



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA HAMBATAN TOTAL KAPAL KATAMARAN  
DENGAN KONFIGURASI JARAK LAMBUNG  
SECARA MELINTANG (S/L)**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**RAGIL TRI INDRAWATI  
0806316726**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
DEPOK  
JANUARI 2012**

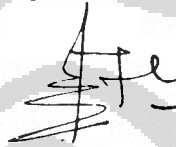
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
Telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ragil Tri Indrawati

NPM : 0806316726

Tanda Tangan :



Tanggal : 20 Januari 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ragil Tri Indrawati  
NPM : 0806316726  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul Skripsi : Analisa Hambatan Total Kapal Katamaran Dengan Konfigurasi Jarak Lambung Secara Melintang (S/L)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo, M.Sc

Penguji : Ir. M. A. Talahatu, M.T

Penguji : Ir. Hadi Tresno Wibowo

Penguji : Ir. Mukti Wibowo

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 20 Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, hidayah serta inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ir. M. A. Talahatu, M.T, Dr. Ir. Sunaryo, M.Sc., Ir. Hadi Tresno Wibowo, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen program studi Teknik Perkapalan yang telah menularkan ilmu dan pengalamannya.
3. Ayah, Ibu, kakak dan adikku tercinta, atas dukungan spiritual, moral dan materil yang diberikan tanpa hentinya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Gunawan, S.T dan M.Baqi, S.T selaku asisten dosen yang telah meluangkan waktu untuk melakukan asistensi.
5. Pak Yasin selaku laboran DTM FTUI yang telah membantu dalam pembuatan alat uji.
6. Kanzun Fikri Attabikselaku “sahabat hidup” yang dengan sabar selalu menemani dan memberikan semangat baik langsung maupun tidak langsung.
7. Martinus Putra dan Edwin Dwi Novianto selaku partner dikala susah dan senang dalam menyelesaikan skripsi.
8. Agus Julianto, Indah Puspitasari, dan Stanley Nathan selaku teman setia mendengarkan keluh kesah selama meraih gelar S.T.
9. Cemes 2008 (Nisa, Ica, Nana, Dea, Indah, Ade, Rani, Ami, Onya), cemes 2009 (Muning, Selly, Ekania, Andra, Ririn, Laily, Vinda) atas segalanya.

10. Helmi, Aji, Dwi, Candra, Uqi, Wawan, Hudi atas bantuannya dalam pengambilan data.
11. Teman – teman jurusan Teknik Mesin dan Teknik Perkapalan, khususnya angkatan 2008 yang telah bersama – sama mengukir kisah perjalanan hidup di FT UI.
12. Para sahabat dan semua pihak yang telah membantu dalam bentuk doa yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah disebutkan di atas. Semoga skripsi ini membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Januari 2012

Ragil Tri Indrawati

**HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ragil Tri Indrawati  
NPM : 0806316726  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Rights) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Analisa Hambatan Total Kapal Katamaran Dengan Konfigurasi Jarak Lambung Secara Melintang (S/L)”**

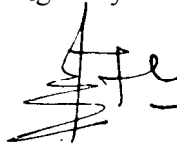
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 20 Januari 2012

Yang menyatakan,



Ragil Tri Indrawati

## ABSTRAK

Nama : Ragil Tri Indrawati  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul : Analisa Hambatan Total Kapal Katamaran Dengan Konfigurasi Jarak Lambung Secara Melintang (S/L)

Kapal merupakan salah satu armada angkutan yang memiliki peranan vital. Perdagangan, ekspor-impor, dan industri tidak dapat terlepas dari sarana angkutan berupa kapal. Dalam pengoperasiannya, kapal membutuhkan daya mesin yang sesuai sehingga kecepatan kapal tercapai. Penggunaan bahan bakar yang sehemat mungkin menjadi hal yang sangat penting. Penghematan bahan bakar erat kaitannya dengan hambatan kapal yang terjadi. Penghematan pemakaian energi pada pengoperasian kapal menjadi topik yang menarik dan sangat penting untuk dikaji. Tujuan penelitian ini untuk mencari konfigurasi S/L optimum untuk mendapatkan nilai hambatan terendah sehingga akan mengurangi konsumsi bahan bakar pada saat kapal beroperasi dan membandingkan nilai hambatan yang terjadi pada kapal katamaran dan monohull. Dua buah model kapal catamaran dengan lambung simetris dan variasi rasio jarak lambung S/L 0,2, 0,3 dan 0,4 digunakan dalam penelitian ini. Metode eksperimen (*towing tank*) dan numerik (HullSpeed-MaxsurfPro 11.12) dilakukan dalam penelitian dengan variasi kecepatan pada angka Froude 0.2 -1.0. Hasil menunjukkan bahwa hambatan total kapal katamaran terbesar dengan rasio jarak lambung S/L 0,4 terjadi pada  $Fr < 0,3$  dan  $Fr 0,4 - 1,0$ . Sedangkan untuk  $Fr 0,3 - 0,4$  nilai koefisien hambatan terbesar dimiliki oleh rasio S/L 0,2 yang ditunjukkan dengan puncak hambatan gelombang paling tinggi (*hump resistance*). Dari hasil kedua metode menunjukkan bahwa monohull menghasilkan nilai hambatan yang lebih besar daripada katamaran khususnya pada  $0.4 \leq Fr \leq 0.8$ .

Kata kunci: katamaran, *monohull*, hambatan, rasio jarak lambung (S/L).

## ABSTRACT

Name : Ragil Tri Indrawati  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Title : Total Resistance Analysis of Catamaran  
With Unstaggered Demihulls Configuration (S / L)

Ship is one of the transportation that has a vital role. Trade, exports - imports and industry can't be separated from means of transportation of ship. In operation, the vessel requires engine power accordingly so that the ship's speed is reached. The use of fuel efficient as possible becomes very important. Fuel savings is closely related to resistance vessels occurs. Saving energy consumption on the operation of the ship became an interesting topic and very important to assess. The purpose of this study to look for the configuration S / L optimum to obtain the lowest resistance values so that will reduce fuel consumption when the vessel to operate and compare the value of resistance that occurs in catamaran and monohull. Two models of catamaran with symmetrical and variation of unstaggered demihulls configuration (S/L) 0.2, 0.3 and 0.4 used in this study. Experimental method (towing tank) and numerical (HullSpeed-MaxsurfPro 11:12) conducted the study with the velocity variations in the Froude number 0.1 -1.0. The results showed that the total resistance of the largest catamaran with unstaggered demihulls configuration S/L 0.4 occurred at  $Fr < 0.3$  and  $Fr 0.4$  to 1.0. As for the  $Fr$  from 0.3 up to 0.4 the value of the total resistance coefficient of the biggest obstacles is owned by the ratio S/L 0.2 as indicated by the highest peak of the wave resistance (Hump resistance). From the results of both methods showed that the monohull produces greater resistance value than catamaran partially  $0.4 \leq Fr \leq 0.8$ .

Key words: catamaran, monohull, unstaggered demihulls configuration (S / L).



## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	01
1.2 Perumusan Masalah .....	03
1.3 Tujuan Penelitian .....	03
1.4 Batasan Penelitian .....	03
1.5 Metode Penelitian .....	03
1.6 Sistematika Penulisan .....	05
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Katamaran .....	07
2.1.1 Desain Lambung Katamaran .....	07
2.1.2 Konfigurasi Lambung Sejajar dan Tidak Sejajar .....	10
2.2 Komponen Hambatan Kapal .....	10

2.2.1 Hambatan Gesek	.....14
2.2.2 Hambatan Sisa	.....16
2.2.3 Hambatan Viskos	.....16
2.2.4 Hambatan Gelombang	.....16
2.2.5 Sibakan Gelombang	.....16
2.3 Bilangan Reynold	.....17
2.4 Bilangan Froude	.....18
2.5 Metode Perhitungan Hambatan Kapal	.....18
<b>BAB 3 RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN</b>	
3.1 Rancangan Alat Uji	.....20
3.2 Peralatan Pendukung	.....21
3.3 Kondisi Dalam Pengujian	.....24
3.4 Prosedur Pengambilan Data	.....24
3.5 Tahapan Pengujian	.....25
<b>BAB 4 PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA</b>	
4.1 Hasil Eksperimendan Numerik	.....26
4.1.1 Rasio S/L 0,2	.....26
4.1.2 Rasio S/L 0,3	.....29
4.1.3 Rasio S/L 0,4	.....31
4.2 Hasil Simulasi Maxsurf	.....34
4.2.1 Rasio S/L 0,2	.....34
4.2.2 Rasio S/L 0,3	.....36
4.2.3 Rasio S/L 0,4	.....38
4.3 Analisa Hasil Eksperimen dan Numerik	.....41

4.3.1 Analisa Gambar Koefisien Hambatan Total (Ct) Terhadap Froude Number (Fn)	41
4.3.2 Analisa Gambar Koefisien Hambatan Total (Ct) Terhadap Reynold Number (RE)	43
4.3.3 Komparasi Metode Eksperimen dan Numerik	44
4.3.3 Pengaruh Konfigurasi Jarak Lambung Secara Melintang (S/L)	47
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	51
<b>LAMPIRAN</b>	53

## DAFTAR GAMBAR

halaman

<b>Gambar 2.1</b> Nomenklatur katamaran	.....	07
<b>Gambar 2.2</b> Jenis lambung katamaran	.....	08
<b>Gambar 2.3</b> Penampang body plan katamaran	.....	09
<b>Gambar 2.4</b> <i>Unstaggered Hull</i>	.....	10
<b>Gambar 2.4</b> <i>Staggered Hull</i>	.....	10
<b>Gambar 2.4</b> Diagram Komponen Hambatan Kapal, Molland 2008	.....	12
<b>Gambar 2.4</b> Komponen Hambatan Kapal	.....	17
<b>Gambar 3.1</b> Instalasi alat uji pipa spiral	.....	20
<b>Gambar 3.2</b> Kapal model katamaran dan monohull	.....	21
<b>Gambar 3.3</b> Alat Penarik Kapal Model	.....	22
<b>Gambar 3.4</b> AC Voltage Regulator	.....	23
<b>Gambar 3.5</b> Load Cell Transducer	.....	23
<b>Gambar 4.1</b> Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Eksperimen S/L 0,2	.....	28
<b>Gambar 4.2</b> Hubungan Ct dengan Re Metode Eksperimen pada rasio S/L 0,2	.....	28
<b>Gambar 4.3</b> Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Eksperimen S/L 0,3	.....	30
<b>Gambar 4.4</b> Hubungan Ct dengan Re Metode Eksperimen pada rasio S/L 0,3	.....	30
<b>Gambar 4.5</b> Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Eksperimen S/L 0,4	.....	32
<b>Gambar 4.6</b> Hubungan Ct dengan Re Metode Eksperimen pada rasio S/L 0,4	.....	32
<b>Gambar 4.7</b> Komparasi Koefisien Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai Fn Pada Setiap Konfigurasi		

Jarak Melintang Antara Lambung Metode Eksperimen (S/L)	33
<b>Gambar 4.8</b> Komparasi Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai $F_n$ Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung Metode Eksperimen (S/L)	33
<b>Gambar 4.9</b> Komparasi Koefisien Hambatan Total Lambung Terhadap Reynold Number Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung Metode Eksperimen (S/L)	34
<b>Gambar 4.10</b> Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Numerik S/L 0,2	36
<b>Gambar 4.11</b> Hubungan $C_t$ dengan $Re$ Metode Numerik pada rasio S/L 0,2	36
<b>Gambar 4.12</b> Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Numerik S/L 0,3	38
<b>Gambar 4.13</b> Hubungan $C_t$ dengan $Re$ Metode Numerik pada rasio S/L 0,3	38
<b>Gambar 4.14</b> Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Numerik S/L 0,4	40
<b>Gambar 4.15</b> Hubungan $C_t$ dengan $Re$ Metode Numerik pada rasio S/L 0,4	40
<b>Gambar 4.16</b> Komparasi Koefisien Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai $F_n$ Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung (S/L) Hasil Simulasi Hullspeed	41
<b>Gambar 4.17</b> Komparasi Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai $F_n$ Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung (S/L) Hasil Simulasi Hullspeed	41
<b>Gambar 4.18</b> Komparasi Koefisien Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai $Re$ Pada Setiap Konfigurasi	

