



# Comparison of Predicted Obstacle Prediction for ALPO Type Catamaran Transport Vehicle

## Perbandingan Hasil Prediksi Hambatan Wahana Angkut ALPO Tipe Catamaran

Wibowo Harso Nugroho, Abdul Kadir, Nanang JH Purnomo, M. Syaiful, Ahmad Yasim

*Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, BPPT, Balai Teknologi Hidrodinamika Lab. Hidrodinamika Indonesia, Jl. Hidro Dinamika, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60112, Surabaya, Indonesia, Indonesia. Tel.: (031) 5953195*

**Abstract.** *Considering the increase of the Decommissioning Offshore Platform in Indonesia water, a decommissioning vehicle is needed to dismantle and transport the offshore platform. Because of the operation of this vehicle to disassemble offshore platform in various offshore platform locations in Indonesian water, it is necessary to consider the vehicle main engine power by predicting the ship resistance when traveling to the offshore platform location. This study aim to discusses the results of several numerical prediction methods of resistance that applied on the catamaran ship type. The prediction method used for resistance calculation which based on statistical data and analytical methods from the cylindrical body theory. The resistance prediction on the decommissioning vehicles using maxsurf resistance with various methods at 12 knots service speed shows that Holtrop method produces a resistance value of 250.7 kN, the Van Oortmerssen method produces a resistance value of 955 kN, the Series60 method produces a resistance value of 210.5 kN, the Compton method produces a resistance value of 295.8 kN, the Fung method produces a resistance value of 540.6 kN, method Slender body produces a resistance value of 7036.4 kN, the Wyman method produces a resistance value of 603.2 kN and finally the last method of KR Barge produces a resistance value of 1258.5 kN. This study show that the differences of the result are significant from each of the prediction methods so that testing of the hydrodynamic model is highly recommended*

**Keywords-** *decommissioning offshore platforms; decommissioning vehicles; ship resistance*

*How to cite: Nugroho Wibowo Harso, Kadir Abdul, JH Purnomo Nanang, Syaiful M., Yasim Ahmad (2019) Comparison of Predicted Obstacle Prediction for ALPO Type Catamaran Transport Vehicle. R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal 4 (2). doi: <https://doi.org/10.21070/rem.v4i2.810>*

## PENDAHULUAN

Pada tahun 2014 dinyatakan terdapat sekitar 600 unit anjungan lepas pantai (rig) yang ada di Indonesia dimana 8% di antaranya sudah tidak digunakan lagi (data bakorkamla). Adapun kategori tidak digunakan lagi meliputi pascaproduksi dan atau sudah tidak memiliki nilai ekonomi lagi sehingga ditinggalkan oleh Kontraktor Kontrak Kerjasama (K3S) yang mengoperasikannya. Dimana untuk sebaran Anjungan Lepas Pantai (ALP) baik aktif maupun pasca operasi (ALPO) di perairan Indonesia menurut data SKK – MIGAS tahun 2018 [1] ditampilkan pada Gambar 1. Anjungan minyak lepas pantai yang berada di seluruh Indonesia, diantaranya tersebar di Laut Jawa, Perairan Kalimantan Timur, Perairan Timur Laut Sumatera dan Perairan Natuna. Sekitar 170 platform telah berumur 20 tahun atau lebih yang beroperasi, dimana usia anjungan lepas pantai umumnya antara 20-40 tahun. Struktur bangunan lepas pantai (anjungan) di Indonesia terletak di sekitar Pulau Jawa (65%), Kalimantan Timur (25%) dan sisanya terletak di Selat Malaka, Natuna dan Jatim. Kurang lebih 40% anjungan tersebut

berkaki empat, 34% berkaki tiga dan sisanya adalah monopod. Beberapa permasalahan yang terjadi pada anjungan migas lepas pantai di wilayah perairan Indonesia, baik yang masih beroperasi maupun yang sudah tidak beroperasi, di antaranya adalah adanya penurunan struktur anjungan terhadap level muka air laut yang disebabkan oleh adanya penurunan muka tanah (subsidence) disekitar anjungan, terjadinya penurunan kualitas struktur anjungan akibat adanya korosi dan marine growth, dan beberapa anjungan migas posisinya terletak pada jalur pelayaran dan daerah tangkapan ikan. Untuk peta alur laut kepulauan Indonesia (ALKI) diperlihatkan pada Gambar 2. Mengingat biaya pembongkaran suatu anjungan migas lepas pantai sangat mahal mencapai 6 Juta Dolar Amerika per anjungan dan sangat memberatkan beban Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) dimana komponen terbesar dari biaya tersebut adalah biaya sewa “decommissioning vessel”, maka untuk menekan biaya tersebut diusulkan untuk melakukan pembangunan wahana angkut Anjungan Lepas Pantai Pasca Operasi (ALPO) yang nantinya akan dimiliki serta dioperasikan secara mandiri

untuk mengurangi biaya pembongkaran tentunya kegiatan ini dimulai dengan pertamakali melakukan desain dari wahana angkut tersebut. Dengan desain awal tampak samping yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Wahana angkut Anjungan Lepas Pantai Pasca Operasi (ALPO) ini didesain dan dibuat nantinya mempunyai fungsi dan tugas sebagai berikut;

