

Analisis CFD dan Eksperimen Hambatan Lambung Katamaran Asimetris *Flat Side Outside* dengan Variasi Jarak *Demihull*

Aji Sera Sakti¹, I.K.A.P. Utama²

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: kutama@jurusan.its.ac.id

Abstrak—Kapal katamaran adalah bentuk konfigurasi 2 lambung kapal atau memiliki 2 badan kapal. Bila dibandingkan dengan kapal berbadan tunggal, banyak sekali kelebihan dari kapal katamaran ini yaitu stabilitas melintang yang lebih baik, hambatan yang nilainya kecil, dan area geladak yang lebih luas. Berbagai bentuk kapal kemudian dikembangkan untuk memenuhi kriteria desain kapal katamaran yang paling optimum salah satunya kapal katamaran *flat side outside*. Yaitu sebuah konfigurasi baru dengan lambung yang memiliki bidang datar atau asimetris diluar. Penelitian ini menjelaskan tentang pengaruh konfigurasi baru bentuk lambung katamaran asimetris *flat side outside* dengan variasi jarak pemisah lambung (*S/L*) yaitu *S/L*= 0.2; 0.3; dan 0.4 terhadap hambatan kapal katamaran asimetris. Analisa perhitungan hambatan dan pengaruh interferensi antara kedua lambung menggunakan CFD pada berbagai kecepatan dengan variasi angka Froude yaitu *Fr* = 0.19; 0.28; 0.37; 0.46; 0.55; dan 0.65. Hasil analisa menggunakan CFD kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil pengujian katamaran asimetris pada *Towing Tank* - Laboratorium Hidrodinamika ITS. Hasil analisa menunjukkan pengaruh jarak pemisah lambung *demihull* terhadap komponen hambatan lambung katamaran asimetris *flat side outside* adalah signifikan walaupun tidak pada setiap variasi kecepatan.

Kata Kunci—katamaran asimetris, jarak pemisah lambung, CFD.

I. PENDAHULUAN

Katamaran sebagai moda transportasi laut atau sungai telah berkembang secara pesat dewasa ini dan nampaknya akan terus berkembang dimasa akan datang. Laporan Drewry Shipping Consultan menyatakan bahwa 43% dari seluruh armada angkutan penumpang dan kendaraan yang ada sekarang merupakan kapal tipe katamaran. Suatu hal yang membuat kapal katamaran menjadi populer dan sukses digunakan sebagai moda transportasi adalah tersedianya area geladak yang lebih luas dan tingkat stabilitas yang lebih nyaman dan aman [1]. Disamping itu katamaran lambung ganda dengan bentuk badan yang langsing dapat memperkecil timbulnya sibakan air dibanding kapal lambung tunggal.

Permintaan pasar untuk kapal katamaran dari berbagai tipe dan dimensi serta didesain untuk hambatan yang kecil dan kecepatan tinggi membuat optimasi dari hambatan lambung kapal demikian penting untuk memenuhi semua itu. Hal ini membuat hambatan menjadi salah satu komponen penting yang harus diperhatikan untuk mendapatkan bentuk badan kapal yang optimal [2].

Luasnya *layout* kapal katamaran memberikan kemudahan dalam desain dan tata ruang kapal untuk berbagai jenis kapal seperti kapal penumpang serta penataan ruang untuk kendaraan. Hal ini membuat kapal katamaran telah banyak digunakan pada berbagai tipe kapal penumpang. Selain kelebihan yang dimiliki oleh kapal katamaran, kapal katamaran juga memiliki beberapa kekurangan seperti penggunaan dua lambung katamaran membuat kapal katamaran memiliki manuver yang kurang baik jika dibandingkan dengan kapal *monohull* [3].

Hambatan katamaran memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi jika dibandingkan dengan hambatan kapal *monohull*. Hal ini dikarenakan adanya faktor interferensi yang dihasilkan antara kedua lambung kapal.

Efek interaksi dalam katamaran dibagi menjadi dua bagian, yaitu [1]:

Interferensi badan kapal

Aliran sekitar badan *demihull* adalah asimetris karena adanya pengaruh satu sama lain dari *demihull* misalnya tekanan bidang relatif tidak simetris terhadap *centerline demihull*. Hal ini berkaitan dengan hal berikut:

- Kecepatan pesturbasi atau usikan kecepatan disekitar *demihull* semakin meningkat, khususnya pada sisi dalam, sisi terowongan dari lambung karena *venture effect*. Kecepatan ini semakin bertambah disebabkan oleh hambatan gesek kulit dan modifikasi *form factor*.
- Persilangan aliran (*cross flow*) yang dapat terjadi di bawah lunas yang mana dapat memicu ke dalam komponen tarikan induksi (*induced drag*) yang pada normalnya diabaikan pada *monohull*. Meskipun dianggap penting, tetapi pengaruhnya relatif kecil jika dibandingkan dengan pengaruh kecepatan pesturbasi atau usikan kecepatan.
- Adanya perbedaan tinggi gelombang antara *stern* bagian dalam dan luar dari *demihull*, dapat menunjukkan arah aliran air menuju kedalam atau keluar. Hal ini mengakibatkan terjadinya *vortice* dan *spray* yang kemudian menghasilkan komponen tarikan induksi (*induced drag*).
- Semakin meningkatnya kecepatan di dalam sisi terowongan disebabkan oleh perubahan struktur lapisan batas (*boundary layer*).

- e. Akibat gelombang dari satu demihull mencapai badan (hull) lainnya membuat luas bidang basah menjadi berubah sehingga memberikan nilai perubahan pada hambatan gesek (skin friction).

Interferensi Gelombang

Merupakan interferensi akibat sisi-sisi dari dua lambung yang berjalan bersamaan. Interferensi gelombang dapat di analisa melalui hambatan gelombang. Adanya perubahan tekanan bidang mengakibatkan perubahan gelombang dari demihull. Gelombang melintang dari demihull selalu diperkuat oleh lambung lain saat gelombang divergen haluan dari satu lambung dapat dihilangkan oleh gelombang divergen buritan dari lambung yang lain.

Pemantulan dari gelombang divergen dari demihull yang sama menyulitkan fenomena interferensi. Gelombang haluan dari satu lambung yang bertemu di terowongan dengan gelombang haluan dari lambung yang lain tepat di centerline dan superposisi antar keduanya menjadi sangat tinggi menghasilkan gelombang yang tidak stabil, bahkan menimbulkan gelombang pecah dan percikan atau semburan pada kecepatan tinggi. Aliran air kearah dalam dan kearah luar pada bagian belakang (stern) merubah formasi gelombang di belakang badan kapal.

komponen koefisien interaksi hambatan pada demihull adalah sebagai berikut:

$$(C_T)_{cat} = (1+k_{cat}) (C_F)_{cat} + (C_W)_{cat} \tag{1}$$

$$= (1+\phi k) C_F + C_W \tag{2}$$

ϕ : Faktor interferensi hambatan bentuk (form), yang diakibatkan oleh perubahan tekanan yang terjadi antara dua lambung.

k : Factor interferensi hambatan gesek (friction), yang diakibatkan oleh terjadinya penambahan kecepatan aliran diantara dua lambung.

\dagger : Faktor interferensi hambatan gelombang (wave), yang diakibatkan oleh pertemuan dua moda gelombang (dari haluan) diantara kedua lambung.

Diketahui bahwa faktor interensi ϕ dan k sangat rumit dan kompleks dalam pemecahannya, maka [1] memperkenalkan faktor S untuk mengkombinasikan faktor interensi ϕ dan k ke dalam interferensi hambatan viskos untuk tujuan praktis, sehingga menjadi:

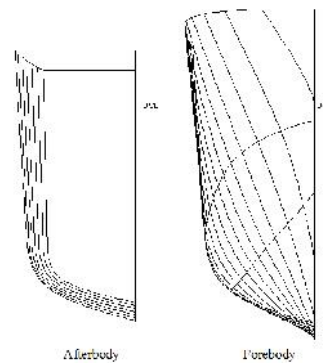
$$(C_T)_{cat} = (1+ k) C_F + C_W \tag{3}$$

Faktor interferensi hambatan gesek (σ) dapat menginterpretasikan adanya pertambahan kecepatan pada daerah antar lambung katamaran yang mana faktor ini dapat diperhitungkan dari integrasi hambatan gesek lokal atas permukaan bidang basah dan dipengaruhi oleh jarak pisah lambung (S/L). Variasi besarnya jarak pisah lambung (S/L) dan angka froude yang mengakibatkan perubahan kecepatan kapal berpengaruh terhadap besarnya faktor interferensi hambatan sisa (ϕ) dimana faktor ini dapat diintegrasikan dari hasil percobaan.