Jarak Melintang Antara Lambung (S/L)	
Hasil Simulasi Hullspeed	42
<b>Gambar 4.19</b> Hubungan Froude Number	
dengan Koefisien Hambatan Viskos	43
<b>Gambar 4.20</b> Hubungan Froude Number dengan	
Koefisien Hambatan Gelombang	44
<b>Gambar 4.21</b> Perbandingan Koefisien Hambatan Total	
Terhadap Fn Kapal Numerik & Eksperimen	
Pada S/L 0,2-0,4	45
<b>Gambar 4.22</b> Perbandingan Koefisien Hambatan Total	
Terhadap Re Kapal Numerik & Eksperimen	
Pada S/L 0,2-0,4	46
<b>Gambar 4.23</b> Pengurangan Hambatan Total ( <i>drag reduction</i> )	
Kapal Katamaran Terhadap Kapal Monohull	
Pada Variasi Nilai Fn 0,2-1,0	48

## DAFTAR TABEL

	halaman
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian Model Fisik .....	26
<b>Tabel 4.2</b> Data hasil penelitian pada S/L 0,2 .....	27
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Perhitungan Fn, Rt (kN), Re dan Ct S/L 0,2 .....	27
<b>Tabel 4.4</b> Data hasil penelitian pada S/L 0,3 .....	29
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Perhitungan Fn, Rt (kN), Re dan Ct S/L 0,3 .....	29
<b>Tabel 4.6</b> Data hasil penelitian pada S/L 0,4 .....	31
<b>Tabel 4.7</b> Hasil Perhitungan Fn, Rt (kN), Re dan Ct S/L 0,4 .....	31
<b>Tabel 4.8</b> Data hasil simulasi Maxsurf “HullSpeed” pada S/L 0,2 .....	34
<b>Tabel 4.9</b> Data hasil simulasi Maxsurf “HullSpeed” pada S/L 0,3 .....	37
<b>Tabel 4.10</b> Data hasil simulasi Maxsurf “HullSpeed” pada S/L 0,4 .....	38
<b>Tabel 4.11</b> Persentase Perbedaan Eksperimen dan Numerik .....	46

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan salah satu armada angkutan yang memiliki peranan vital. Perdagangan, ekspor-impor, dan industri tidak dapat terlepas dari sarana angkutan berupa kapal. Dalam pendistribusian barang dari suatu daerah ke daerah lain, kapal memiliki peranan penting terutama di Indonesia. Indonesia dimana sebagian besar wilayahnya merupakan kepulauan, sangat bergantung pada moda transportasi laut. Untuk dapat berjalan sesuai kecepatan yang diinginkan, kapal harus mampu mengatasi hambatan.

Pada saat pengoperasiannya, kapal membutuhkan daya mesin yang sesuai sehingga kecepatan kapal tercapai. Penggunaan bahan bakar yang sehemat mungkin menjadi hal yang sangat penting. Penghematan bahan bakar erat kaitannya dengan hambatan kapal yang terjadi. Penelitian tentang pengurangan hambatan terus dilakukan untuk pengembangan aplikasi yang bermanfaat bagi umat manusia di masa depan. Hambatan gelombang yang terbentuk saat kapal beroperasi sangat berpengaruh terhadap penggunaan daya mesin. Dengan kata lain, pengaruh pengurangan hambatan menjadi faktor yang menjanjikan sebagai bagian solusi dari masalah pengurangan pemakaian energi. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi fenomena hambatan tersebut. Usaha pengurangan hambatan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Modifikasi bentuk lambung, optimasi sistem propulsi dan penambahan zat polimer merupakan contoh usaha mengurangi hambatan.

Aplikasi kapal multi hull sebagai moda transportasi sungai maupun laut terus dikembangkan. Salah satu hal yang membuat kapal ini populer yaitu karena tersedianya geladak yang lebih luas dan tingkat stabilitasnya lebih bagus dibandingkan kapal lambung tunggal. Penelitian ini telah dilakukan oleh [Seif et al 2004]. Disamping itu, kapal multi hull dapat memperkecil timbulnya sibakan air dibanding kapal lambung tunggal. Kapal multi hull memiliki gaya hambat yang kecil dengan pengaturan jarak lambung untuk menghasilkan daya dorong



mesin yang lebih kecil (atau kecepatan yang lebih besar) sehingga tercipta efisiensi konsumsi BBM yang optimal.

Dalam proses rekayasa, kapal multi-hull menimbulkan banyak tantangan teknis dibanding desain kapal konvensional. Kapal ini ditandai dengan konfigurasi yang lebih kompleks dan operasional pada kecepatan yang lebih tinggi. Dalam meng-desain kapal multi hull, seorang desainer menggunakan teknik eksperimen (model test) dan pemodelan numerik. Beberapa kajian awal telah dilakukan dan dipublikasikan seperti yang diperlihatkan pada daftar pustaka. Pada kapal multi hull, masalah hambatan masih banyak dibahas dan didiskusikan. Hal ini dikarenakan komponen hambatannya lebih kompleks dibanding kapal lambung tunggal, yaitu rumitnya efek interaksi komponen hambatan viskos dan gelombang pada lambung kapal multi hull. Fenomena intraksi komponen hambatan tersebut masih merupakan bahasan ilmiah yang terus dikembangkan. [Doctors et al 2003] menentukan separasi optimal antara lambung dan juga memprediksi interferensi gelombang yang terjadi. [Millward,1992] menggunakan teori lineariti untuk membahas pengaruh jarak antar lambung dan pengaruh kedalaman air pada kapal katamaran. Beberapa kajian tentang jarak antar lambung secara sistematis telah diteliti oleh [Insel et al 1991] dan [Molland et al 1992]. Kajian tersebut berkesimpulan bahwa dengan perubahan jarak antar kedua lambung kapal katamaran memberikan pengaruh interferensi yang signifikan terhadap hambatan viskos. Disamping itu interferensi gelombang juga dapat berpengaruh terhadap wave profile drag akibat perubahan jarak antara lambung kapal katamaran.

Pengaruh interferensi dan interaksi tersebut perlu dikaji secara seksama melalui eksperimen agar nantinya hasil ini dapat memberikan kontribusi di dalam memprediksi komponen hambatan dan total hambatan kapal multi hull, yang selanjutnya dapat memprediksi kebutuhan tenaga mesin (propulsi) kapal.

Tujuan penelitian adalah mencari konfigurasi S/L optimum untuk mendapatkan nilai hambatan terendah sehingga akan mengurangi konsumsi energi pada saat kapal beroperasi dan membandingkan nilai hambatan yang terjadi pada kapal katamaran dan monohull. Dengan teori kesamaan similariti, kesamaan kinematik dan kesamaan dinamik dibuat 2 tipe bentuk lambung simetris untuk digunakan dalam penelitian ini. Dari variasi kecepatan yang diberikan pada kapal

model akan diperoleh hasil mengenai karakteristik hambatan total yang nantinya akan dihitung untuk menentukan besarnya hambatan yang dialami oleh kapal tersebut.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan paparan di atas maka permasalahan yang dapat diambil yaitu :

- a. Bagaimanakah pengaruh konfigurasi jarak antar lambung secara melintang terhadap hambatan total yang dihasilkan oleh kapal.
- b. Bagaimanakah besar persentase perbedaan nilai hambatan total yang dihasilkan oleh metode eksperimen dan numerik.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mencari konfigurasi S/L optimum untuk mendapatkan nilai hambatan terendah sehingga akan mengurangi konsumsi bahan bakar pada saat kapal beroperasi dan membandingkan nilai hambatan yang terjadi pada kapal katamaran dan monohull.

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi hanya untuk mengetahui konfigurasi S/L optimum untuk mendapatkan nilai hambatan terendah pada model kapal katamaran bentuk lambung kapal Round Bilge pada variasi S/L = 0.2 ; 0.3 ; 0.4 dan membandingkan nilai hambatan yang terjadi pada kapal katamaran dan *monohull*.

## 1.5 Metode Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis melakukan beberapa metode dalam penulisan, yaitu:

1. Konsultasi dengan dosen pembimbing disertai dengan studi literatur

Konsultasi dengan dosen pembimbing merupakan suatu media untuk merumuskan tema yang akan dibahas dalam skripsi serta alat uji yang harus dibuat untuk mendukung penelitian pada tema skripsi tersebut dan memperoleh informasi mengenai dasar teori yang digunakan dalam pengolahan data yang akan dilakukan serta hasil yang hendak diperoleh dari penelitian tersebut.

Sebagai bahan penunjang dalam hal penulisan, penulisan tugas akhir ini berdasarkan pada literatur-literatur yang mendukung dan mempunyai relevansi serta korelasi dengan permasalahan yang ada. Pengumpulan bahan referensi penunjang yang dapat membantu penulis dapat melalui jurnal, paper, buku-buku, *e-mail*, *e-book*, dan *e-news*.

## 2. Membuat alat uji di laboratorium

Membuat alat uji laboratorium sesuai dengan rancangan awal yang telah dikonsultasikan dengan dosen pembimbing serta mengenai bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian tersebut.

Penelitian ini akan dilakukan dalam dua metode, yaitu metode numerik dan metode eksperimen. Perancangan model dilakukan untuk kedua metode tersebut, dimana penggunaan program MaxsurfPro diterapkan untuk metode numerik. Perancangan dengan program MaxsurfPro mengacu pada dimensi kapal model yang telah dicetak terlebih dahulu.

## 3. Pengumpulan data

Data-data yang diperoleh dari penelitian dengan menggunakan alat uji laboratorium selanjutnya dibandingkan dengan dasar teori yang telah dijelaskan oleh dosen pembimbing, data-data dan keterangan didapat dari studi percobaan (data percobaan), studi literature (dari sumber-sumber yang berhubungan dengan penelitian) serta melakukan diskusi dengan team skripsi dan dosen pembimbing.

### a. Perhitungan Hambatan Total

Komputasi numerik hambatan total pada kapal model dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop pada program MaxsurfPro. Sama halnya dengan metode Numerik, perhitungan hambatan total juga dilakukan pada metode eksperimen dengan melakukan uji tarik kapal model. Dalam kalkulasi hambatan total, kedua metode ini menerapkan perubahan konfigurasi jarak antar

lambung, baik secara melintang maupun secara membujur agar mendapatkan variasi data yang bertujuan untuk mengetahui jenis konfigurasi yang menghasilkan nilai hambatan terendah.

b. Validasi Data

Pada tahapan ini dilakukan uji validasi atas hasil tahanan model. Sehingga diperlukan studi komparasi dengan metode lain, dalam hal ini besar hambatan pada perhitungan Maxsurf akan menjadi pembandingan dengan besar hambatan uji eksperimen. Apabila masih belum terjadi kecocokan, maka dilakukan perhitungan ulang / dan perubahan pada setting parameter program Maxsurf. Jika hasil validasi telah sesuai, maka dilanjutkan dengan analisa hasil kedua metode tersebut.

4. Pengolahan data

Data awal yang diperoleh dari penelitian kemudian dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan yang terdapat pada dasar teori sehingga didapatkan data yang dibutuhkan yang kemudian digunakan untuk melakukan analisis dan proses selanjutnya.

5. Analisis data

Data-data dari pengolahan digunakan untuk menganalisis konfigurasi S/L optimum pada kapal model katamaran untuk menghasilkan nilai hambatan terendah.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini meliputi beberapa bab, yaitu:

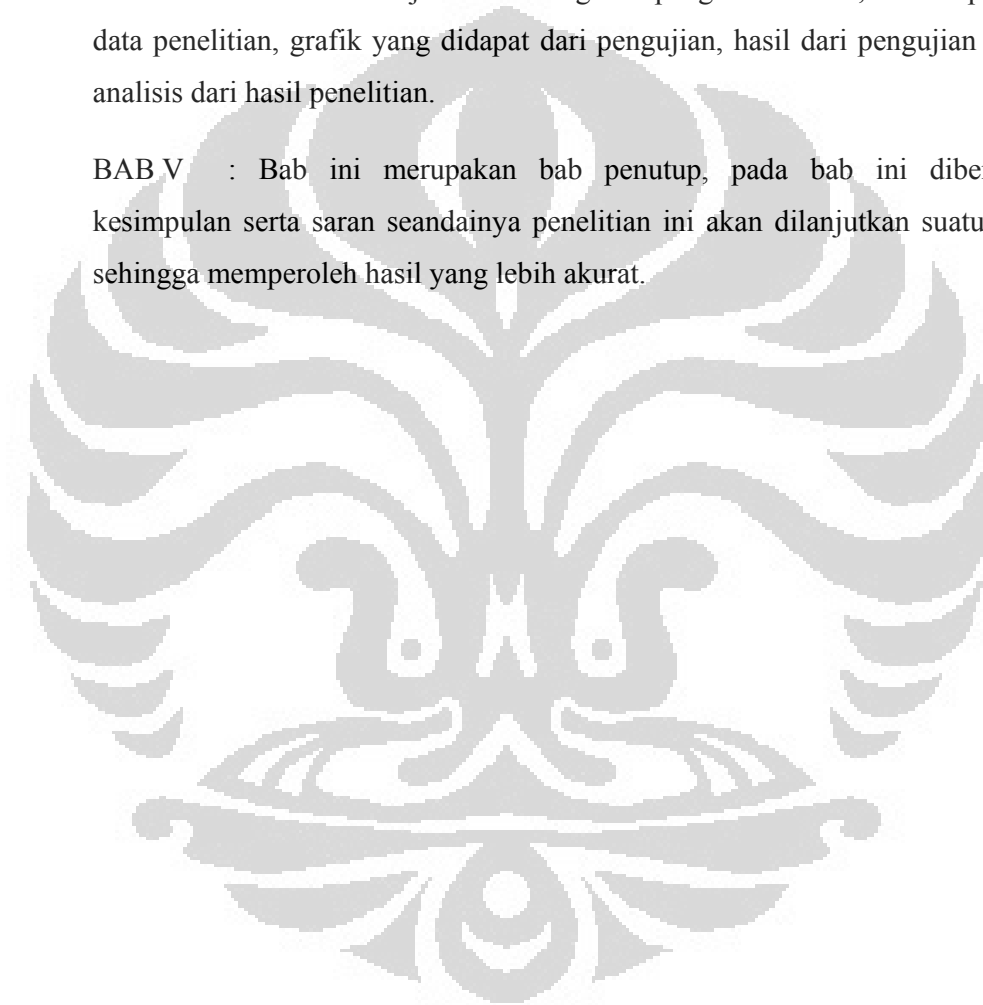
**BAB I** : Bab ini membahas mengenai latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, metode penelitian, batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini, metode penulisan dalam hal ini bagaimana penulis mendapatkan informasi mengenai penelitian ini serta sistematika penulisan.