- Fungsi utama dari Wahana Angkut ALPO adalah melakukan proses “decommissioning “Anjungan Lepas Pantai Pasca Operasi .
- Wahana Angkut ALPO tipe Katamaran dirancang multi guna (multi purpose), sehingga tidak hanya untuk pembongkaran ALP namun bisa juga digunakan untuk instalasi dan perawatan offshore platform.
- Tujuan utama Pembangunan Wahana Angkut ALPO adalah untuk meningkatkan keselamatan pelayaran Indonesia dan pemulihan lingkungan laut dari aktivitas eksplorasi usaha migas dengan menekankan pada biaya operasi yang lebih murah.

Karena operasi dari wahana angkut ini untuk melakukan pembongkaran ALPO diberbagai lokasi anjungan lepas pantai di perairan Indonesia maka perlu dipertimbangkan pula perhitungan daya mesin penggerak utama dengan melakukan prediksi hambatan (resistance) air laut saat wahana menuju lokasi ALPO. Makalah ini mendiskusikan hasil beberapa metode prediksi hambatan secara numerik dari bentuk wahana tipe badan ganda (catamaran).

Pada paper ini perhitungan hambatan kapal menggunakan beberapa metode untuk diperoleh nilai hambatan kapal sebagai perbandingan antara metode yang dipakai. Metode perhitungan hambatan kapal yang dipakai berupa pendekatan analitik dengan pendekatan teori berupa teori benda silindris (slender body theory) dan berdasarkan eksperimen seperti metode Wyman, Holtrop, Compton, Fung, Van Oorthmessen, Series 60.

## METODE

Hambatan Kapal merupakan ilmu yang mempelajari reaksi fluida akibat gerakan kapal yang melalui fluida tersebut. Dalam istilah hidrodinamika kapal, hambatan adalah besarnya gaya fluida yang bekerja pada badan kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut.

Menurut ITTC (International Towing Tank Conference) [2] hambatan kapal dibagi menjadi beberapa komponen seperti hambatan gesek ( $R_F$ ), hambatan sisa ( $R_R$ ), hambatan viskos ( $R_V$ ), hambatan tekanan ( $R_P$ ), hambatan tekanan viskos ( $R_{PV}$ ), hambatan gelombang ( $R_W$ ), hambatan pemecah gelombang ( $R_{WB}$ ), hambatan semprotan ( $R_S$ ), hambatan tonjolan (appendage resistance), hambatan kekasaran permukaan (surface roughness resistance), dan Hambatan Udara (Air Resistance).

Pertama untuk metode perhitungan hambatan kapal dibahas tentang metode Wyman seperti yang tertulis dalam edisi Masthead (Juni 2008) Formula kecepatan Wyman mengasumsikan bahwa lambung Kapal yang digunakan adalah tipe yang sesuai dan bentuk yang normal. Proses analisa telah mencakupkan perhitungan letak titik gravitasi longitudinal yang tepat, termasuk bouyance dan koefisien prismatic. Rumus ini juga mengasumsikan bahwa komponen penggerak Kapal (propeller, gear box, poros, penyangga, kemudi) telah berukuran tepat dan cocok untuk kinerja optimal. Ada beberapa variasi asumsi perhitungan lambung dan propulsi dengan memperhatikan penyesuaian berikut untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat; Round bilge planing hulls (rasio SL lebih dari 2.9) ;mengurangi kecepatan hingga 6%; Deep vee planing hulls (deadrise midships buritan > 19 derajat): mengurangi kecepatan hingga 3%; Low-deadrise planing hulls (deadrise midships buritan < 8 derajat) : menambah kecepatan hingga 4%; Perahu motor tempel: menambah kecepatan hingga 5%; Perahu layar displacement full-keel : mengurangi kecepatan hingga 2%; dimana,

$$SL = \text{Kecepatan} / \sqrt{LWL} \quad (1)$$

dimana :

SL = speed length ratio Kecepatan dalam satuan knot dan

LWL=Lengh of Water Line dalam satuan ft.

Pertimbangan tersebut dapat ditambahkan dalam sebuah desain untuk meningkatkan hasil pengurangan bersih dalam kecepatan.

Kemudian metode perhitungan hambatan yang populer digunakan adalah Metode Holtrop [3] . Metode Holtrop [Holtrop, (1984, 1988) and Holtrop and Mennen, (1978, 1982)] banyak digunakan untuk memprediksi hambatan kapal tanker, general kargo, kapal penangkap ikan, tug-boat, kapal kontainer dan kapal patroli serta kapal tipe displacement satu lambung lainnya dengan batasan bilangan Froude ( $F_n$ ) maksimum 1,00. Formulasi tersebut didasarkan pada suatu analisa regresi dari 334 model test data pada NSMB (Netherland Ship model Basin). Adapun formulasi metode holtrop seperti yang dijelaskan pada persamaan berikut;

$$R_T = R_F (1+kI) + R_{APP} + R_w + R_B + R_{TR} + R_A \quad (2)$$

dimana:

$R_T$ : hambatan total,

$R_F$ : hambatan gesek berdasarkan formulasi ITTC-1957,  $1+k_1$  adalah faktor bentuk viskositas,

$R_{APP}$ : hambatan tambahan,

$R_W$ : hambatan gelombang,

$R_B$ : hambatan bulbous bow,

$R_{TR}$ : hambatan transom,

$R_A$ : model-shipcorrelation.

