}{V} \left[1 - \frac{(C_d)_o}{C_d} \left(\frac{V_x}{V} \right)^{2/3} \frac{\rho_x}{\rho} \left(\frac{U_x}{U} \right) \frac{\alpha_{px}}{\alpha_p} \right] +$$

$$\frac{V_e}{V} \left[1 - \frac{(C_d)_o}{C_d} \left(\frac{V_x}{V} \right)^{2/3} \frac{\rho_x}{\rho} \left(\frac{U_x}{U} \right)^2 \frac{R_x}{R} \frac{\alpha_{ex}}{\alpha_e} \right] \quad (5)$$

- **Efek Perubahan pada Nilai Koefisien Gesek**

$$\left\{ \begin{array}{l} C_d \text{ dan} \\ R \text{ variasi} \end{array} \right\} = \frac{R_x}{R} = \frac{C_d}{(C_d)_o} \left[1 + \frac{V_p}{V_e} \right] - \frac{V_p}{V_e} \quad (6)$$

- **Efek Perubahan pada Nilai Jarak**

$$\left\{ \begin{array}{l} R \text{ dan} \\ V \text{ variasi} \end{array} \right\} = \frac{R_x}{R} = \frac{\frac{V_x}{V} - 1 + \frac{V_e}{V} + \frac{V_p}{V} \left[1 - \left(\frac{V_x}{V} \right)^{2/3} \right]}{\frac{V_e}{V} \left(\frac{V_x}{V} \right)^{2/3}} \quad (7)$$

4. Hasil dan Diskusi

Analisis pada pengujian metode non dimensional ini dilakukan dengan dua paarameter pendekatan yaitu :

- **Analisis Terhadap Metode Non Dimensional**

Pada Metode non dimensional volume penghasil gaya gerak kapal menjadi salah satu bagian dari perhitungan, mesin-mesin, shaft, propeller, volume daya apung, volume beban dan volume bahan bakar menjadi bagian terintegrasi dalam kapal. Sedangkan pada uji tarik kapal model gaya gerak kapal dihasilkan secara external oleh penarik. Maka perlu diadakan penyesuaian rumus dengan cara mengeliminasi nilai-nilai Volume Vp dan Ve.

$$\frac{V_p}{V_e} = \frac{V_p}{V_e} \quad (8)$$

$$\frac{\frac{U_x}{U} - \frac{C_d}{(C_d)_o}}{\frac{C_d}{(C_d)_o} - 1} = \frac{\frac{C_d}{(C_d)_o} - \left(\frac{U_x}{U} \right)^2}{\left(\left(\frac{U_x}{U} \right)^3 - \frac{C_d}{(C_d)_o} \right)} \quad (9)$$

$$\frac{C_d}{(C_d)_o} = \frac{\left(\frac{U_x}{U} \right)^2}{\left(\frac{U_x}{U} - 1 \right)} \quad (10)$$

$$\frac{C_d}{(C_d)_o} = \frac{D}{U^2} = \frac{D}{D_x} = \frac{D}{D_x} \frac{U_x^2}{U^2} \quad (11)$$

Maka:

$$\frac{D}{D_x} \left(\frac{U_x}{U} \right)^2 = \frac{\left(\frac{U_x}{U} \right)^2}{\left(\frac{U_x}{U} - 1 \right)} \quad (12)$$

Sehingga:



$$\frac{D}{D_x} = \frac{1}{\left(\frac{U_x}{U} - 1\right)} \quad (13)$$

• **Uji Statistik Metode Non Dimensional**

Berdasarkan hasil selisih antara D/Dx dan U/Ux maka diperoleh data sebagai berikut