BAB II : Bab ini menjelaskan mengenai landasan teori yang berhubungan dan digunakan dalam menyelesaikan masalah yang dibahas.

BAB III : Bab ini menjelaskan mengenai rancangan alat uji, peralatan-peralatan pendukung dalam pengujian, kondisi dalam pengujian serta prosedur pengujian dan pengambilan data.

BAB IV : Bab ini menjelaskan mengenai pengolahan data, menampilkan data penelitian, grafik yang didapat dari pengujian, hasil dari pengujian serta analisis dari hasil penelitian.

BAB V : Bab ini merupakan bab penutup, pada bab ini diberikan kesimpulan serta saran seandainya penelitian ini akan dilanjutkan suatu saat sehingga memperoleh hasil yang lebih akurat.

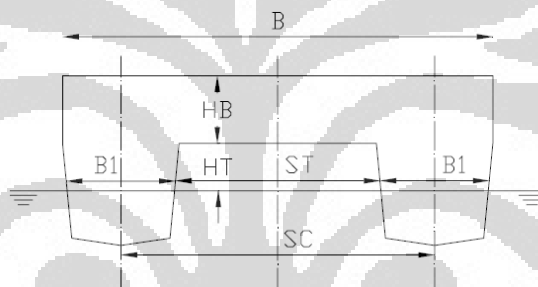


## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Katamaran

Katamaran merupakan jenis kapal *multi-hull* dengan dua lambung (*demihull*) yang dihubungkan dengan struktur *bridging*. Struktur *bridging* ini merupakan sebuah keuntungan katamaran karena menambah tinggi lambung timbul (*Fneeboard*). Sehingga kemungkinan terjadi *deck wetness* dapat dikurangi. Katamaran mempunyai garis air lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk memperoleh hambatan yang rendah. Garis air yang ramping ini menyebabkan katamaran sensitif terhadap perubahan distribusi berat.



Gambar 2. 1 Nomenklatur katamaran [Parsons, 2003]

##### 2.1.1 Desain Lambung Katamaran

Diketahui bahwa kapal displasmen *monohull* yang konvensional tidak ekonomis pada bilangan Froude sekitar 0.4, dimana umumnya terjadi *hump* hambatan akibat besarnya gelombang gravitasi pada permukaan air [Zouridakis,2005]. Untuk memperkecil hambatan kapal monohull adalah suatu hal yang sulit dicapai karena dibutuhkan lebar kapal yang lebih kecil (atau rasio L/B menjadi besar) dengan displasmen tetap, dimana hal ini dapat menurunkan karakteristik stabilitas kapal monohull. Sehingga kapal katamaran menjadi solusi atas permasalahan tersebut, dimana lambung kapal katamaran yang terpisah dan lambung yang kecil/pipih dapat memperkecil gangguan permukaan air (*disturbance on the Fnee surface*) maka dengan sendirinya dapat memperkecil hambatan kapal. Disamping itu dengan konfigurasi lambung yang terpisah

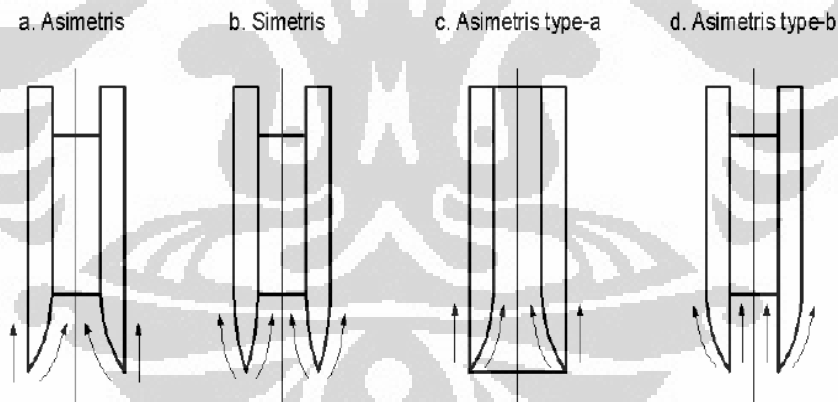
memberikan momen inersia yang besar sehingga menghasilkan kemampuan stabilitas yang cukup baik dengan sudut akselerasi gerakan *rolling* yang kecil.

Secara umum, konsep konstruksi kapal katamaran terdiri dari tiga bagian struktur:

- Lambung sebagai daya apung dan akomodasi sistem propulsinya.
- Struktur penghubung (*cross structure*) sebagai penguat bidang transversal.
- Bangunan atas yang terletak di atas struktur penghubung sebagai geladak.

Desain lambung merupakan hal yang sangat esensi dari bagian lainnya untuk memprediksi besarnya hambatan dan kebutuhan tenaga mesin pada kapal katamaran. Saat ini, banyak dijumpai desain kapal katamaran dengan konfigurasi dan dimensi yang bervariasi, dimana karakteristik desainnya sangat tergantung pada misi dan fungsi operasionalnya.

Kedua lambung katamaran didesain sedemikian rupa menurut aliran fluida yang melewati *tunnel*-nya. Susunan lambung itu terbagi menjadi simetris dan asimetris.



Gambar 2. 2 Jenis lambung katamaran

- Model *twinhull* yang kedua sisinya simetris *stream line* (model b)

Di asumsikan sebagaimana dua buah kapal *monohull* yang kedua lambungnya dihubungkan dengan jarak tertentu, maka akan mempunyai sistem gelombang yang sama dengan bentuk kapal *stream line*. Pada sekeliling bagian kapal yang tercelup dalam air akan berkembang dan

menghasilkan gerakan. Dan hal ini akan menimbulkan dua macam gelombang, yaitu gelombang *divergen* dan gelombang *transversal* dan keduanya secara umum terdapat di bagian dekat haluan dan buritan kapal dan bergerak ke depan bersama badan kapal.

b. Model kapal asimetris yang bagian sisi luarnya *stream line* (model d)

Di ujung bagian depan merupakan titik dimana aliran fluida akan menyebar ke arah samping (mengikuti garis *stream line*), hampir sama dengan gambar di atas, hanya saja di bagian sisi dalam lurus sehingga alirannya mengikuti bentuk badan kapal (lurus) sampai ke buritan kapal. Sehingga apabila diterapkan bentuk ini akan menimbulkan gelombang ke samping yang cukup besar.

c. Model dengan *stream line* di sisi bagian dalam (model a dan c)

Aliran fluida yang dibentuk dari haluan kapal terkonsentrasi di tengah kapal (antara dua hull) bergerak sampai ke buritan kapal, sedangkan ke arah samping arah aliran lurus mengikuti bentuk badan kapal sisi luar sampai ke buritan.

Sedangkan penampang body plan katamaran dibedakan menjadi 2, yaitu :

- *Round bilge*
- *Hard chine*



Gambar 2. 3 Penampang body plan katamaran

Bentuk lambung tipe *hard chine* agak sederhana dan mudah dalam pengerjaan konstruksinya. Tipe lambung ini memiliki luas bidang basah statik yang lebih besar sehingga dapat memperbesar hambatan gesek (*Fnictional drag*) pada kecepatan rendah. Sedangkan pada kecepatan tinggi, luas bidang basah akan berkurang dengan sendirinya akibat timbulnya gaya angkat (*dynamic lift*).

Lambung tipe *round bilge* sangat sesuai untuk muatan yang lebih banyak (berat) dan kecepatan rendah. Lambung tipe ini memiliki gerakan yang relatif kecil dan tidak mudah mengalami hempasan gelombang (*slamming*) sehingga



dapat memberikan rasa nyaman pada kondisi gelombang ekstrim. Biasanya tipe lambung ini dilengkapi dengan spray pada bagian depan ( *bow* ) untuk menurunkan efek sibakan air ( *water spray* ).

### 2.1.2 Konfigurasi Lambung Sejajar (*unstaggered*) dan Tidak Sejajar (*staggered*)

Perbedaan lambung *staggered* dan *unstaggered* adalah terletak pada konfigurasi posisi lambung secara membujur. Posisi lambung yang tidak sama secara memanjang disebut *staggered hull*, sedangkan posisi lambung secara memanjang yang sama disebut *unstaggered hull*.



Gambar 2. 4 Unstaggered Hull

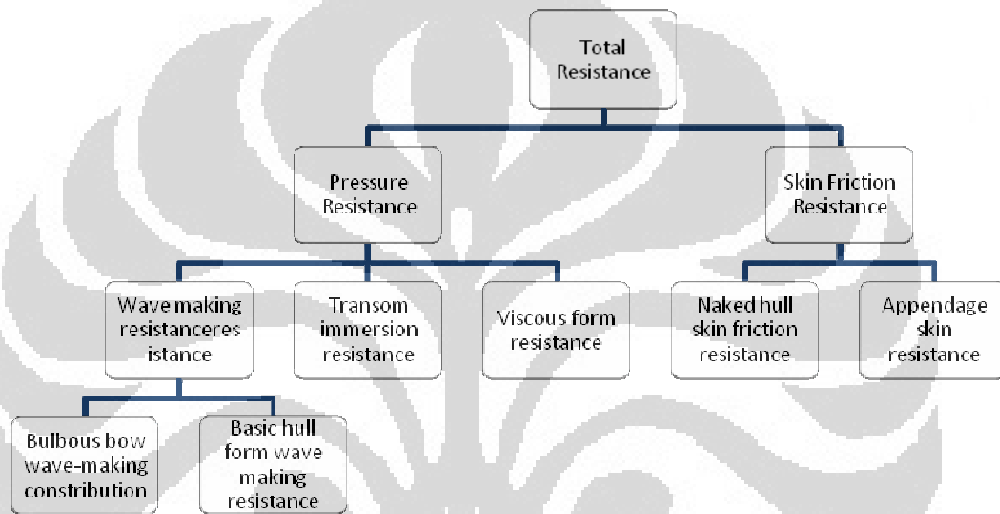


Gambar 2. 5 Staggered Hull

## 2.2 Komponen Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambat (tahanan atau *resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya hambatan kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan gerak kapal ( $V_s$ ), berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup dalam air (*displacement*), dan bentuk badan kapal (*hull form*).

Berdasarkan pada proses fisiknya, [Couser 1977] mengemukakan bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal ( *nomal stress* ) dan tegangan geser ( *tangential stress* ). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang ( *wave making* ) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida. Kemudian [Molland 2008] menyederhanakan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos ( *viscous resistance* ) dan hambatan gelombang ( *wave resistance* ).



Gambar 2. 6 Diagram Komponen Hambatan Kapal, Molland 2008

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

$$R_{T(R_e, F_r)} = R_{V(R_e)} + R_{W(F_r)} = (1 + k)_{(F_r)} R_{F(R_e)} + R_{W(F_r)} \quad (2.1)$$

Hambatan gelombang (  $R_w$  ) mengandung komponen fluida ideal ( *inviscid* ) dan hambatan viskos atau kekentalan (  $R_v$  ) meliputi hambatan akibat tegangan geser ( *Fricition drag* ) dan komponen tekanan kekentalan ( *viscous pressure* ).