Metode ketiga yang dipakai pada paper ini adalah Metode Compton (Akers, 2015) [4] yang dirancang untuk prediksi hambatan kapal dengan tipe Kapal patroli pantai, Kapal latihan dan Kapal wisata dengan bentuk lam-

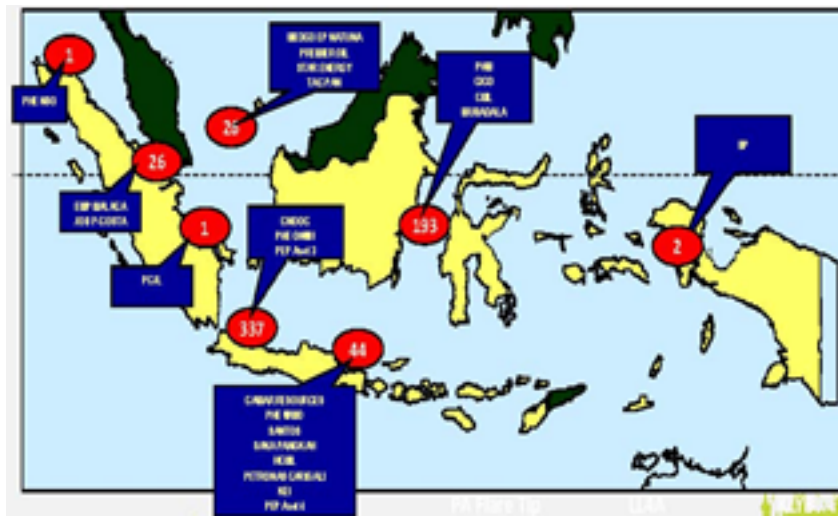


Figure 1. Sebaran Anjungan Lepas Pantai data mid2018 (SKK- Migas)

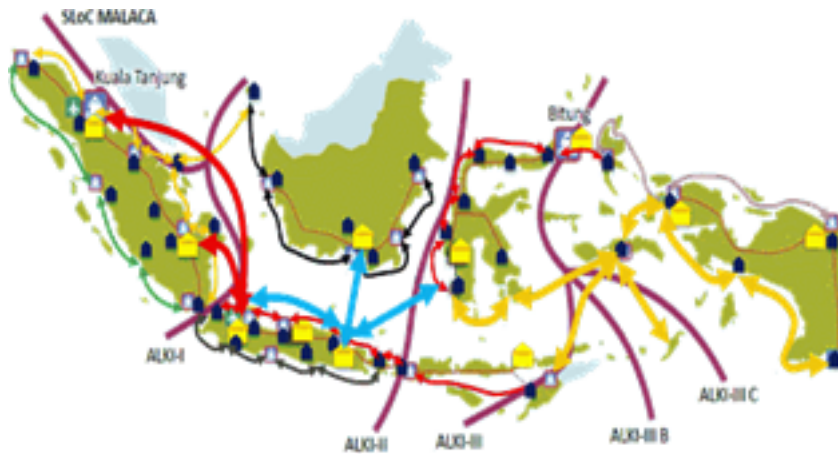


Figure 2. Alur Laut Kepulauan Indonesia(ALKI) untuk Pelayaran Nasional



Figure 3. Tampak samping desain awal wahana angkut ALPO

bung menggunakan transom baik untuk kecepatan rendah maupun untuk Kapal relatif cepat seperti semi-planning hull. Dimana persamaan koefisien regresi tahanan sisa ( $C_R$ ) untuk nilai Froude tertentu diperlihatkan pada persamaan di bawah ini :

$$c_r \times 10^3 = A + B (L_{pp}/B_x) + C(\Delta_{pp}) + D(LCG/L_{pp} \times 10^2) \quad (3)$$

dimana :

A = koefisien regresi, luas penampang,

B = koefisien regresi, lebar,

C = koefisien regresi

D = koefisien regresi

Dengan nilai koefisien yang diperoleh dari Tabel 1.

$$\text{Koefisien Regresi } C_R \times 10^3 = A + B(L/B) + C(D) + D(LCG/L \times 10^3)$$

Selanjutnya dikenal juga metode perhitungan hambatan menggunakan *Teori Kapal Tipis Michell* dimana kapal diasumsikan berupa silinder. Teori ini dipakai untuk perhitungan hambatan gelombang pada kapal berbadan tunggal maupun ganda. Dimana untuk mendapatkan total gaya hambatan gelombang dari semua arah  $q$ , menggunakan persamaan 4 dibawah ini :

$$R = c \int_0^{\frac{\pi}{2}} (P^2 + Q^2) \sec^5 \theta d\theta \quad (4)$$

Dimana:

adalah sebuah konstanta yang tergantung hanya pada Kecepatan  $U$  dan  $g$  = gravitasi,  $r$  = massa jenis air.