II. METODE PENELITIAN

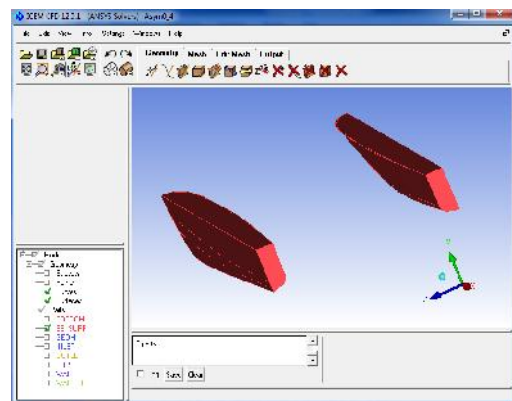
A. Model Katamaran FSO

Model kapal yang dipakai adalah model kapal katamaran asimetris dengan bidang datar di luar yaitu sebuah pengembangan konfigurasi baru desain kapal katamaran simetris menjadi kapal katamaran asimetris flat side outside diharapkan memberikan hambatan yang lebih kecil. Gambar 1 menunjukkan lines plan katamaran FSO.



Gambar 1. Lines plan katamaran simetris FSO

Untuk model kapal pada CFD menggunakan variasi yang dipakai yaitu variasi jarak demihull 0,2, 0,3, 0,4 dan variasi kecepatan pada angka Froude (Fr) 0.19 – 0.65. Gambar 2 menunjukkan model kapal dengan menggunakan software CFD.



Gambar 2. Model kapal menggunakan CFD.

B. Langkah Pengerjaan

Terdapat dua langkah dalam penyelesaian penelitian ini, yang pertama menguji model kapal pada Laboratorium Hidrodinamika ITS, dan mensimulasikan pada software CFD dan pada tahap akhir dibandingkan hasil dari keduanya.

Langkah pertama yaitu melakukan pengujian model kapal pada Laboratorium. Pengujian model adalah sangat penting bagi seorang perancang kapal terutama jika hasil-hasilnya dapat digunakan untuk menghitung hambatan dan besarnya tenaga penggerak kapal pada skala penuh atau pada ukuran kapal sebenarnya. Apalagi jika hasil-hasil tersebut dapat memberikan informasi berharga dalam rangka menghasilkan desain baru atau alternatif. Hambatan dari sebuah model kapal atau kapal sesungguhnya umumnya diukur dengan besaran gaya yang dimungkinkan untuk menarik model atau kapal

tersebut pada perairan tenang (*smooth water*) dan besarnya tenaga penggerak kapal dikonversikan untuk menghasilkan apa yang disebut EHP (*effective horse power*).

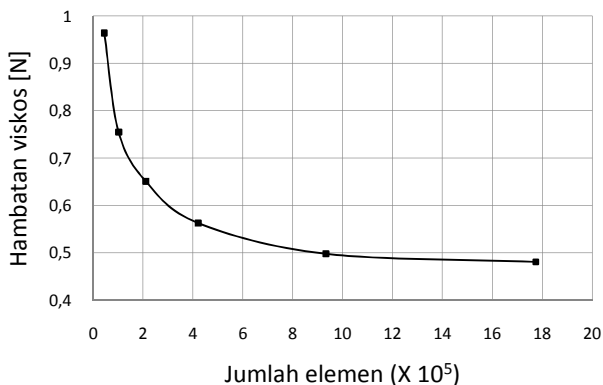
Langkah kedua yaitu mensimulasikan pada *software* CFD. Perhitungan besarnya hambatan kapal dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu analitis teoritis, numerik, empirik dan eksperimental. Pada cara analitis teoritis dikembangkan persamaan matematis untuk geometri kapal tertentu sehingga hal ini memerlukan waktu yang sangat lama sehingga tidak menarik.

C. Proses Simulasi CFD

Hal pertama yang dilakukan pada *software* ini adalah pembuatan geometri kapal pada *maxsurf* sedangkan pembuatan geometri badan kapal dari *ICEM CFD*. Langkah selanjutnya pemilihan jumlah grid, Pemilihan jumlah grid yang dipakai pada pemodelan kapal memakai *ICEM CFD*, ditentukan berdasarkan percobaan pemodelan beberapa model dengan berbagai variasi jumlah grid yang selanjutnya dilakukan optimisasi hingga didapatkan jumlah grid yang optimum. Jumlah grid yang optimum merupakan jumlah grid yang digunakan tidak berpengaruh terhadap besarnya hasil yang didapatkan. Pada proses pemodelan, grid terahedral digunakan untuk bentuk-bentuk *unstructural* yang digunakan dengan *the viscous flow code* untuk komputasi domain dan menggunakan grid quadrilateral dengan *the potential flow code* untuk pemodelan kapal dan permukaan air disekitar badan kapal [4]. Hal ini berhubungan dengan kualitas grid yang digunakan untuk konvergensi dan keakuratan perhitungan CFD dimana kualitas grid dibahas secara lebih terperinci oleh [5] dan [6]. Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan *grid independence*.