Total hambatan kapal dapat dinyatakan dengan persamaan 2.2

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T (W S A) V^2 \quad (2.2)$$

Komponen hambatan kapal dari total hambatan dapat diuraikan sebagai berikut :

### 2.2.1 Hambatan Gesek

Hambatan gesek adalah komponen hambatan yang diperoleh dengan cara mengintergralkan tegangan tangensial ke seluruh permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal [Harvald, 1983]. Bagi suatu benda yang bergerak di dalam fluida, adanya viskositas akan menimbulkan gesekan. Penting tidaknya gesekan dalam situasi fisik ini tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya. Daerah fluida yang dekat dengan benda padat didefinisikan sebagai lapisan batas (*boundary layer*). Di dalam daerah ini gradien melintang kecepatannya sangat besar dibandingkan dengan variasi longitudinalnya, dan tegangan gesernya mempunyai makna yang sangat penting. Koefisien hambatan gesek  $C_F$  biasanya diperoleh melalui percobaan di tangki uji (*towing tank*), sehingga diperlukan suatu cara yang seragam untuk menghitung gesekan permukaan dan untuk mengembangkan data yang diperoleh dari model ke ukuran kapal yang sebenarnya. Besar hambatan gesek pada dasarnya tergantung pada luas permukaan basah lambung kapal, tingkat kekasaran permukaan dan bilangan *Reynolds*, dimana bilangan ini dinyatakan dengan persamaan 2.3.

$$R_s = \frac{V L}{\nu} \quad (2.3)$$

Fluida yang berada di antara dua buah pelat sejajar dengan salah satu pelat bergerak sementara jarak ( $h$ ) diantaranya konstan akan mempunyai profil kecepatan yang linier jika sepanjang pelat tersebut tidak ada gradien tekanan dalam arah gerakan kapal tersebut.

Penyelidikan menunjukkan bahwa fluida melekat pada kedua pelat tersebut dan antara fluida dan kedua pelat tersebut tidak terjadi slip. Fluida tersebut didesak sedemikian rupa sehingga berbagai lapisan fluida dapat saling bergeser secara

seragam. Kecepatan Lapisan yang berjarak ( $y$ ) dari pelat yang diam dapat dinyatakan sebagai :

$$U = \frac{y}{h} V \quad (2.4)$$

Untuk mempertahankan gerakan, harus ada gaya yang bekerja pada pelat yang bergerak. Percobaan menunjukkan bahwa gaya ( $F$ ) tersebut berbanding lurus dengan luas pelat ( $S$ ) dan berbanding terbalik dengan jarak antara kedua pelat ( $h$ ). Ini dapat ditulis sebagai :

$$U = \mu \frac{SV}{h} \quad (2.5)$$

$\mu$  adalah koefisien viskositas dinamis. Gaya ( $F$ ) secara numerik sama dengan hambatan yang dihasilkan oleh perpindahan pelat dan dapat dijelaskan dengan menganggap bahwa diseluruh fluida yang bergerak terdapat tegangan tangensial yang melawan perubahan bentuk yang terjadi. Dengan meninjau elemen kecil pada fluida yang sedang dalam keadaan bergeseran dengan lainnya maka dapat dituliskan:

$$\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial y} \quad (2.6)$$

$\tau$  adalah tegangan geser dan adalah laju perubahan kecepatan sebagai fungsi dari jarak  $y$ . Hambatan gesek dipengaruhi oleh kecepatan benda ( $V$ ), luas permukaan basah ( $S$ ), dan massa jenis fluida ( $\rho$ ). Dengan rumus :

$$R_f = \frac{1}{2} C_f \rho S V^2 \quad (2.7)$$

$C_f$  = hambatan gesek spesifik atau koefisien gesek.

### 2.2.1.1 Koefisien Gesek

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai koefisien gesek yaitu sifat aliran, angka Reynolds, bentuk permukaan, sifat dan keadaan permukaan. Selanjutnya koefisien gesek didefinisikan sebagai :

$$C_f = \frac{R_f}{\frac{1}{2} \rho S V^2} \quad (2.8)$$

William Froude melakukan percobaan dengan menggunakan sejumlah papan untuk diuji tarik di kolam dengan kecepatan berbeda-beda dan dilapisi dengan berbagai bahan. Hasil percobaan tersebut hambatan gesek permukaan budang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$R_f = f S V^n \quad (2.9)$$

Dimana ;

f : Koefisien gesek papan

S : Luas total permukaan

V : Kecepatan papan

n : Indeks yang merupakan pangkat kenaikan

Selanjutnya rumus tersebut dilengkapi oleh R.E Froude menjadi

$$R_f = f S V^{1.825} \quad (2.10)$$

Setelah beberapa percobaan R.E Froude juga menyatakan bahwa permukaan yang dipernis dan mulus mempunyai kualitas gesekan yang sama. Rumus hambatan gesek tersebut kemudian dinyatakan dalam kilogram (gaya) sebagai:

$$R_f = \frac{\gamma \lambda}{1000} S V^{1.825} \quad (2.11)$$

Dimana ;

$\gamma$  : Berat jenis dalam kg/m

$\lambda$  : Koefisien tahanan gesek

S : Luas permukaan basah

V : Kecepatan dalam m/detik

Le Besnaris menyatakan koefisien menyatakan koefisien gesekan pada suhu 15<sup>0</sup>C dalam rumus sebagai berikut :

$$\lambda = 0,1392 + \frac{0,259}{2,68 + L} \quad (2.12)$$

L adalah panjang model atau kapal dalam meter. Jika koefisien gesekan tersebut dipakai untuk suhu selain  $15^{\circ}\text{C}$  maka koreksi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$\lambda_e = \lambda(1 + 0,0043 \Delta t) \quad (2.13)$$

$$\Delta t = 15^{\circ}\text{C} - t, \text{ harga ini negatif jika } t < 15^{\circ}\text{C} \quad (2.14)$$

Hasil penggabungan persamaan (2.8) dengan (2.14) persamaan menghasilkan hubungan sebagai berikut :

$$C_f = \frac{R_f}{\frac{1}{2} \rho S V^2} = \frac{\frac{\gamma \cdot L}{1000} S V^{1,825}}{\frac{1}{2} \rho S V^2} \quad (2.15)$$

$$C_f = 2 \times 10^{-3} \lambda g V^{-0,175} \quad (2.16)$$

g adalah percepatan gravitasi; harga ini harus diikuti dalam rumus tersebut sesuai definisi  $\lambda$  dan satuan yang dipakai.

*Towing tank* di seluruh dunia telah memikirkan untuk membuat suatu cara yang seragam untuk menghitung gesekan permukaan dan untuk mengembangkan data yang diperoleh dari model ke ukuran kapal yang sebenarnya. Banyak usulan yang dipelajari oleh The International Towing Tank Conference (ITTC) dan tahun 1957 memberikan persetujuan pada rumus berikut ini :

$$C_f = \frac{0,075}{(1 + 25 R_v^{-2})^2} \quad (2.17)$$

### 2.2.2 Hambatan Sisa

Bagian terbesar dari hambatan sisa adalah komponen hambatan gelombang [Harvald, 1983]. Unsur lainnya adalah hambatan tekanan dan hambatan gesek tambahan sebagai akibat bentuk benda yang tiga dimensi. Dari kegiatan praktis di laboratorium, hambatan sisa adalah kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari koefisien hambatan total dengan koefisien hambatan gesek.

### 2.2.3 Hambatan Viskos

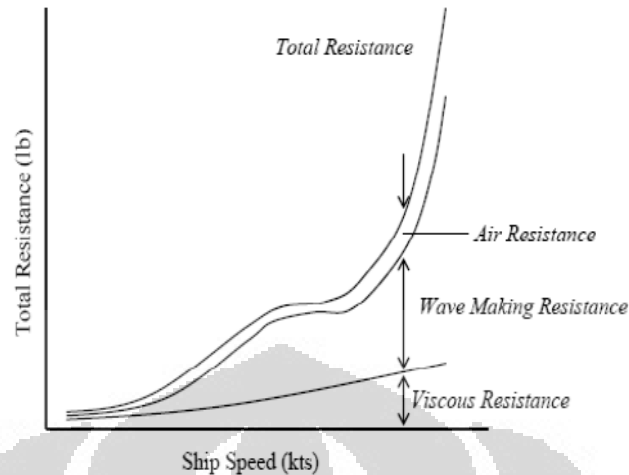
Hambatan Viskos adalah penjumlahan dari beberapa komponen hambatan yakni hambatan bentuk ( *viscous form resistance* ), hambatan gesek lambung kapal ( *naked hull skin friction* ) dan hambatan tahanan lambung kapal ( *appendage skin friction* ). Hambatan bentuk adalah integral dari gaya normal yang bekerja pada lambung, dimana besar hambatannya tergantung bentuk lambung dibawah permukaan air.

### 2.2.4 Hambatan Gelombang

Hambatan gelombang adalah komponen hambatan yang berkaitan dengan penggunaan energi untuk pembentukan gelombang gravitasi atau bekerjanya gaya normal fluida pada seluruh badan kapal. Komponen ini dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu hambatan pola gelombang (  $R_{WP}$  ) dan hambatan gelombang pecah (  $R_{WH}$  ) [Hogben et al 1975]. Pada umumnya, yang diartikan sebagai hambatan gelombang adalah dengan mengabaikan hambatan gelombang pecah karena besarnya relatif kecil dan terjadi pada kecepatan tinggi ( *high speed condition* ). Hambatan gelombang terjadi disebabkan oleh tekanan fluida yang bekerja dalam arah normal terhadap lambung kapal.

### 2.2.5 Sibakan Gelombang

Geometri kapal dengan kecepatan tertentu berpotensi menghasilkan gelombang samping yang cukup besar. Gelombang ini populer dengan sebutan sibakan gelombang ( *ship wave wash* ), yang sangat berbahaya bagi lingkungan sekitarnya ketika intensitasnya cukup tinggi. Kapal-kapal cepat yang agark gemuk ( *bluffer* ) cenderung menghasilkan sibakan gelombang yang besar dan kapal-kapal yang langsing menyebabkan massa air terdorong ke arah haluan menghasilkan gelombang pecah ( *wave breaking* ).



Gambar 2. 7 Komponen Hambatan Kapal

### 2.3 Bilangan Reynolds

Bilangan reynolds merupakan parameter yang dapat menentukan suatu aliran itu laminar atau turbulen. Bilangan reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang menyatakan perbandingan antara gaya inersia dan gaya viskos di dalam fluida.

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \quad (2.18)$$

$$Re = \frac{VL}{\nu} \quad (2.19)$$

Dimana :

Re : Bilangan Reynolds

V : Kecepatan Kapal (m/s)

L : Panjang kapal (m)

$\nu$  : Viskositas kinematik (m<sup>2</sup>/s)

(Re adalah Reynold's number dengan menggunakan referensi panjang garis air.)

### 2.4 Bilangan Froude

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 ( $F_n$ )

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g L}} \quad (2.21)$$

dimana  $F_n$  dipengaruhi oleh kecepatan ( $v$ ), gaya gravitasi ( $g$ ) dan panjang garis air kapal ( $L_{wl}$ ).

## 2.5 Metode Perhitungan Hambatan Kapal

Hambatan kapal katamaran diasumsikan sebagai penjumlahan dari beberapa komponen yang saling tidak bergantung ( independent ) agar mudah memecahkan masalah hambatan lambung kapal dan pengaruh jarak antara lambung ( *hull clearance* ).

Metode yang digunakan pada pengujian lambung kapal yang konvensional yaitu dengan membagi hambatan pada beberapa komponen yang didasarkan pada pengukuran total hambatan dari pengujian model dengan mengestimasi hambatan gesek ( *F<sub>friction</sub>* ) dari formula empiris, atau pengukuran langsung dari komponen-komponen. Kedua metode tersebut untuk mengidentifikasi komponen-komponen dan asumsi-asumsi yang terkait.

Pemisahan hambatan pada beberapa komponen adalah berdasarkan prinsip momentum pada sebuah model kapal di tangki uji yang diformulasikan untuk mendapatkan ekspresi konfigurasi gelombang yang ditimbulkan dan hambatan *wake transverse*.

Efek interferensi antara lambung ( *demihull* ) dengan memodifikasi komponen hambatan pada konfigurasi lambung kapal katamaran dapat diuraikan sebagai modifikasi ITTC-1957, ITTC-1978 dan metode pengukuran langsung untuk menghitung hambatan kapal katamaran.