Selanjutnya adalah Metode Van Oorthmerssen diperuntukkan menghitung hambatan kapal kecil seperti Kapal pukot dan Kapal tugboat [3]. Menurut Oorthmerssen (1971) hambatan kapal kecil memiliki komponen hambatan gelombang dan hambatan viskositas dengan formulasi  $R_T(F_n, R_n, P_1, P_n) = R_w(F_n, P_1, \dots, P_n) + R_v(R_n, P_1, \dots, P_n)$  (5)

dimana  $R_w$  adalah hambatan gelombang dan  $R_v$  adalah hambatan viskositas.

Metode Fung berlaku untuk prediksi resistance Kapal kecepatan displacement (kecepatan rendah) dengan bentuk lambung yang memiliki transom buritan seperti halnya tipe Kapal metode Compton, namun pada metode Fung lebih sesuai untuk Kapal yang ukurannya lebih besar. Formulasi metode didasarkan pada hasil pengujian pada 739 model di David Taylor basin dengan data base lebih dari 10.000 sampel (Fung dan Leibman, 1995). Pada metode F&L ini hambatan sisa diestimasi berdasarkan 70 koefisien dan Rasio Displacement-Length kapal (DLR), Koefisien Luas Transom ( $T_A$ ), Koefisien Prismatic ( $C_P$ ), Rasio Lebar Transom ( $T_W$ ), Rasio Lebar-Sarat ( $B/T$ ), Sudut Masuk Setengah ( $i_e$ ), Koefisien Midship ( $C_m$ ), dan Luas Permukaan Basah (WSA). Dimana persamaan koefisien hambatan sisa diperlihatkan di bawah ini:

$$C_r = \exp\{\sum [B_i(\pi^i)^{c_i}]\} \quad (6)$$

Dimana :

$$X1 = Fn^d$$

$$X2 = \cos(\lambda * Fn^e) * \exp(a/Fn^2)$$

$$X3 = \{0.034977 * [\Delta/L/100]^3\}^{0.5}$$

$$X4 = AT$$

$$X5 = Cp^2$$

$$X6 = B/T$$

$$X7 = B/T$$

$$X8 = LN(90 - i_e)$$

$$X9 = Cm$$

$$\Delta = Displacement$$

$$\lambda = [a_1 * C_p + a_2 * \Delta/(L/100)^3]$$

$$a = -0.2000$$

$$a_1 = 0.7500$$

$$a_2 = 0.0350$$

$$d = -0.7000$$

$$e = -1.9300$$

$n = 69$  (eg. the number of terms in regression model excluding the constant)

$\sum$  = the summation operator from  $i = 0$  to  $i = n$  (eg. it means sum all these terms together)

$=$  the multiplication operator from  $j = 0$  to  $9$  (eg. it means multiply all these terms together)

$B_i$  = the regression coefficients

Kemudian metode lainnya adalah Metode Series 60 yang digunakan untuk memprediksi hambatan Kapal kargo berpengerak tunggal. Selain dengan metode tersebut, terdapat metode Yamagata (Takashiro, 1980) yang digunakan untuk memprediksi hambatan dengan ukuran Kapal antara 40 m s.d 400 m pada  $C_b$  lebih kecil dari 0,8. Adapun bentuk persamaannya sebagaimana persamaan 7 berikut.

$$R_T = R_F + R_R + R_A \quad (7)$$

dimana :

$R_T$ : hambatan total,

$R_F$ : hambatan gesek,

$R_R$ : hambatan sisa,

$R_A$ : hambatan udara.

Metode terbaru (KR, 2010) [5] dari Korean Register (KR) untuk perhitungan hambatan kapal tipe tugboat dan barge juga diaplikasikan pada riset ini dimana hambatan kapal bisa juga dipakai untuk menghitung besaran gaya tarik bollard (bollard pull) dari tugboat, yang ditulis dengan formula sebagai berikut :

$$R_T = R_f + R_w + R_a \quad (8)$$

$R_T$  : Hambatan total kapal yang ditarik (ton)

$R_f$  : Hambatan gesekan kapal yang diperoleh dari formula berikut

$$R_f = 0.000136 F_1 A_1 V^2 \quad (9)$$

Dimana,

$F_1$  : koefisien kondisi permukaan lambung kapal, 0,8

$A_1$  : luas permukaan basah ( $m^2$ )

$V$  : kecepatan penarikan (knot)

$R_w$  : Hambatan gelombang kapal yang diperoleh dari formula berikut

$$R_w = 0.014 C F_2 A_2 V^2 \quad (10)$$

Dimana,

$C$  : koefisien hambatan kapal untuk kondisi laut bergelombang tinggi (rough sea), 1,2