Tabel 1.
Grid Independence

No percobaan	Σ Mesh ($\times 10^5$)	R_v	% R_v
1	0.45	0.964	-
2	1.03	0.755	20.8%
3	2.12	0.612	15.8%
4	4.21	0.513	9.8%
5	9.33	0.468	5.6%
6	17.74	0.445	1.5%



Gambar 3. *Grid independence*

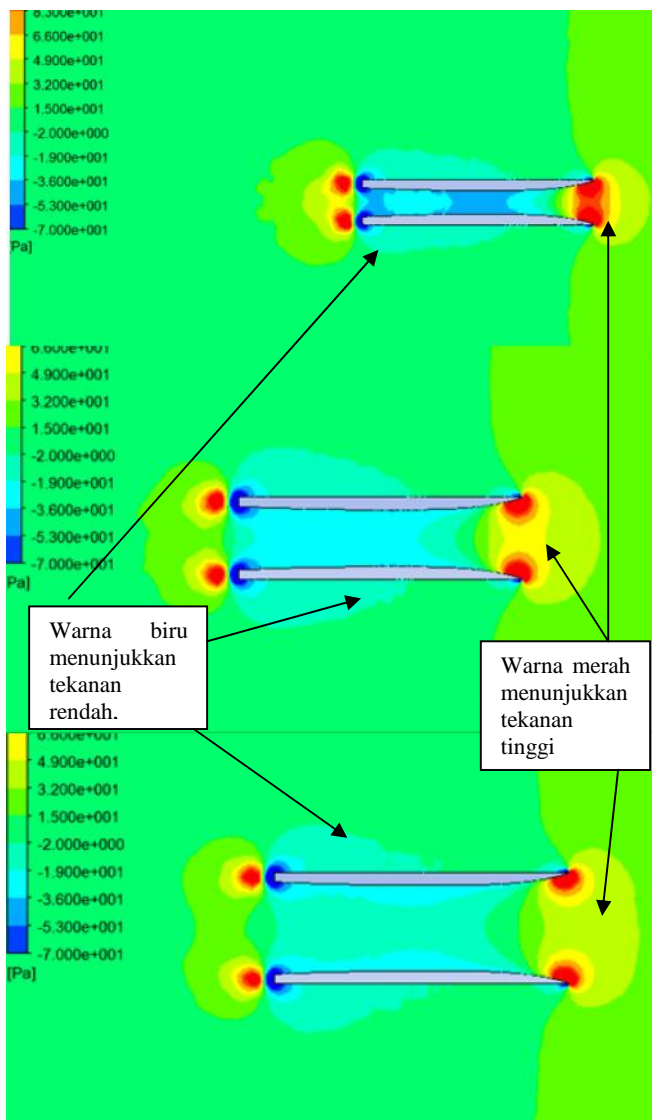
Langkah berikutnya yaitu pendefinisian model. Yaitu dilakukan agar didapatkan data sesuai dengan data percobaan sesungguhnya. Setelah itu input data analisa dan pemilihan turbulensi. Terdapat 3 macam metode turbulensi yang dapat digunakan pada proses perhitungan ini yaitu *k - epsilon*, *Shear stress transport* dan *laminar*. Pada proses ini dipilih metode Turbulensi *Shear Stress Transport* dengan basis pemodelan 2 persamaan yang merupakan salah satu pendekatan data pemodelan turbulensi dengan metode RANS (Reynolds Average Navier Stokes). Menurut beberapa peneliti, model turbulensi fluida menggunakan *shear stress transport* pada kondisi *isothermal* lebih memberikan akurasi yang lebih baik. Metode turbulen ini telah digunakan oleh [7] dan dinyatakan sebagai metode paling akurat untuk pemodelan berbagai aliran yang termasuk dalam diskusi NASA *Technical Memorandum* [8]. Model turbulen ini memecahkan turbulensi berbasis (k-w) pada dinding-dinding dan turbulensi berbasis (k-) pada aliran missal [9].

Tahap selanjutnya adalah proses perhitungan itu sendiri atau disebut sebagai proses iterasi pada tahap *Flow Solver*. Proses simulasi atau *running* dilaksanakan sebanyak mungkin sampai didapatkan hasil yang mendekati dengan hasil hambatan di *towing tank*. Variasi meliputi jarak *demihulls* 0.2, 0.3, 0.4 dan *demihull* (satu badan kapal) itu sendiri. Setiap variasi tersebut di variasikan lagi dengan 6 kecepatan. *Running* dilakukan untuk setiap komponen hambatan, baik hambatan viskos, dan hambatan total, sedangkan untuk mendapatkan R_w (*wave making resistance*) maka digunakan rumusan $R_T = R_w + R_v$. Langkah selanjutnya analisa hasil (*drag dan interferensi*). Analisa hasil yang diperoleh berupa perhitungan besarnya hambatan kapal akibat dari kondisi – kondisi batas yang telah diterapkan sebelumnya.