Perhitungan hambatan kapal lambung ganda ( *catamaran* ) mengadopsi metode hambatan kapal lambung ( *monohull* ) dengan memasukkan pengaruh interferensi sebagai berikut :

### ITTC 1957

$$\begin{aligned} (C_T)_{CAT} &= (C_F)_{CAT} + (C_R)_{CAT} \\ &= \sigma C_F + \Omega C_R \end{aligned} \quad (2.22)$$

dimana :

- $\sigma$  Faktor interferensi hambatan gesek (*Fniction*)  
 $\Omega$  Faktor interferensi hambatan sisa (*residuary*)

Pertambahan kecepatan yang terjadi diantara lambung kapal dapat diperhitungkan dengan memperkenalkan faktor interferensi  $\sigma$  dimana dihitung dari intergrasi hambatan gesekan lokal (*local Fniction*) atas permukaan bidang basah. Hal ini sangat tergantung pada jarak antara lambung (*hull clearance*). Faktor interferensi hambatan sisa (*residuary*)  $\Omega$  dapat diintegrasikan dari hasil eksperimen. Besaran faktor ini disebabkan variasi jarak lambung dan kecepatan (Muller-Graft,1989).

### ITTC 1978

$$\begin{aligned}(C_T)_{CAT} &= (1+k_{CAT})(C_F)_{CAT} + (C_W)_{CAT} \\ &= (1+\sigma k) \sigma C_F + \tau C_w\end{aligned}\quad (2.23)$$

dimana :

- $\sigma$  Faktor interferensi hambatan bentuk (*form*)  
 $\tau$  Faktor interferensi hambatan gelombang (*wave*)  
 $\sigma$  Faktor interferensi hambatan viskos (*viscous*)

$\sigma$  digunakan dalam perhitungan pengaruh perubahan tekanan sekitar lambung (*demihull*). Untuk tujuan praktis,  $\sigma$  dan  $\sigma$  dapat dikombinasikan [Insel dan Molland, 1991 dan 1992] ke dalam interferensi hambatan viskos (*viscous*), yakni faktor  $\beta$ , dimana  $(1+\sigma k) \sigma = (1+\beta k)$ . Faktor interferensi hambatan gelombang (*wave-making*) dapat diperoleh dari hasil eksperimen.

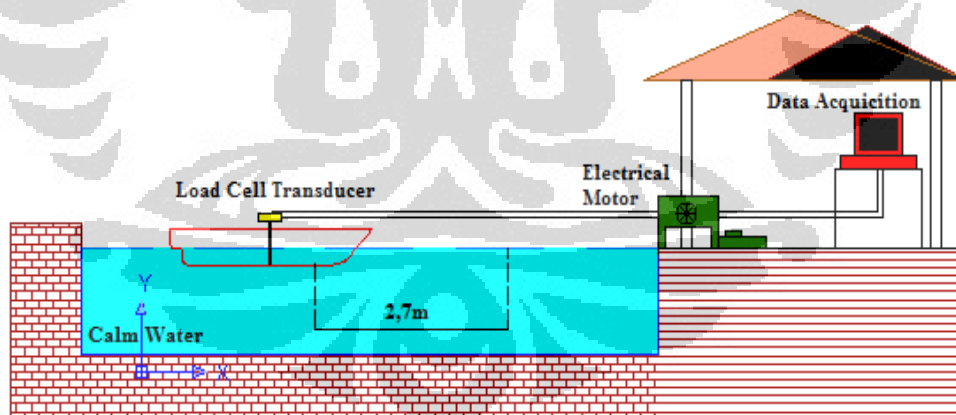
## BAB 3

### RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

#### 3.1 Rancangan Alat Uji

Pada penelitian ini alat uji dirancang sendiri berdasarkan dasar teori dan pengalaman dari dosen pembimbing. Alat uji ini dirancang sebagai alat uji dengan skala laboratorium (kolam uji), yaitu penggunaan alat yang hanya ditunjukkan untuk penelitian dan pengambilan data dari model kapal katamaran yang akan dilakukan penelitian.

Rancangan alat uji seperti terlihat pada gambar 3.1 dimana kapal model katamaran akan ditarik sejauh 2,7 m. Model uji dilengkapi dengan alat ukur 'load cell transducer' untuk mengukur besar (gaya) hambatan. Posisi alat tersebut terletak ditengah model kapal dan model dapat bergerak bebas secara vertikal. Pengujian dilakukan dengan merekam hasil tegangan tali pada load cell melalui data akusisi yang terbaca pada komputer. Data percobaan dari variasi jarak S/L (0,2 ; 0,3 ; 0,4) untuk menghasilkan konfigurasi hambatan kapal yang terbaik.



Gambar 3. 1 Instalasi alat uji

Spesifikasi alat uji (model katamaran)

Alat uji yang digunakan berupa kapal model katamaran dengan spesifikasi sebagai berikut :

Ukuran Utama Monohull		Ukuran Utama Demihull	
LoA	2,0 m	LoA	2,0 m
B <sub>1</sub>	0,28 m	B <sub>1</sub>	0,2 m
T	0,045 m	T	0,045 m
H	0,14 m	H	0,14 m
C <sub>B</sub>	0,41	C <sub>B</sub>	0,41
C <sub>p</sub>	0,732	C <sub>p</sub>	0,575
WSA	0,48 m <sup>2</sup>	WSA	0,29 m <sup>2</sup>
Disp	11,6 kg	Disp	5,8 kg



Gambar 3. 2 Kapal model katamaran dan monohull

### 3.2 Peralatan Pendukung

Pada penelitian ini terdapat beberapa komponen yang digunakan antara lain :

#### 3.2.1 Alat Penarik Kapal Model

Alat penarik berfungsi untuk menarik kapal model dengan kecepatan yang dapat diatur dan diasumsikan sebagai penggerak/ gaya dorong (propulsi) kapal model. Alat penarik ini merupakan satu rangkaian komponen yang dirakit menjadi satu kesatuan. Komponen tersebut terdiri dari sebagai berikut:



**Gambar 3. 3 Alat Penarik Kapal Model**

- **Rangka**  
Rangka yang digunakan adalah besi siku berlubang yang disambung dengan menggunakan baut dan disusun sedemikian rupa sehingga kokoh untuk menahan berat dari motor listrik dan gulungan tali.
- **Motor Listrik**  
Motor listrik disambungkan dengan gulungan tali yang dihubungkan dengan belt. Fungsi dari motor listrik ini adalah untuk memutar gulungan tali dimana tali tersebut digunakan untuk menarik kapal model.
- **Gulungan Tali**  
Gulungan tali yang menggunakan silinder hollow berbahan plastik dengan diameter 120mm.
- **Tali**  
Tali yang digunakan adalah berbahan serat nylon yang mampu menahan tegangan tali pada saat menarik kapal.
- **Pulley**  
Dua buah pulley digunakan untuk mereduksi putaran motor listrik. Pulley dihubungkan pada gulungan tali dan pada poros motor listrik.
- **Saklar (switch ON/OFF)**  
Saklar digunakan untuk menghidupkan dan mematikan motor listrik.

### **3.2.2 AC Voltage Regulator**

AC Voltage Regulator adalah suatu alat yang dapat mengatur voltase keluaran. AC voltage regulator digunakan untuk mengatur putaran motor dengan mengatur voltase masukan yang dapat diubah sesuai keinginan.

Spesifikasi teknik dari AC voltage regulator yang digunakan adalah Merk : OKI, Input : 220V 50/60 Hz, Output : 0 – 250V dan Cap : 2000 VA.



Gambar 3. 4 AC Voltage Regulator

### 3.2.3 Load Cell Transducer

Alat ini digunakan untuk mengukur gaya tarik kapal model pada saat kapal model ditarik. Loadcell merupakan suatu transducer yang bekerja berdasarkan prinsip deformasi suatu material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja. Besar tegangan mekanis berdasarkan pada deformasi yang diakibatkan oleh regangan. Regangan tersebut terjadi pada lapisan permukaan dari material sehingga dapat terukur pada alat sensor regangan atau *strain gage*. *Strain gage* ini merupakan *transducer* pasif yang merubah suatu pergeseran mekanis menjadi perubahan tahanan/hambatan.



Gambar 3. 5 Load Cell Transducer

### 3.2.4 Beban

Saat pengujian diperlukan beban sebesar 6 kg (setiap hull) agar kapal model mencapai kondisi draft. Kondisi ini dimaksudkan agar data yang diperoleh sesuai dengan kondisi operasi dari kapal.

### 3.2.5 Alat Pengukur Waktu

Saat pengujian diperlukan alat pengukur waktu yang digunakan ketika kapal model yang sedang ditarik berada pada area jarak tempuh kapal yang ditentukan secara konstan yaitu 2.7 m.

## 3.3 Kondisi Dalam Pengujian

Proses pengujian tarik ini dilakukan pada kolam pengujian dengan panjang (L) = 15 m, lebar (B) = 7 m dan kedalaman kolam (h) = 2 m dengan kondisi air yang tenang (*calm water*).

## 3.4 Prosedur Pengambilan Data

Proses pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai hambatan dari tiap konfigurasi untuk selanjutnya dilakukan perbandingan terhadap nilai yang didapatkan.

Dalam percobaan ini, kapal model ditarik oleh alat penarik yang telah dirancang sedemikian rupa sehingga putaran motor listrik memutar gulungan tali dan menarik kapal model. Ketika proses penarikan kapal, load cell akan menunjukkan berapa besar gaya tarik yang terjadi dan data gaya tarik tersebut akan diinterpretasikan oleh interface yang terhubung pada komputer. Besar gaya tarik pada saat kapal ditarik adalah besar gaya hambat yang dialami oleh kapal pada saat ditarik.

Beberapa variasi pengujian tarik dilakukan berdasarkan konfigurasi *demihull* dan disetiap pengujian dilakukan variasi putaran motor listrik untuk mendapatkan bilangan Froude yang diinginkan. Berikut merupakan variasi pengujian tarik :

1. Pengujian tarik kapal model dengan konfigurasi S/L 0.2

2. Pengujian tarik kapal model dengan konfigurasi S/L 0.3
3. Pengujian tarik kapal model dengan konfigurasi S/L 0.4
4. Pengujian tarik kapal model dengan konfigurasi S/L 0.5

### 3.5 TAHAPAN PENGUJIAN

Tahap pengujian dalam pengambilan data untuk perhitungan hambatan kapal katamaran dengan konfigurasi S/L adalah sebagai berikut:

- a. Kapal model dipersiapkan untuk dilakukan uji tarik sesuai dengan variasi yang diinginkan. Instalasi lengan kayu penghubung diperlukan mengingat dalam hal ini setiap variasi berhubungan dengan panjang lengan kayu penghubung pada kedua *demihull* tersebut.
- b. Setelah instalasi dilakukan, selanjutnya load cell diletakkan di atas anjungan kapal model (lengan kayu penghubung *demihull*) yang dihubungkan dengan tali penarik yang berasal dari gulungan tali untuk selanjutnya diputar oleh motor listrik.
- c. Load cell juga dihubungkan dengan interface yang terintegrasi dengan komputer. Ketika pada saat proses penarikan, gaya tarik tersebut akan menghasilkan *output* berupa data yang terdiri dari angka.
- d. Sebelum dilakukan penarikan pada kapal model, beban diberikan sebesar 6 kg (pada setiap *hull*) pada kapal model untuk mencapai draft.
- e. Motor listrik dinyalakan sesuai dengan aba-aba dan dilakukan pengaturan voltase menggunakan AC voltage regulator. Dalam percobaan ini, pengaturan voltase dilakukan sebanyak sembilan kali untuk mendapatkan variasi kecepatan kapal model. Setelah kapal model melewati batas jarak 2.70 meter, pengukur waktu (*stop watch*) dan motor listrik dimatikan. Sehingga didapatkan variasi waktu untuk setiap kecepatan kapal model dan selanjutnya tampilan data *output* dari loadcell dapat disimpan untuk jenis variasi tersebut.
- f. Untuk melakukan jenis variasi selanjutnya, dapat dilakukan dengan mengulang berbagai langkah di atas.



## BAB 4

### PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

#### 4.1 Hasil Eksperimen Model Fisik

Model uji menggunakan lambung simetris dengan konfigurasi jarak antara lambung yang bervariasi secara melintang (S/L).

Pengujian hambatan lambung catamaran dilakukan pada kecepatan *Froude* ( $F_n$ ) 0.2 hingga 1.0, dengan tiga konfigurasi jarak lambung yang berbeda pada arah melintang (*clearance*, S/L).

Rasio S/L menggambarkan rasio jarak antara kedua lambung (terhadap garis tengah lambung) dan panjang lambung. Jenis pengujian model fisik diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pengujian Model Fisik

Kondisi Uji	Model Uji	<i>Clearance</i> (S/L)
1	Catamaran	0.2
2	Catamaran	0.3
3	Catamaran	0.4

Model uji dilengkapi dengan alat ukur 'load cell transducer' untuk mengukur besar (gaya) hambatan. Posisi alat tersebut terletak ditengah model kapal dan model dapat bergerak bebas secara vertikal.