	$F_{AL}$										
SOFT CHINE	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
A	-2.1551	-2.9756	-2.5305	-2.3637	-2.2734	-2.2070	-2.1114	-2.0663	-19.3025	-11.8032	-10.9613
B	0.11734	0.12670	0.14597	0.16082	0.28838	0.24276	0.19290	0.85295	1.71032	1.66136	1.46348
C	0.03036	0.02882	0.02780	0.03099	0.03994	0.05040	0.05704	0.07999	0.11094	0.10600	0.09407
D	0.24772	0.23790	0.24179	0.27135	0.31552	0.31348	0.31072	0.35185	0.34211	0.27149	0.19902
HARD CHINE	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
A	-4.0091	-3.8616	-3.4016	-3.8165	-4.9266	-5.0339	-3.3313	-7.4907	-13.4033	-13.4805	-11.7117
B	0.38551	0.36559	0.30585	0.32553	0.49059	0.45322	0.32365	0.97457	1.85367	1.39883	1.71066
C	0.02891	0.02838	0.02864	0.03506	0.04371	0.05459	0.06564	0.08270	0.11335	0.10522	0.08719
D	0.21182	0.21086	0.22727	0.26031	0.31399	0.31524	0.30777	0.33763	0.33960	0.27315	0.19874

Figure 4.

$A_2$  : luas penampang melintang badan kapal dibawah garis air ( $m^2$ )

$V$  : kecepatan penarikan (knot)

$F_2$  : koefisien bentuk haluan kapal

$R_a$  : Hambatan udara yang diperoleh dari formula berikut

$$R_a = 0.0000195 C_s C_H A_3 (V_w + V)^2 (11)$$

Dimana,

$A_3$  : luas total penampang melintang yang terkena angin diatas garis air ( $m^2$ )

$V$  : kecepatan penarikan (knot)

$C_s$  : koefisien bentuk permukaan lambung menghadap angin

Selanjutnya setelah metode perhitungan hambatan kapal diperoleh maka dilakukan perhitungan menggunakan perangkat lunak yang mana akan dijelaskan pada bagian berikut.

#### PEMODELAN NUMERIK

Penelitian perbandingan metode perhitungan hambatan ini menggunakan wahana angkut tipe catamaran yang mempunyai ukuran utama sebagai berikut :

Pemodelan wahana angkut ALPO dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak maxsurf modeler [6, 7] . Proses penggambaran diperlihatkan pada Gambar 4. Hasil dari proses ini berupa rencana garis (linesplan) terdiri dari *bodyplan*, *sheerplan* dan *half-breadthplan* yang ditampilkan pada Gambar 5 dan 6.

Untuk mengecek apakah gambar diatas sudah sesuai dengan desain yang diinginkan dari wahana angkut ALPO maka dilakukan juga perhitungan hidrostatik. Dimana hasil perhitungan hidrostatik menunjukkan bahwa nilai displacement pada ukuran utama sudah sesuai seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Selanjutnya hasil pemodelan pada gambar sebelumnya digunakan untuk menghitung hambatan wahana angkut ALPO menggunakan perangkat lunak Maxsurf resistance. Simulasi kondisi wahana angkut ALPO berlayar pada kecepatan dinas 12 knot diperlihatkan pada Gambar 7.

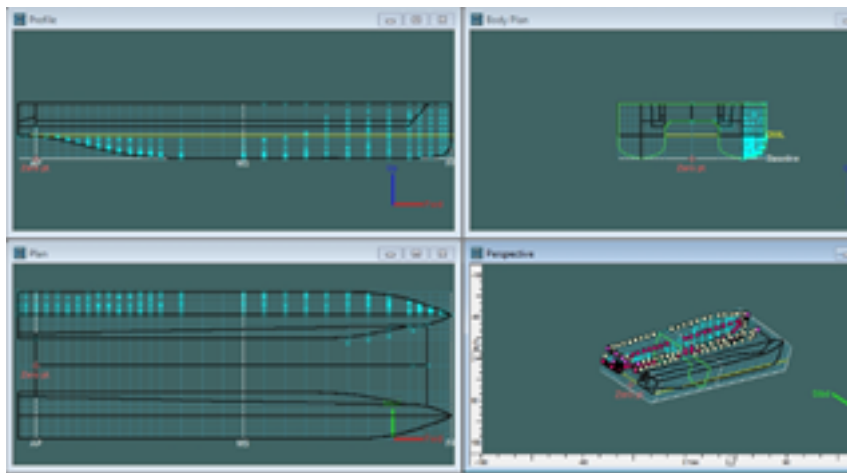
Hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak Maxsurf resistance dari berbagai metode yang dijelaskan pada dasar teori ditampilkan pada Gambar 8. Berdasarkan pengamatan dari hasil analisa perhitungan numerik perangkat lunak maxsurf resistance, setiap