Langkah terakhir adalah validasi data. Validasi digunakan untuk mengecek dan membandingkan data hasil penelitian yang telah dilakukan dengan data pendukung lainnya yang sejenis, dalam hal ini adalah data penelitian uji tarik (*towing test*) dari Laboratorium Hidrodinamika ITS. Semua data yang telah didapatkan dari hasil simulasi numerik dengan menggunakan CFD harus dilakukan validasi data dengan data *towing tank*. Terdapat tiga parameter utama pada tahap validasi data yaitu : *Convergence* , *Grid Independence*, *Experiment Data*.

D. Visualisasi CFD

Langkah terakhir dalam simulasi numerik dengan menggunakan Ansys adalah tahap *Post-Processor*. Pada tahap ini dilakukan analisa dan visualisasi dari hasil yang telah diperoleh.. Besarnya tekanan disekitar fluida dianalisa untuk mempersentasikan fenomena interferensi yang dihasilkan disekitar badan kapal. Visualisasi aliran fluida disekitar badan kapal dipresentasikan untuk mengetahui pola aliran fluida disekitar badan kapal akibat bentuk bentuk lambung katamaran asimetris.



Gambar 4. Distribusi tekanan ketiga model pada Fr = 0.37

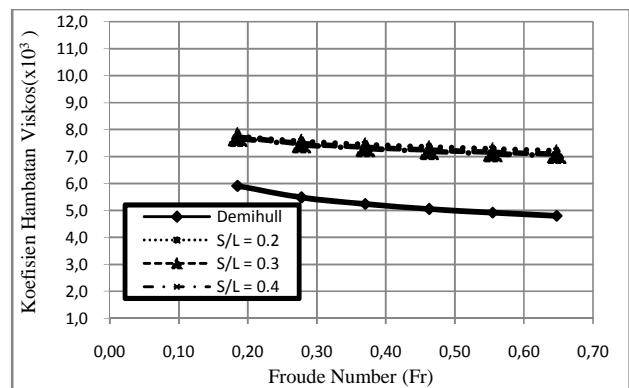
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hambatan Viskos Lambung Katamaran Asimetris.

Tabel.2 dan Gambar.3 yang menunjukkan hasil hambatan viskos melalui CFD.

Tabel.2
Koefisien Hambatan Viskos ($\times 10^{-3}$)

Fr	DEMIHULL	S/L= 0.2	S/L= 0.3	S/L= 0.4
0.185	5.909	7.740	7.719	7.680
0.278	5.481	7.560	7.482	7.436
0.370	5.241	7.441	7.339	7.291
0.462	5.050	7.353	7.234	7.185
0.555	4.915	7.284	7.152	7.102
0.647	4.799	7.216	7.085	7.034



Gambar 5. Koefisien hambatan viskos

Hambatan viskos merupakan hambatan yang terjadi karena adanya efek viskositas fluida. Hambatan ini sering dipresentasikan sebagai koefisien C_v , memiliki 2 komponen utama yaitu hambatan gesek (*friction resistance*) dan hambatan bentuk atau yang sering dikenal sebagai hambatan tekanan (*pressure resistance*) [10].

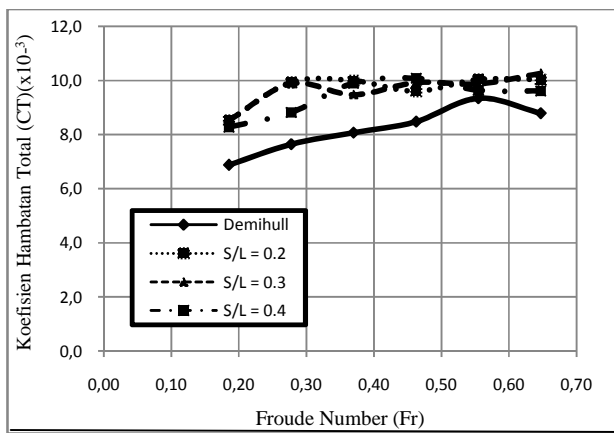
Gambar 5 memperlihatkan koefisien hambatan viskos dari demihull asimetris *flat side outside* dengan variasi jarak pisah lambung. Besarnya hambatan viskos seiring dengan penambahan kecepatan kapal semakin rendah. Dapat kita lihat bahwa hambatan terbesar terjadi pada Fr 0.19, sedangkan hambatan terkecil terjadi pada Fr 0.65. Demihull masih lebih rendah hambatan viskosnya dibandingkan dengan katamaran *flat side outside*. Sedangkan kapal katamaran sendiri dapat kita pahami bahwa semakin besar atau semakin lebar variasi S/L maka akan semakin rendah hambatan viskosnya, penambahan luasan badan kapal sebesar 2 kali dibandingkan dengan lambung demihull berpengaruh besar. Hal ini disebabkan hambatan viskos dipengaruhi oleh beberapa hal seperti hambatan gesek, interferensi hambatan gelombang dan hambatan bentuk antar lambung katamaran.