Tabel 2 Data statistik dari analisa non dimensi

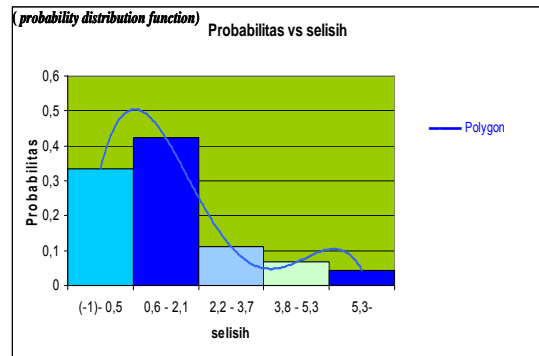
D/Dx	U/(Ux-U)	selisih	perbandingan
2	1,4375	-0,5625	0,71875
1,5	1,714286	0,214286	1,142857143
1,5	1,846154	0,346154	1,230769231
1,5	1,846154	0,346154	1,230769231
1,5	1,846154	0,346154	1,230769231
1	2,333333	1,333333	2,333333333
1,333333	1,866667	0,533333	1,4
1,333333	1,6875	0,354167	1,265625
1	2	1	2
1	1,928571	0,928571	1,928571429
1,333333	1,875	0,541667	1,40625
1,25	2	0,75	1,6
1,25	1,823529	0,573529	1,458823529
1,25	2,133333	0,883333	1,706666667
1	2,133333	1,133333	2,133333333
2	1,833333	-0,16667	0,916666667
1,5	2,3	0,8	1,533333333
1,666667	2,090909	0,424242	1,254545455
1,333333	2,2	0,866667	1,65
2,5	2,2	-0,3	0,88
1,666667	1,923077	0,25641	1,153846154
1,666667	1,6	-0,06667	0,96
1,125	1,857143	0,732143	1,650793651
1,25	1,733333	0,483333	1,386666667
1,5	1,666667	0,166667	1,111111111
1,25	2	0,75	1,6
1,25	2,142857	0,892857	1,714285714
1,25	1,933333	0,683333	1,546666667
1,25	2,071429	0,821429	1,657142857
1,25	1,933333	0,683333	1,546666667
1,5	2,142857	0,642857	1,428571429
2	1,3	-0,7	0,65
1,5	2,142857	0,642857	1,428571429
1,5	1,4	-0,1	0,933333333
1,5	2,142857	0,642857	1,428571429
1,2	4,4	3,2	3,666666667
1,166667	3,666667	2,5	3,142857143

1,4	3,666667	2,266667	2,619047619
1,2	5,75	4,55	4,791666667
1,166667	4,8	3,633333	4,114285714
1,333333	9,333333	8	7

Data-data tersebut terangkum dalam dalam statistik deskriptif berikut:

Tabel 3 hasil olah data

Statistik deskriptif	
Mean	1,336688377
Standard Error	0,289408408
Median	0,683333333
Mode	0,346153846
Standard Deviation	1,941410618
Sample Variance	3,769075187
Kurtosis	5,819208141
Skewness	2,328981455
Range	9,2
Minimum	-0,7
Maximum	8,5
Sum	60,15097696
Count	45
Largest(1)	8,5
Smallest(1)	-0,7
Confidence Level(95,0%)	0,583264312



Gambar 3 Histogram distribusi gamma

Dari gambar 3 bentuk histogram yang terbentuk diperkirakan akan mendekati bentuk distribusi gamma standard. Maka pengolahan data selanjutnya didasarkan pada distribusi gamma standard.

Karena $\mu_x = \alpha\beta$ dan $\sigma_x^2 = \alpha\beta^2$ maka:
 $\sigma_x^2 / \mu_x = \beta = 1,941 / 1,336 = 1,45$
 $\alpha = \mu_x / \beta = 1,336 / 1,45 = 0,9 \approx 1$

Interval selisih yang mungkin terjadi dengan tingkat kepercayaan 90 %:

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = P(X \leq x_2) - P(X \leq x_1)$$



$$= F_G(x_2; 1, 1, 45) - F_G(x_1; 1, 1, 45) = 0,9$$

$$= F_G(x_2/1, 45; 1) - F_G(x_1/1, 45; 1) = 0,9$$

Dari tabel maka dengan tingkat kepercayaan 90 % interval selisih yang terjadi berada dikisaran:

$$0,75 \leq X \leq 4,5$$

Besarnya nilai interval selisih antara nilai $\frac{D}{D_x}$ dengan

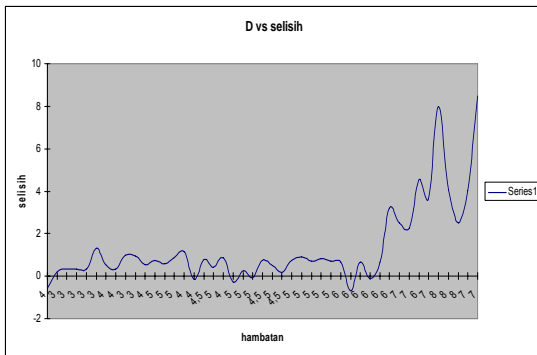
nilai $\frac{1}{\left(\frac{U_x}{U} - 1\right)}$ yang mencapai nilai 4,5 dari nilai ideal