metode yang dipakai menunjukkan hasil yang berbeda. Seperti terlihat di Gambar 8 pada kecepatan dinas 12 knot metode Holtrop menghasilkan nilai hambatan 250,7 kN, metode Van Oortmerssen menghasilkan nilai hambatan 955 kN, metode Series60 menghasilkan nilai hambatan 210,5 kN, metode Compton menghasilkan nilai hambatan 295,8 kN, metode Fung menghasilkan nilai hambatan 540,6 kN, metode Slender body menghasilkan nilai hambatan 7036,4 kN, metode Wyman menghasilkan nilai hambatan 603,2 kN, dan yang terakhir metode KR Barge menghasilkan nilai hambatan 1258,5 kN. Ini dapat dimengerti karena metode-metode tersebut diperoleh dari perhitungan maupun pengujian terhadap kapal-kapal berbadan tunggal (mono-hull). Sedangkan pada penelitian ini metode-metode tersebut diterapkan pada kapal berbadan ganda (twin-hull). Hampir semua grafik menunjukkan hubungan kuadratik antara kecepatan dan gaya hambatan sesuai dengan hukum gaya hidrodinamika yang bekerja pada benda berkecepatan tertentu di air. Tetapi khusus untuk metode Teori Silinder bodi dan Van Oortmerssen menunjukkan adanya gerakan osilasi pada kecepatan diatas 10 knot untuk teori silinder bodi dan diatas 14 knot untuk metode Van Oortmerssen. Hal ini karena komponen hambatan gelombang sangat berpengaruh pada kecepatan tinggi. Untuk metode silinder bodi sebenarnya dapat diaplikasikan pada kapal berbadan ganda tetapi lebih untuk perhitungan hambatan gelombang. Pada metode Van Oortmerssen terdapat pula perhitungan hambatan gelombang tetapi untuk kapal-kapal kecil. Menarik untuk diperhatikan adalah hasil dari metode KR Barge dimana perhitungan hambatan telah dilengkapi juga dengan hambatan aerodinamika untuk bagian di atas air sehingga hasilnya menunjukkan nilai yang lebih tinggi dari metode yang lain tetapi dibawah dari hasil metode Silinder Bodi.

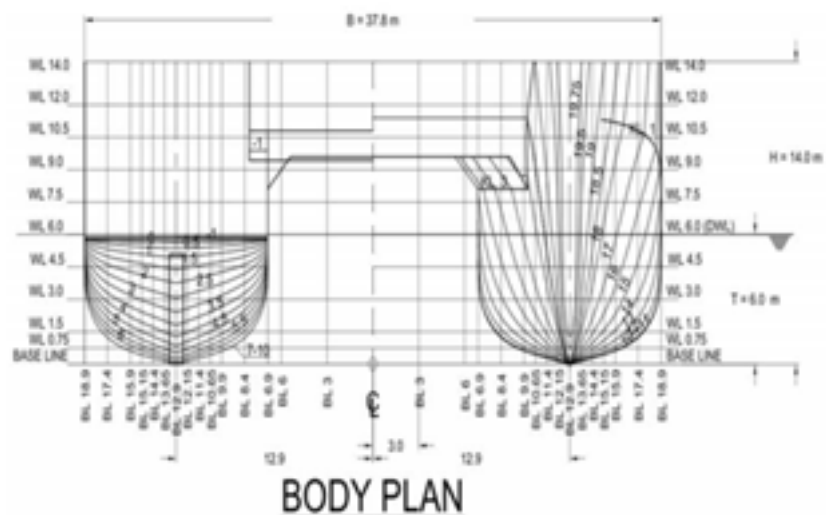
Output yang diinginkan dari suatu perhitungan hambatan kapal adalah mengetahui daya mesin penggerak agar kapal dapat berlayar sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Sehingga penentuan nilai hambatan kapal merupakan hal yang penting dan tidak ada keraguan terhadapnya karena berhubungan dengan besarnya biaya yang akan dikeluarkan oleh pemilik kapal untuk membeli mesin penggerak tersebut. Oleh karena itu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, hasil perhitungan hambatan wahana angkut ALPO terdapat perbedaan yang signifikan antar metode perhitungan sehingga perlu