B. Analisa Hambatan Total Lambung Katamaran Asimetris

Tabel.3 dan Gambar.4 yang menunjukkan hambatan total melalui CFD.

Tabel.3
Koefisien Hambatan Total CFD

Fr	DEMIHULL	S/L= 0.2	S/L= 0.3	S/L= 0.4
0.185	6.760	8.234	8.234	7.679
0.278	7.480	9.411	9.411	7.963
0.370	7.850	9.411	8.529	9.279
0.462	8.230	8.658	9.975	10.239
0.555	9.070	10.195	9.411	9.101
0.647	8.490	9.603	9.603	8.985



Gambar 6. Koeffisien hambatan total melalui CFD.

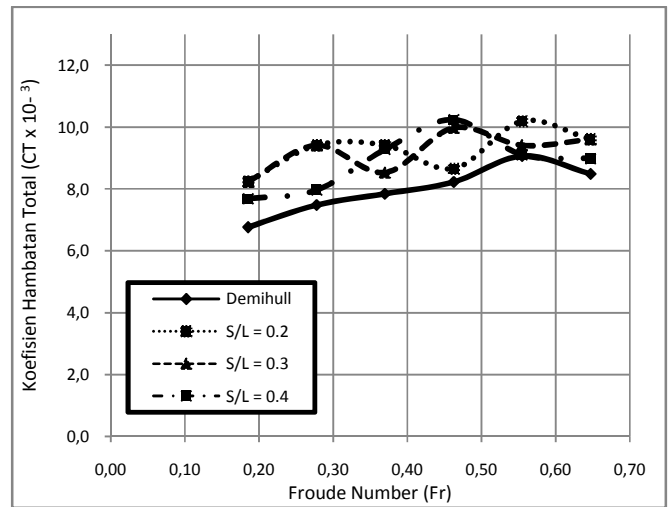
Gambar 6 menunjukkan koefisien koefisien hambatan total kapal dengan menggunakan lambung *demihull* dan lambung katamaran asimetris *flat side outside* dengan variasi jarak pisah lambung. Dapat dilihat bahwa koefisien hambatan *demihull* lebih kecil daripada koefisien hambatan katamaran. Hambatan total katamaran asimetris *flat side outside* didominasi oleh hambatan gelombang. Pengaruh hambatan gelombang pada kecepatan rendah ($Fr < 0.2$) dari semua variasi S/L ($S/L = 0.2 - 0.4$) memberikan pengaruh yang kecil. Pada kecepatan ini, hambatan total didominasi hambatan viskos karena pada kecepatan rendah gelombang belum terbentuk. Besarnya hambatan total pada semua range *Froude number* lebih kecil dari *demihull*. Bila melihat bentuk koefisien hambatan total katamaran diatas, bentuknya tidak teratur atau terdapat kenaikan dan penurunan. Secara umum katamaran dengan S/L = 0.4 lebih kecil hambatannya daripada variasi jarak *demihull* yang lain walaupun tidak untuk semua *froude number*. Berbeda dengan variasi S/L=0.2 dan 0.3, Pada Fr = 0.19 - 0.46 katamaran S/L=0.3 lebih kecil hambatannya dibandingkan S/L=0.2, namun untuk Fr = 0.46-0.65 hampir sama atau terjadi penumpukan pada grafik dan diakhir Fr =0.65 katamaran S/L = 0.3 mempunyai hambatan yang lebih kecil.

C. Analisa Hambatan Total Lambung Katamaran Asimetris (*towing tank*).

Tabel 4 dan Gambar 5 yang menunjukkan hambatan total melalui pengujian tarik (*towing tank*).