##### 4.1.1 Rasio S/L 0.2

Pada rasio S/L 0.2 dengan panjang (L) kapal model sebesar 2 m, maka diperoleh jarak (S) antar lambung kapal yaitu 0.4 m. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi kecepatan.

Tabel 4. 2 Data hasil penelitian pada S/L 0.2

Vs (m/s)	Rt (kg)
0.879	0.140
1.098	0.271
1.875	0.740
2.368	1.037
2.724	1.251
3.295	1.595
3.779	1.886
4.154	2.112
4.394	2.257

Data di atas merupakan data hasil percobaan uji tarik di kolam pengujian. Dilakukan pengambilan data secara berulang untuk mendapatkan nilai hambatan total kapal pada variasi kecepatan yang berbeda. Dari data berupa kecepatan kapal dan hambatan total kapal (tegangan tali) diolah dengan bantuan persamaan berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T (WSA) V^2 \quad (2.2)$$

$$Re = \frac{VL}{\nu} \quad (2.3)$$

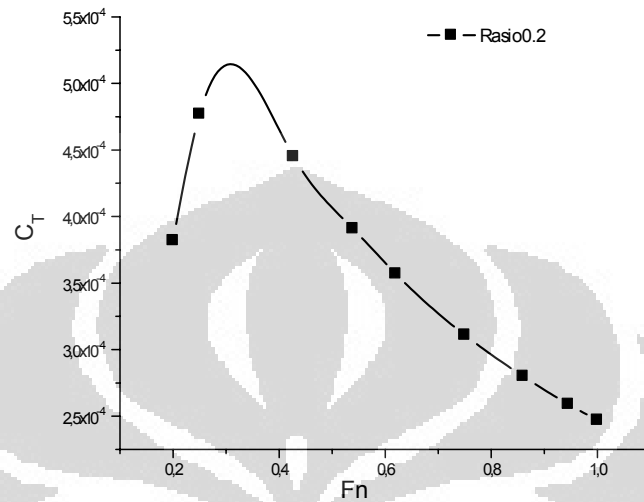
$$Fn = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (2.19)$$

Didapatkan data-data hasil pengolahan sebagai berikut:

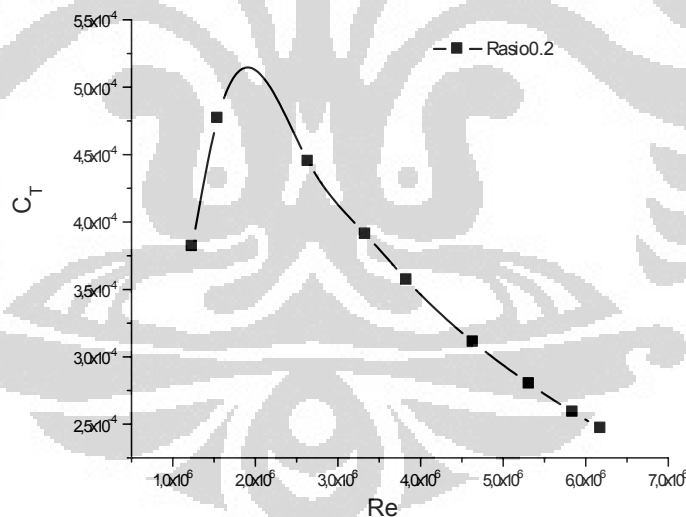
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Fn, Rt (kN), Re dan Ct S/L 0.2

Vs (knot)	Rt(Kn)	Fn	Ct	Re
1.708	0.00137	0.200	0.000382	1236558
2.134	0.00266	0.250	0.000477	1544425
3.645	0.00725	0.427	0.000445	2638393
4.604	0.01016	0.539	0.000391	3332707
5.296	0.01226	0.620	0.000357	3833328
6.406	0.01563	0.750	0.000311	4637091
7.346	0.01849	0.860	0.00028	5317198
8.075	0.02070	0.945	0.000259	5844713
8.542	0.02212	1.000	0.000247	6182788

Dari data di atas kemudian dibuat gambar  $C_T$  (*Total Resistance Coefficient*) vs  $F_n$  (*Froude Number*) dan  $C_t$  vs  $Re$  (*Reynold Number*) pada rasio S/L 0.2 sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Eksperimen S/L 0.2



Gambar 4. 2 Hubungan  $C_t$  dengan  $Re$  Metode Eksperimen pada rasio S/L 0.2

#### 4.1.2 Rasio S/L 0.3

Pada rasio S/L 0.3 dengan panjang (L) kapal model sebesar 2 m, maka diperoleh jarak (S) antar lambung kapal yaitu 0.6 m. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi kecepatan.

Tabel 4. 4 Data hasil penelitian pada S/L 0.3

Vs (m/s)	Rt (kg)
0.879	0.150
1.125	0.257
1.323	0.391
1.970	0.828
2.422	1.024
2.636	1.178
3.045	1.502
3.515	1.922
4.174	2.593
4.394	2.838

Data di atas merupakan data hasil percobaan uji tarik di kolam pengujian. Dilakukan pengambilan data secara berulang untuk mendapatkan nilai hambatan total kapal pada variasi kecepatan yang berbeda. Dari data berupa kecepatan kapal dan hambatan total kapal (tegangan tali) diolah dengan bantuan persamaan berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T (WSA) V^2 \quad (2.2)$$

$$Re = \frac{VL}{\nu} \quad (2.3)$$

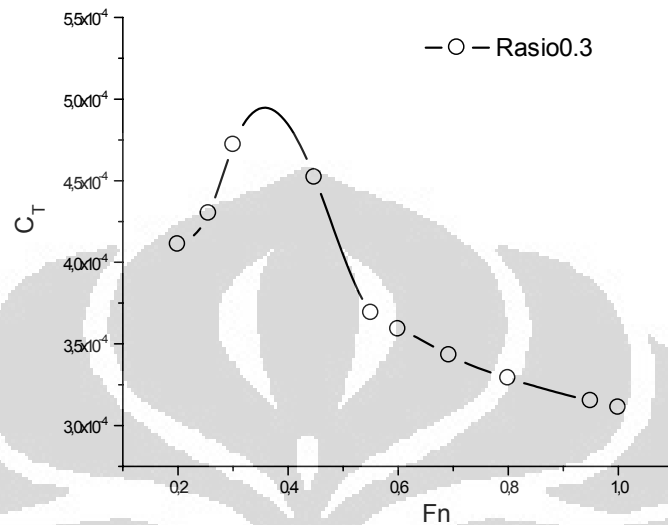
$$Fn = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (2.19)$$

Didapatkan data-data hasil pengolahan sebagai berikut:

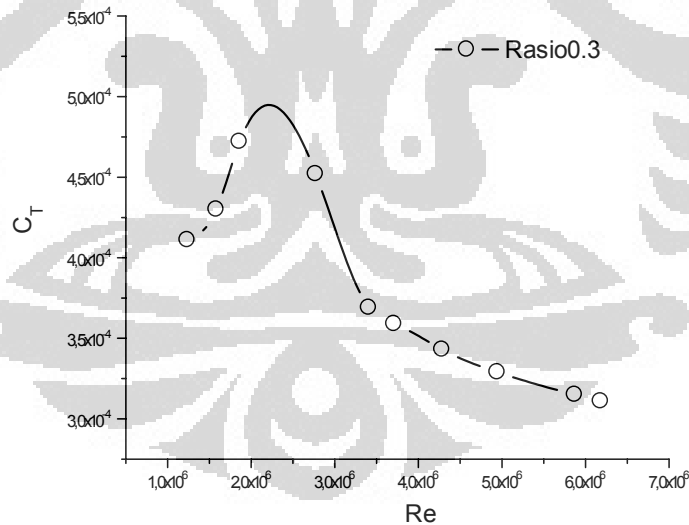
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Fn. Rt (kN). Re dan Ct S/L 0.3

Vs (knot)	Rt (kN)	Fn	Ct	Re
1.708	0.0015	0.200	0.000411	1236558
2.187	0.0025	0.256	0.000430	1583036
2.572	0.0038	0.301	0.000472	1861650
3.830	0.0081	0.448	0.000452	2772071
4.708	0.0100	0.551	0.000369	3407953
5.125	0.0115	0.600	0.000359	3709673
5.919	0.0147	0.693	0.000343	4284672
6.833	0.0188	0.800	0.000329	4946230
8.115	0.0254	0.950	0.000315	5873648
8.542	0.0278	1.000	0.000311	6182788

Dari data di atas kemudian dibuat gambar  $C_T$  (*Total Resistance Coefficient*) vs  $F_n$  (*Froude Number*) dan  $C_t$  vs  $Re$  (*Reynold Number*) pada rasio  $S/L$  0.3 sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Eksperimen  $S/L$  0.3



Gambar 4. 4 Hubungan  $C_t$  dengan  $Re$  Metode Eksperimen pada rasio  $S/L$  0.3

#### 4.1.3 Rasio $S/L$ 0.4

Pada rasio  $S/L$  0.3 dengan panjang ( $L$ ) kapal model sebesar 2 m. maka diperoleh jarak ( $S$ ) antar lambung kapal yaitu 0.8 m. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi kecepatan.

Tabel 4. 6 Data hasil penelitian pada S/L 0.4

Vs (m/s)	Rt (kg)
0.801	0.151
1.098	0.285
1.421	0.443
1.860	0.690
2.339	1.046
2.828	1.477
3.379	2.040
3.865	2.605
4.106	2.908
4.394	3.288

Data di atas merupakan data hasil percobaan uji tarik di kolam pengujian. Dilakukan pengambilan data secara berulang untuk mendapatkan nilai hambatan total kapal pada variasi kecepatan yang berbeda. Dari data berupa kecepatan kapal dan hambatan total kapal (tegangan tali) diolah dengan bantuan persamaan berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T (W_{SA}) V^2 \quad (2.2)$$

$$Re = \frac{VL}{\nu} \quad (2.3)$$

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (2.19)$$

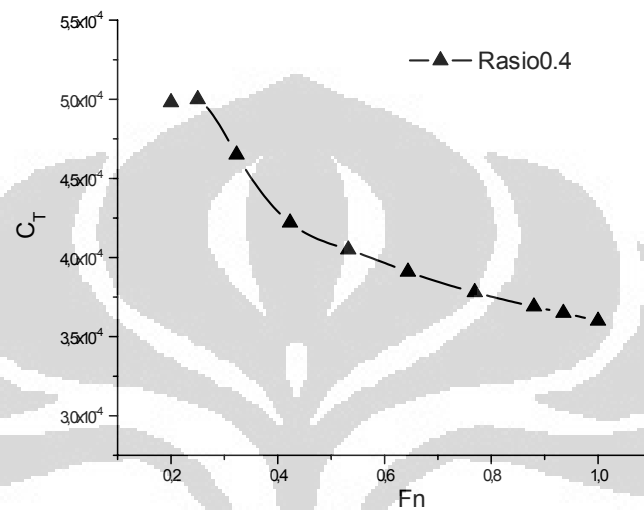
Didapatkan data-data hasil pengolahan sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Fn. Rt (kN). Re dan Ct S/L 0.4

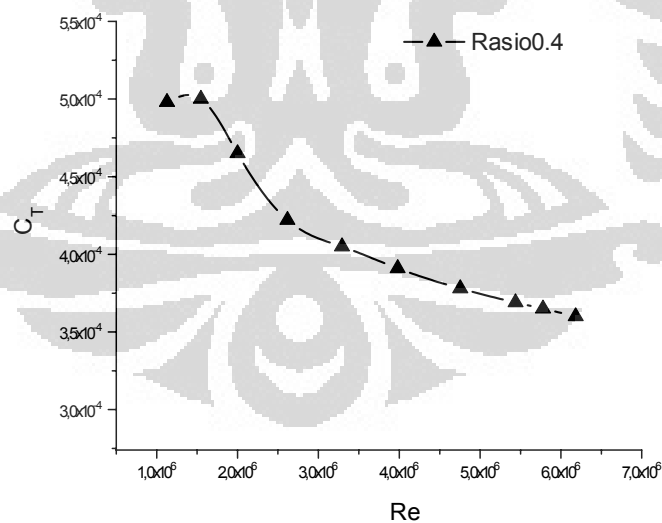
Vs (knot)	Rt(Kn)	Fn	Ct	Re
1.557	0.0015	0.200	0.000498	1127121
2.135	0.0028	0.250	0.0005	1545697
2.762	0.0043	0.323	0.000465	1999550
3.616	0.0068	0.423	0.000422	2617286
4.547	0.0103	0.532	0.000405	3291098
5.498	0.0145	0.644	0.000391	3979724
6.568	0.0200	0.769	0.000378	4754224
7.514	0.0255	0.880	0.000369	5438776
7.983	0.0285	0.935	0.000365	5778124