**Table 1.** Ukuran utama Wahana Angkut ALPO tipe Catamaran

Item	Ukuran (m)
$L_{WL}$	111
B	37.8
D	14
T	6
$\Delta$	8703 ton
V	12 Knot



**Figure 5.** Proses penggambaran menggunakan maxsurf modeler



**Figure 6.** Body plan wahana angkut ALPO tipe Catamaran

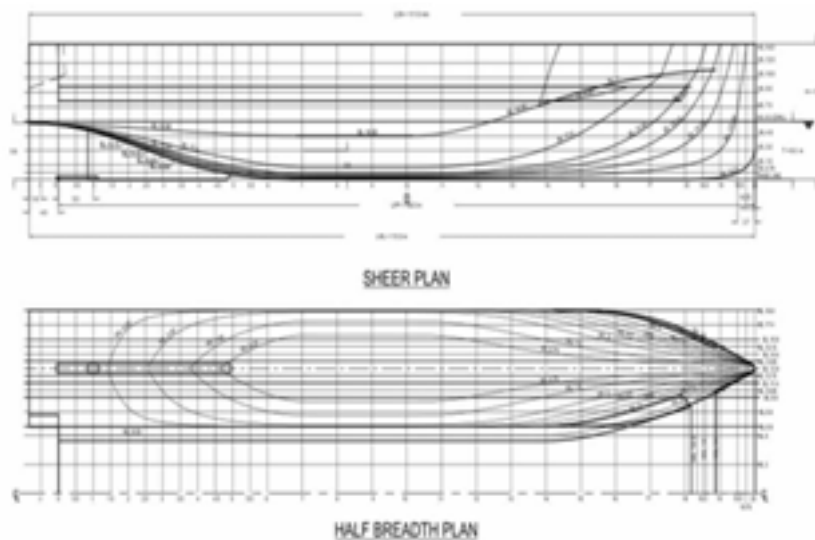


Figure 7. Sheerplan dan Half-Breathplan wahana angkut ALPO tipe Catamaran

	Draft Amidships m	4,000	4,250	4,500	4,750	5,000	5,250	5,500	5,750	6,000
1	Displacement t	4640	5097	5566	6049	6544	7054	7580	8126	8703
2	Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Draft at FP m	4,000	4,250	4,500	4,750	5,000	5,250	5,500	5,750	6,000
4	Draft at AP m	4,000	4,250	4,500	4,750	5,000	5,250	5,500	5,750	6,000
5	Draft at LCF m	4,000	4,250	4,500	4,750	5,000	5,250	5,500	5,750	6,000
6	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	96,977	96,066	99,184	100,387	101,716	103,283	104,931	107,316	111,000
8	Beam max extents on	37,792	37,799	37,800	37,800	37,800	37,800	37,800	37,800	37,800
9	Wetted Area m <sup>2</sup>	2429,82	2551,04	2678,33	2806,25	2945,66	3086,78	3246,34	3427,74	3637,41
10	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1757,11	1804,26	1854,98	1904,83	1962,91	2019,76	2091,35	2179,10	2284,62
11	Prismatic coeff. (Cp)	0,622	0,626	0,629	0,632	0,634	0,634	0,635	0,631	0,622
12	Block coeff. (Cb)	0,309	0,316	0,322	0,327	0,332	0,336	0,339	0,340	0,337
13	Max Sect. area coeff. (C)	0,497	0,505	0,512	0,518	0,524	0,530	0,534	0,539	0,543
14	Waterpl. area coeff. (C)	0,479	0,487	0,495	0,502	0,511	0,517	0,527	0,537	0,544
15	LCB from zero pt. (+ve)	52,976	52,767	52,555	52,324	52,077	51,809	51,507	51,156	50,686
16	LCF from zero pt. (+ve)	50,928	50,524	49,991	49,453	48,898	47,952	46,873	45,438	43,616
17	KB m	2,479	2,626	2,774	2,921	3,069	3,218	3,368	3,519	3,676
18	KG m	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
19	BMT m	68,373	63,966	60,249	56,967	54,327	51,868	50,033	48,693	47,690
20	BML m	204,391	198,066	194,214	190,779	190,589	190,419	194,554	203,081	216,346
21	GMI m	64,851	60,590	57,022	53,909	51,397	49,086	47,400	46,213	45,365
22	GML m	200,870	194,692	190,988	187,700	187,658	187,637	191,921	200,600	214,622
23	KMI m	70,851	66,593	63,022	59,909	57,397	55,086	53,400	52,213	51,365
24	KML m	206,870	200,692	196,988	193,700	193,658	193,637	197,921	206,600	220,622
25	Immersion (TPC) tonne/	18,010	18,493	19,014	19,523	20,120	20,703	21,436	22,336	23,411
26	WTC tonne.m	87,519	93,184	99,823	106,606	115,315	124,284	136,604	153,059	174,899
27	RM at 1deg = GMI.Drap.	5251,81	5390,38	5539,53	5690,90	5870,28	6043,05	6270,85	6553,78	6890,64
28	Max deck inclination de	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
29	Trim angle (+ve by ster	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Figure 8. Tabel hidrostatis Wahana Angkut ALPO tipe Catamaran

dilakukan upaya acuan dasar pembandingan melalui pengujian towing tank. Kemudian dari pengujian model wahana angkut ALPO ini diperoleh nilai hambatan total wahana angkut ALPO yang lebih meyakinkan dengan memasukkan nilai hambatan dari uji hidrodinamika model ke persamaan berikut:

$$\frac{R_{T_s}}{\Delta_s} = \frac{R_{T_m}}{\Delta_m} - \frac{R_{V_m}}{\Delta_m} + \frac{R_{V_s}}{\Delta_s} \quad (9)$$

(3)

dimana :

$R_{T_s}$  : tahanan total kapal *full scale*,

$R_{T_m}$  : tahanan total kapal *model*,

$R_{V_s}$  : tahanan viskositas *full scale*,

$R_{V_m}$  : tahanan viskositas *model*,

$\Delta_m$  : displacement *model* dan

$\Delta_s$  : displacement *full scale*.

## KESIMPULAN

Hasil dari kajian prediksi hambatan terhadap wahana angkut ALPO menunjukkan bahwa terdapat hasil yang berbeda dan cukup signifikan dari masing masing metode prediksi yang dipakai sehingga pengujian model hidrodinamika sangatlah disarankan.