Tabel.4
Koeffisien Hambatan Total (*Towing Tank*)

Fr	DEMIHULL	S/L= 0.2	S/L= 0.3	S/L= 0.4
0.185	6.879	8.526	8.527	8.279
0.278	7.643	9.932	9.886	8.814
0.370	8.070	9.991	9.475	9.899
0.462	8.477	9.602	9.925	10.075
0.555	9.344	10.035	9.878	9.638
0.647	8.791	10.029	10.264	9.610



Gambar.7 Koeffisien hambatan total (*Towing Tank*)

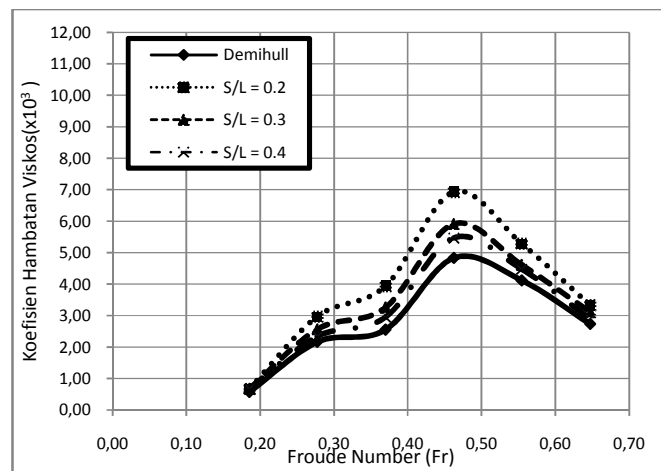
Pengaruh hambatan gelombang pada kecepatan rendah ($Fr < 0.2$) dari semua variasi S/L ($S/L = 0.2 - 0.4$) memberikan pengaruh yang kecil. Pada kecepatan ini, hambatan total didominasi hambatan viskos karena pada kecepatan rendah gelombang belum terbentuk. Besarnya hambatan total pada semua range *Froude number* lebih kecil dari *demihull*. Bila kita melihat bentuk koefisien hambatan total katamaran diatas, bentuknya tidak teratur atau terdapat kenaikan dan penurunan. Secara umum katamaran dengan dengan semua variasi *demihull* tidak ada yang mutlak lebih kecil atau lebih besar, karena semua mengalami penumbukan yang terlihat pada grafik. Pada Fr = 0.19 S/L = 0.4 lebih kecil hambatannya daripada yang lain, sedangkan untuk variasi yang cenderung sama atau bermula pada satu titik. Hal yang sama terjadi pada variasi Fr selanjutnya namun katamaran S/L = 0.4 mengalami kenaikan nilai hambatannya walau tetap masih paling kecil dibanding S/L lain. Lalu pada Fr = 0.37 mengalami pertemuan atau bisa disebut semua variasi S/L terdapat pada satu titik yang artinya hambatannya hampir sama. Pada Fr selanjutnya yaitu Fr = 0.46 berbanding terbalik dengan kondisi yang sebelumnya yaitu katamaran S/L = 0.4 justru memiliki hambatan paling besar dibandingkan yang lain, dan yang paling rendah adalah S/L = 0.2. Menarik pada Fr selanjutnya yaitu Fr = 0.55 kebalikan dari sebelumnya variasi S/L = 0.4 mempunyai hambatan paling kecil, katamaran variasi S/L = 0.2 mempunyai hambatan paling besar, sedangkan katamaran S/L = 0.3 tetap pada tengah tengah diantara variasi yang lain. Dan pada Fr terakhir Fr = 0.65 katamaran variasi S/L 0.4 tetap mempunyai hambatan terkecil sedangkan katamaran asimetris dengan variasi S/L = 0.3 dan 0.2 mempunyai hambatan yang sama. Kalau kita bisa tarik kesimpulan secara rata - rata variasi S/L 0.4 katamaran asimetris *flat side outside* mempunyai hambatan lebih kecil, walau pada kenaikan kecepatan terdapat kenaikan dan penurunan nilai hambatan.

D. Analisa Hambatan Gelombang Lambung Katamaran Asimetris

Tabel 5 dan Gambar 6 yang menjelaskan tentang hambatan gelombang.