8.542	0.0322	1.000	0.00036	6182788
-------	--------	-------	---------	---------

Dari data di atas kemudian dibuat gambar  $C_T$  (*Total Resistance Coefficient*) vs  $F_n$  (*Froude Number*) dan  $C_t$  vs  $Re$  (*Reynold Number*) rasio S/L 0.4 sebagai berikut :

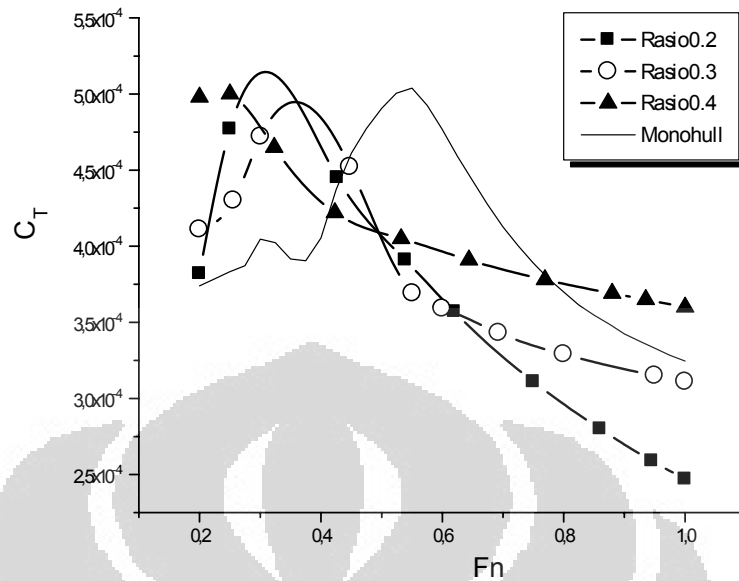


Gambar 4. 5 Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Eksperimen S/L 0.4

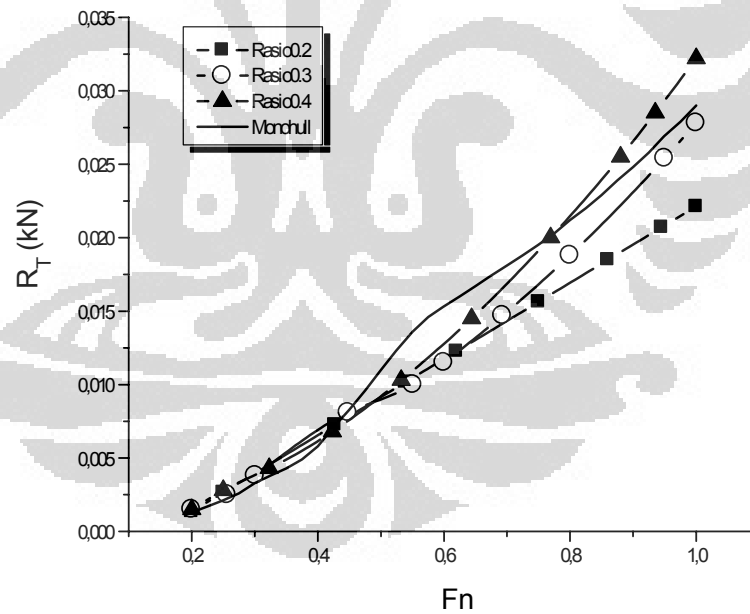


Gambar 4. 6 Hubungan  $C_t$  dengan  $Re$  Metode Eksperimen pada rasio S/L 0.4

Setelah itu dibandingkan nilai hambatan total antara S/L 0.2;0.3 dan 0.4 terhadap nilai  $F_n$  dan  $Re$ . Gambar perbandingannya adalah sebagai berikut:

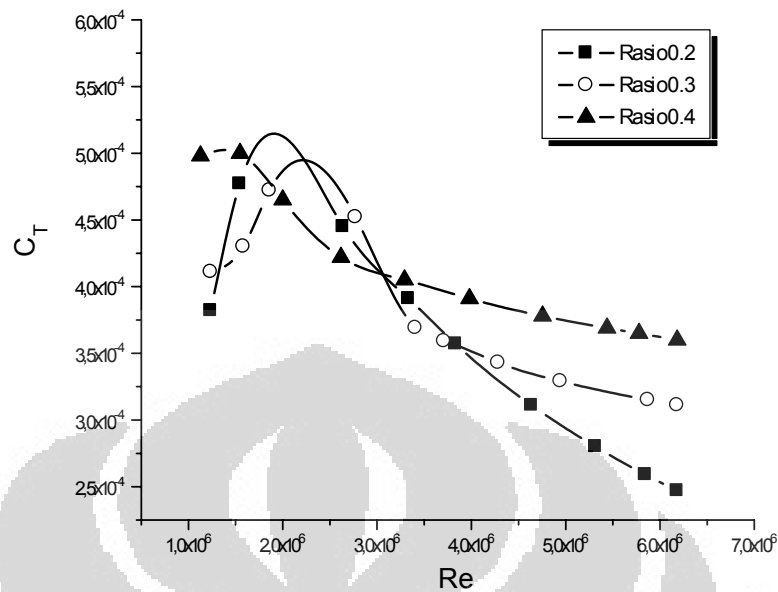


Gambar 4. 7 Komparasi Koefisien Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai Fn Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung Metode Eksperimen (S/L)



Gambar 4. 8 Komparasi Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai Fn Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung Metode Eksperimen (S/L)





Gambar 4. 9 Komparasi Koefisien Hambatan Total Lambung Terhadap Reynold Number Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung Metode Eksperimen (S/L)

#### 4.2 Hasil Simulasi *Maxsurf : HullSpeed*

Pembuatan model kapal dilakukan pada program *MaxsurfPro* dan simulasi kapal dilakukan pada *HullSpeed*. Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mendapatkan gaya/ hambatan pada lambung kapal dengan memvariasikan jarak antara lambung, baik secara melintang maupun secara membujur. Untuk proses perhitungan hambatan kapal menggunakan *Hullspeed* dengan input kecepatan kapal ( $V_s$ ) = 0 – 8.54 knot tanpa menghitung daya mesin induk (*main engine*) maka besarnya hambatan total  $R_t$  untuk beberapa metode (*Holtrop*, *Compton*, *Fung*, *Van Oortmerssen*, *Series 60*) dapat dihasilkan. Berdasarkan hasil running hullspeed menunjukkan bahwa metode yang paling mendekati adalah metode *Holtrop*, sehingga untuk selanjutnya yang menjadi acuan perhitungan hambatan adalah metode *Holtrop*.

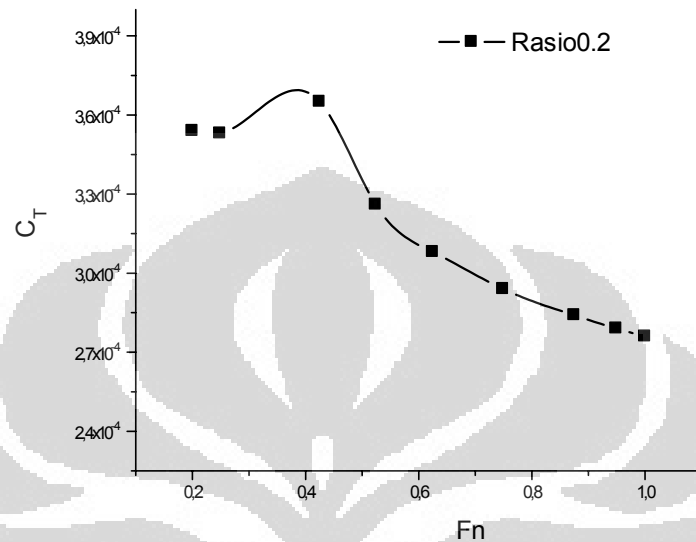
#### 4.2.1 Rasio S/L 0.2

Data yang dihasilkan pada percobaan dengan simulasi kapal yang dilakukan pada *HullSpeed* (*software Maxsurf*) adalah sebagai berikut :

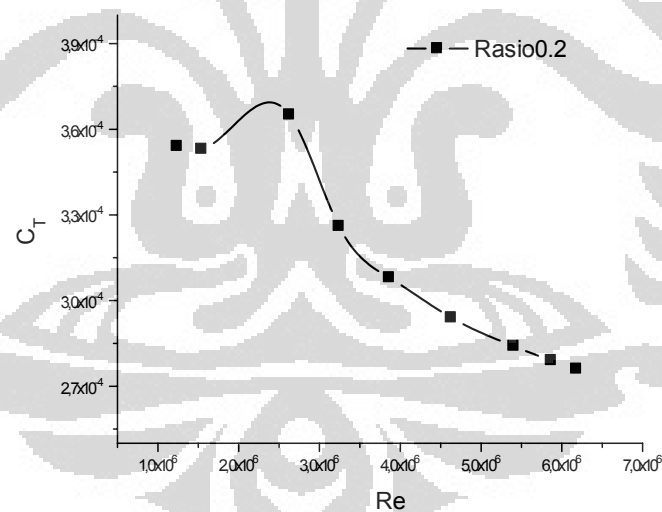
Tabel 4. 8 Data hasil simulasi Maxsurf “HullSpeed” pada S/L 0.2

V(knots)	V(m/s)	Rt (kN)	Rt (kg)	Fn	Ct	Re
1.710	0.880	0.0013	0.130	0.200	0.000354	1237757
1.920	0.988	0.0016	0.162	0.225	0.000352	1389762
2.130	1.096	0.0020	0.200	0.249	0.000353	1541767
2.350	1.209	0.0024	0.245	0.275	0.000355	1701011
2.560	1.317	0.0029	0.293	0.300	0.000357	1853016
2.780	1.430	0.0034	0.347	0.325	0.000359	2012259
2.990	1.538	0.0040	0.412	0.350	0.000369	2164265
3.200	1.646	0.0048	0.493	0.375	0.000385	2316270
3.420	1.759	0.0054	0.554	0.400	0.000379	2475513
3.630	1.867	0.0059	0.601	0.425	0.000365	2627518
3.840	1.975	0.0064	0.651	0.450	0.000353	2779524
4.060	2.088	0.0069	0.704	0.475	0.000342	2938767
4.270	2.196	0.0074	0.759	0.500	0.000333	3090772
4.480	2.305	0.0080	0.817	0.524	0.000326	3242778
4.700	2.418	0.0087	0.884	0.550	0.000320	3402021
4.910	2.526	0.0093	0.953	0.575	0.000316	3554026
5.120	2.634	0.0100	1.024	0.599	0.000313	3706032
5.340	2.747	0.0108	1.098	0.625	0.000308	3865275
5.550	2.855	0.0115	1.174	0.650	0.000305	4017280
5.760	2.963	0.0123	1.253	0.674	0.000302	4169285
5.980	3.076	0.0131	1.335	0.700	0.000299	4328529
6.190	3.184	0.0139	1.419	0.725	0.000296	4480534
6.400	3.292	0.0148	1.506	0.749	0.000294	4632539
6.620	3.405	0.0156	1.596	0.775	0.000291	4791783
6.830	3.513	0.0165	1.688	0.800	0.000289	4943788
7.050	3.627	0.0175	1.783	0.825	0.000287	5103032
7.260	3.735	0.0184	1.880	0.850	0.000285	5255037
7.470	3.843	0.0194	1.979	0.875	0.000284	5407042
7.690	3.956	0.0204	2.081	0.900	0.000281	5566286
7.900	4.064	0.0214	2.186	0.925	0.000280	5718291
8.110	4.172	0.0225	2.293	0.949	0.000279	5870296
8.330	4.285	0.0235	2.402	0.975	0.000277	6029540
8.540	4.393	0.0246	2.514	1.000	0.000276	6181545

Dari data di atas kemudian dibuat gambar  $C_T$  (*Total Resistance Coefficient*) vs  $F_n$  (*Froude Number*) dan  $C_t$  vs  $Re$  (*Reynold Number*) rasio S/L 0.2 sebagai berikut:



Gambar 4. 10 Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Numerik S/L 0.2