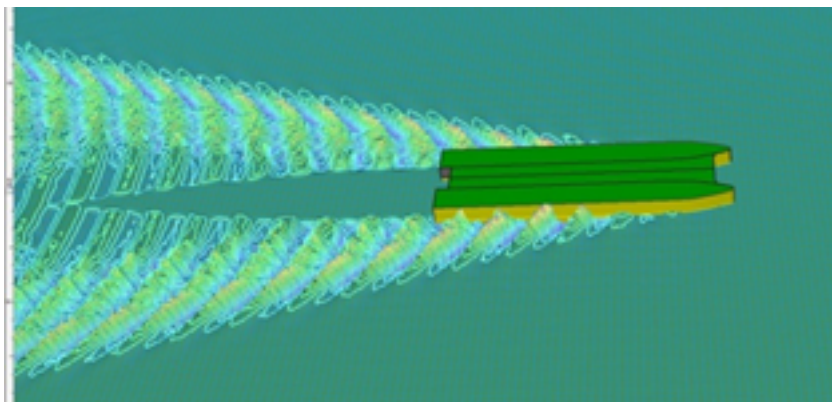


Figure 9. Simulasi kondisiwahana angkut ALPO berlayar pada kecepatan dinas 12 knot

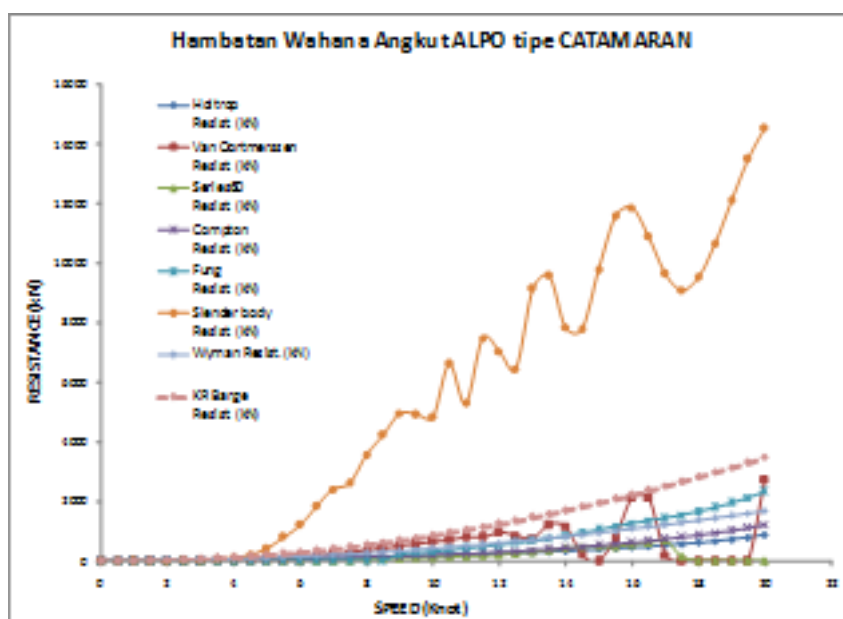


Figure 10. Perbandingan hasil perhitunganhambatan dengan berbagai metode

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih sebesar-besarnya kepada Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim - BPPT atas bantuan dana penelitian melalui Program Kegiatan Inovasi Teknologi Industri Perkapalan (INTIP) TA 2018.

## REFERENCES

- [1] A. Arifin, W. H. Nugroho, and S. Sahlan, "Kajian Stabilitas Wahana Angkut ALPO sebagai Fungsi Kapasitas Tangki Ballast," *Jurnal Penelitian Enjiniring*, vol. 22, no. 2, pp. 155–165, 2018. [Online]. Available: [10.25042/jpe.112018.08](https://doi.org/10.25042/jpe.112018.08); <https://dx.doi.org/10.25042/jpe.112018.08>
- [2] K. Hans, M. Lützen, and Technical University of Denmark; University of Southern Denmark, "Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships," 2013.
- [3] D. B. Purwanto, A. Sulisetyono, and T. Putranto, "Stability Analysis of Catamaran Passenger Vessel with Solar Cell Energy in Calm Water," *IPTEK The Journal for Technology and Science*, vol. 28, no. 3, 2017. [Online]. Available: [10.12962/j20882033.v28i3.3222](https://doi.org/10.12962/j20882033.v28i3.3222); <https://dx.doi.org/10.12962/j20882033.v28i3.3222>
- [4] R. H. Akers, "Structural Load Prediction for High-Speed Planing Craft," in *SHIP STRUCTURE COMMITTEE- 471*, 2015.
- [5] K. R. of Shipping, "Rules for the Towing Survey of Barges and Tugboats," and others, Ed. Korean Register, 2010.
- [6] B. Systems, "Maxsurf Resistance Windows Version 20 User Manual," and others, Ed. Bentley Systems, 2014.
- [7] A. Jamaluddin and . ', "Wave Pattern dan Interaksi Hambatan Gelombang pada Kapal Lambung Ganda (Twin Hull) -Kajian Analisa Numerik," *Jurnal Wave, UPT. BPPH - BPPT*, vol. 4, no. 1, 2010.



**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*

**Article History:**

*Received: 30 July 2019 | Accepted: 30 August 2019 |  
Published: 30 December 2019*