0 nampaknya menunjukkan adanya tingkat kesalahan yang meningkat tajam setelah nilai hambatan D melampaui nilai 5 Kg. Kesalahan ini nampaknya terjadi pada asumsi persamaan(3) dimana persamaan hambatan

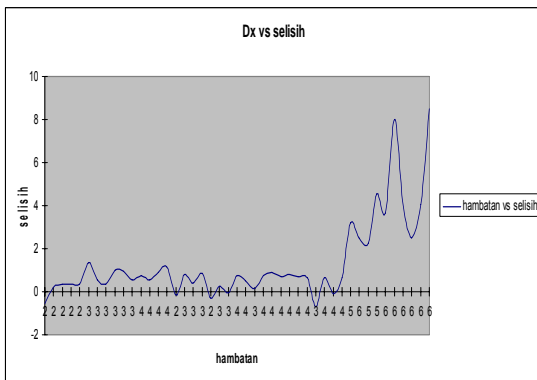
D adalah $D = \frac{1}{2} C_d \times V^{2/3} \times \rho \times U^2$, menurut harvald persamaannya adalah:

$$D = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho \times S \times U^2, \quad S \text{ adalah luas}$$

bidang basah kapal dan asumsi volume buoyancy (V_B) = 0. Hal ini sepertinya berimplikasi pada perbedaan nilai hambatan dan terbukti membuat besarnya nilai selisih meningkat tajam setelah nilai hambatan diatas 5 kg seperti terlihat pada grafik:



Gambar 4 nilai hambatan dengan selisih

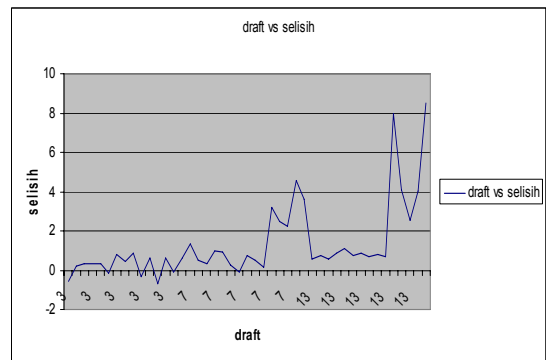


Gambar 5 nilai hambatan dengan perubahan selisih

Namun besarnya nilai draft secara mengejutkan justru tidak menunjukkan suatu kecenderungan tertentu

terhadap selisih $\frac{D}{D_x}$ dengan nilai $\frac{1}{\left(\frac{U_x}{U} - 1\right)}$,

walaupun nilai draft ini berpengaruh pada nilai luasan bidang basah S yang berpengaruh pada nilai D dan D_x seperti terlihat pada grafik:



Gambar 6 nilai draft dengan selisih

Seperti terlihat nilai-nilai draft tersebut nampaknya tidak mempunyai kecenderungan tertentu terhadap besarnya nilai selisih.

5. Kesimpulan

Berdasarkan nilai interval selisih yang terjadi nampaknya metode ini masih menghasilkan range selisih yang terlalu lebar. Sementara kecenderungan efektifitas metode ini setelah diterapkan pada kapal model hanya sampai hambatan sebesar 5 Kg setelah itu selisih nilai

$\frac{D}{D_x}$ dengan nilai $\frac{1}{\left(\frac{U_x}{U} - 1\right)}$ meningkat, perbedaan

selisih yang diakibatkan kenaikan draft nampaknya tidak menunjukkan suatu kecenderungan tertentu terhadap

kenaikan selisih nilai $\frac{D}{D_x}$ dengan nilai $\frac{1}{\left(\frac{U_x}{U} - 1\right)}$

dengan adanya temuan tersebut dapat dilihat substitusi nilai S pada metode harvald dengan nilai $V^{2/3}$ dan pengasumsian nilai Volume buoyancy (V_B) = 0 nampaknya tidak menunjukkan efek secara langsung pada akurasi metode ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Harvald Sv. Tahanan dan Propulsi, Erlangga



university press

2. Anonimous.,A Generalized Engineering Design Procedure p 329, Pennsylvania State University, June 1968, hal.313 – 329
3. Purnawan Ana, Efek Kekasaran Permukaan Lambung Model Kapal Terhadap Hambatan Total, FTUI 2004