Tabel.5
Koefisien Hambatan Gelombang

Fr	DEMIHULL	S/L= 0.2	S/L= 0.3	S/L= 0.4
0.185	0.571	0.672	0.672	0.672
0.278	2.162	2.973	2.565	2.342
0.370	2.553	3.942	3.256	2.956
0.462	4.832	6.931	5.917	5.467
0.555	4.124	5.291	4.616	4.479
0.647	2.731	3.325	3.110	2.893



Gambar.8 Koefisien hambatan gelombang hasil simulasi CFD

Komponen kedua dari hambatan total adalah hambatan gelombang yang sering didefinisikan sebagai hambatan yang terbentuk akibat pergerakan lambung kapal. sama halnya dengan hambatan viskos, hambatan gelombang merupakan fungsi dari kecepatan model kapal. Semakin tinggi kecepatan model maka nilai hambatan ini akan semakin tinggi seperti ditunjukkan grafik diatas. Perbedaan nilai koefisien hambatan antara model demihull, S/L 0.,2, 0.3, 0.4 dapat dilihat dengan jelas. Ketika model S/L=0.2 bergerak dengan Fr = 0.18, nilai hambatan gelombang yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan model katamaran asimetris S/L=0.3 dan S/L=0.4, perbedaannya mencapai 13% dan 14%. Kemudian jarak demihull mulai menunjukkan fungsinya dalam meminimalisir hambatan pada Fr>0.25 dan mencapai peranan maksimum pada Fr = 0.35 – 0.6. Peran interferensi antar demihull juga sangat berpengaruh terhadap sistem gelombang di bagian inner model katamaran. Akibat dari jarak demihull yang telah merubah sistem gelombang menjadi kecil khususnya pada kecepatan tinggi maka sistem gelombang dari salah satu demihull yang mampu menjangkau demihull di seberangnya menjadi lebih kecil.

Fenomena lain dari grafik di atas yang cukup menarik untuk dibahas adalah terjadinya lonjokkan hambatan gelombang pada Fr 0.4 - 0.55 yang kemudian diikuti oleh menurunnya hambatan tersebut untuk Fr di atas 0.6. Kondisi ketika

hambatan gelombang mencapai puncaknya disebut sebagai bukit (*hump*).

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh jarak pemisah lambung demihull secara melintang (S/L) terhadap komponen hambatan lambung katamaran asimetris datar sisi luar (*flat side outside*) adalah signifikan walau tidak pada setiap variasi kecepatan. Semakin besar jarak pemisah lambung demihull (S/L) maka semakin kecil hambatan yang ditimbulkan secara rata - rata. Besar presentase perbandingan antara hasil pengujian CFD dengan pengujian pada *towing tank* mempunyai perbedaan dengan rentang 1 % - 9 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Andi Jamaluddin - peneliti senior Laboratorium Hidrodinamika Indonesia (LHI) dan Bapak Langgeng Condro - teknisi Laboratorium Hidrodinamika ITS yang telah banyak membantu terlaksananya eksperimen pengujian model kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Insel, M., and Molland, A.F., "An Investigation into the Resistance Components of High-speed Displacement Catamarans". PhD thesis, University of Southampton, (1992).
- [2] Moraes, H.B., Vasconcellos, J.M., and Latorre, R.G., *Wave resistance for high-speed catamarans*, Computer Networks and ISDN Systems 26, 6-8:711-719, (2004, March).
- [3] Paroka, Daeng , *Optimization of the catamaran demihull separation on the basis of motion and structural loading characteristics*, Theses Teknik Perencanaan Bangunan Laut RT 623.823 Par o, (2001).
- [4] Jamaluddin, A., Utama, I.K.A.P. and Molland, A.F., *Experimental Investigation Into the Drag Characteristics of Symmetrical and Asymmetrical Staggered and Unstaggered Catamaran*, International Conference on Ship & Offshore Technology (ICSOT)- Indonesia 2010, Surabaya, 11- 12 November 2010.
- [5] Thompson, J.F., Soni, B.K., and Weatherill, N.P., *Handbook of Grid Generation*, CRC Press., (1999).
- [6] Deng, R., Huang, D., Cheng, J.Li.X., and Yu, L., *Discussion of grid generation for catamaran resistance calculation*, Journal of marine Sci. Appl. (2010) 9: 187-191.
- [7] Menter,F.R., *Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Model for Engineering Applications*, AIAA Journal, Vol.32 (1994) 289-289.
- [8] Bardina, J.E., Huang, P.G., and Coakley, T.J., *Turbulence Modelling, Validation, Testing and Development*, NASA Technical Memorandum 110446, (1997).
- [9] Jamaluddin, A., Utama, I.K.A.P. and Molland, A.F., *Experimental Investigation Into the Drag Characteristics of Symmetrical and Asymmetrical Staggered and Unstaggered Catamaran*, International Conference on Ship & Offshore Technology (ICSOT)- Indonesia 2010, Surabaya, 11- 12 November 2010.
- [10] Utama, I. K. A. P. & Molland, A. F. 2001. "Experimental and Numerical Investigations into Catamaran Viscous Resistance". Fast (2001)295-301.