Gambar 4. 11 Hubungan  $C_t$  dengan  $Re$  Metode Numerik pada rasio S/L 0.2

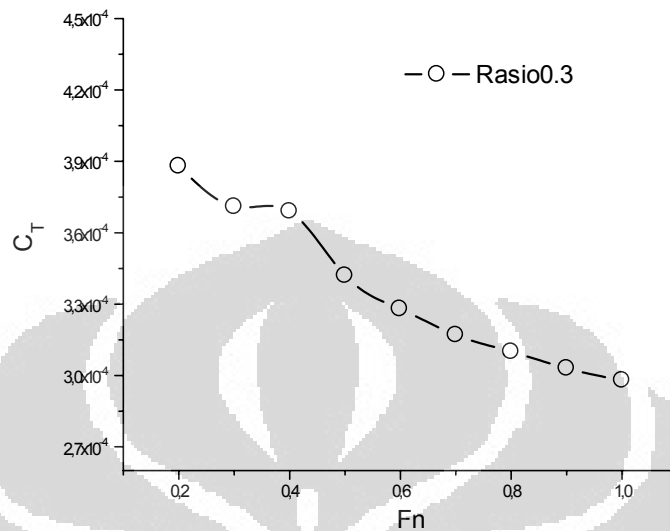
#### 4.2.2 Rasio S/L 0.3

Data yang dihasilkan pada percobaan dengan simulasi kapal yang dilakukan pada *HullSpeed* (software *Maxsurf*) adalah sebagai berikut :

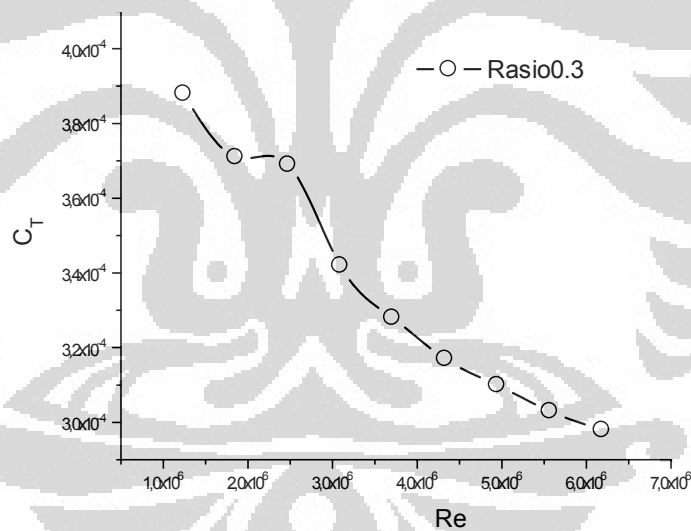
Tabel 4. 9 Data hasil simulasi Maxsurf "HullSpeed" pada S/L 0.3

V(knots)	v(m/s)	Rt (kN)	Rt (kg)	Fn	Ct	Re
1.710	0.880	0.0014	0.142	0.200	0.000388	1237757
1.920	0.988	0.0017	0.177	0.225	0.000383	1389762
2.130	1.096	0.0021	0.214	0.249	0.000378	1541767
2.350	1.209	0.0025	0.257	0.275	0.000372	1701011
2.560	1.317	0.0030	0.304	0.300	0.000371	1853016
2.780	1.430	0.0035	0.355	0.325	0.000368	2012259
2.990	1.538	0.0040	0.412	0.350	0.000369	2164265
3.200	1.646	0.0047	0.480	0.375	0.000375	2316270
3.420	1.759	0.0053	0.540	0.400	0.000369	2475513
3.630	1.867	0.0058	0.595	0.425	0.000361	2627518
3.840	1.975	0.0064	0.654	0.450	0.000355	2779524
4.060	2.088	0.0070	0.715	0.475	0.000347	2938767
4.270	2.196	0.0076	0.780	0.500	0.000342	3090772
4.480	2.305	0.0083	0.847	0.524	0.000338	3242778
4.700	2.418	0.0090	0.920	0.550	0.000333	3402021
4.910	2.526	0.0098	0.997	0.575	0.000331	3554026
5.120	2.634	0.0105	1.076	0.599	0.000328	3706032
5.340	2.747	0.0113	1.157	0.625	0.000325	3865275
5.550	2.855	0.0122	1.242	0.650	0.000322	4017280
5.760	2.963	0.0130	1.329	0.674	0.000320	4169285
5.980	3.076	0.0139	1.419	0.700	0.000317	4328529
6.190	3.184	0.0148	1.512	0.725	0.000316	4480534
6.400	3.292	0.0158	1.608	0.749	0.000314	4632539
6.620	3.405	0.0167	1.706	0.775	0.000311	4791783
6.830	3.513	0.0177	1.807	0.800	0.000310	4943788
7.050	3.627	0.0187	1.911	0.825	0.000308	5103032
7.260	3.735	0.0198	2.018	0.850	0.000306	5255037
7.470	3.843	0.0209	2.128	0.875	0.000305	5407042
7.690	3.956	0.0220	2.240	0.900	0.000303	5566286
7.900	4.064	0.0231	2.355	0.925	0.000302	5718291
8.110	4.172	0.0242	2.472	0.949	0.000301	5870296
8.330	4.285	0.0254	2.593	0.975	0.000299	6029540
8.540	4.393	0.0266	2.716	1.000	0.000298	6181545

Dari data di atas kemudian dibuat Gambar  $C_t$  vs  $F_n$  dan  $C_t$  vs  $Re$  pada rasio  $S/L$  0.3 sebagai berikut:



Gambar 4. 12 Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Numerik  $S/L$  0.3



Gambar 4. 13 Hubungan  $C_t$  dengan  $Re$  Metode Numerik pada rasio  $S/L$  0.3

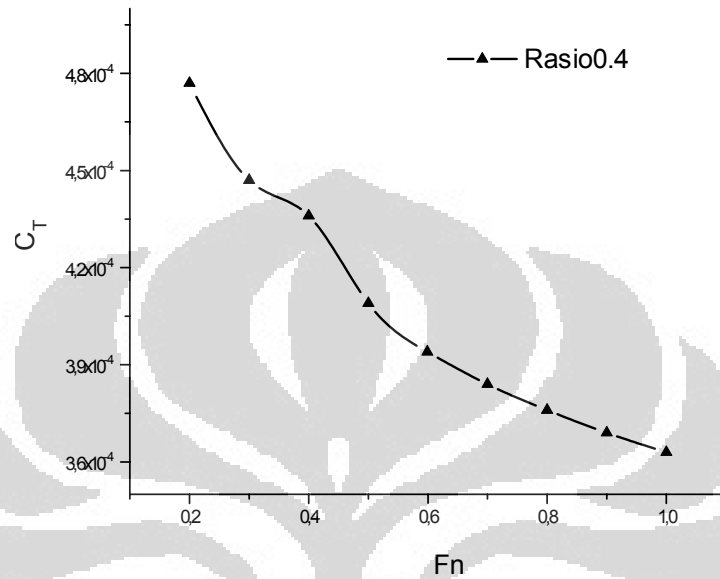
#### 4.2.3 Rasio $S/L$ 0.4

Data yang dihasilkan pada percobaan dengan simulasi kapal yang dilakukan pada *HullSpeed* (software *Maxsurf*) adalah sebagai berikut :

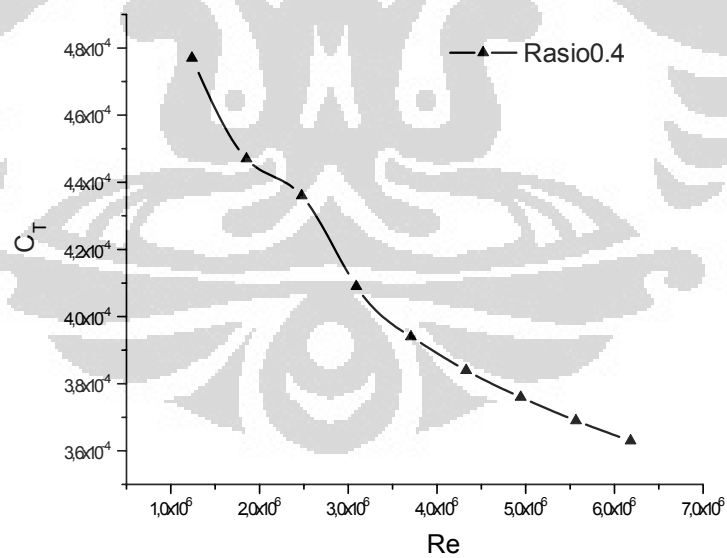
Tabel 4. 10 Data hasil simulasi Maxsurf "HullSpeed" pada S/L 0.4

V(knots)	V(m/s)	Rt (kN)	Rt (kg)	Fn	Ct	Re
1.710	0.880	0.0017	0.174	0.200	0.000477	1237757
1.920	0.988	0.0021	0.216	0.225	0.000469	1389762
2.130	1.096	0.0026	0.262	0.249	0.000462	1541767
2.350	1.209	0.0031	0.312	0.275	0.000452	1701011
2.560	1.317	0.0036	0.366	0.300	0.000447	1853016
2.780	1.430	0.0042	0.426	0.325	0.000440	2012259
2.990	1.538	0.0048	0.490	0.350	0.000438	2164265
3.200	1.646	0.0055	0.560	0.375	0.000438	2316270
3.420	1.759	0.0063	0.638	0.400	0.000436	2475513
3.630	1.867	0.0069	0.706	0.425	0.000429	2627518
3.840	1.975	0.0076	0.778	0.450	0.000422	2779524
4.060	2.088	0.0084	0.853	0.475	0.000414	2938767
4.270	2.196	0.0091	0.933	0.500	0.000409	3090772
4.480	2.305	0.0100	1.015	0.524	0.000405	3242778
4.700	2.418	0.0108	1.102	0.550	0.000399	3402021
4.910	2.526	0.0117	1.196	0.575	0.000397	3554026
5.120	2.634	0.0127	1.293	0.599	0.000394	3706032
5.340	2.747	0.0137	1.394	0.625	0.000391	3865275
5.550	2.855	0.0147	1.498	0.650	0.000389	4017280
5.760	2.963	0.0157	1.605	0.674	0.000387	4169285
5.980	3.076	0.0168	1.716	0.700	0.000384	4328529
6.190	3.184	0.0179	1.831	0.725	0.000382	4480534
6.400	3.292	0.0191	1.948	0.749	0.000380	4632539
6.620	3.405	0.0203	2.069	0.775	0.000378	4791783
6.830	3.513	0.0215	2.194	0.800	0.000376	4943788
7.050	3.627	0.0228	2.321	0.825	0.000374	5103032
7.260	3.735	0.0240	2.453	0.850	0.000372	5255037
7.470	3.843	0.0254	2.588	0.875	0.000371	5407042
7.690	3.956	0.0267	2.726	0.900	0.000369	5566286
7.900	4.064	0.0281	2.866	0.925	0.000367	5718291
8.110	4.172	0.0295	3.011	0.949	0.000366	5870296
8.330	4.285	0.0310	3.159	0.975	0.000364	6029540
8.540	4.393	0.0324	3.310	1.000	0.000363	6181545

Dari data di atas kemudian dibuat gambar  $C_T$  (*Total Resistance Coefficient*) vs  $F_n$  (*Froude Number*) dan  $C_t$  vs  $Re$  (*Reynold Number*) rasio S/L 0.4 sebagai berikut:



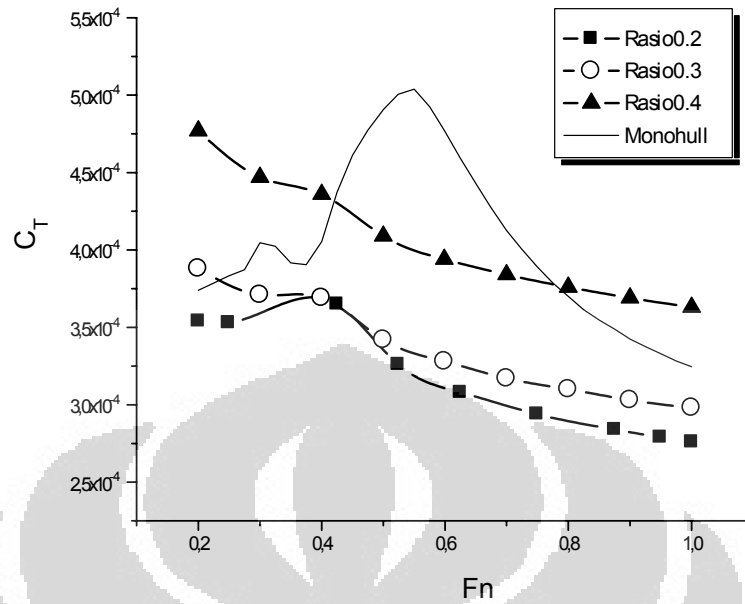
Gambar 4. 14 Koefisien Hambatan Total Kapal Metode Numerik S/L 0.4



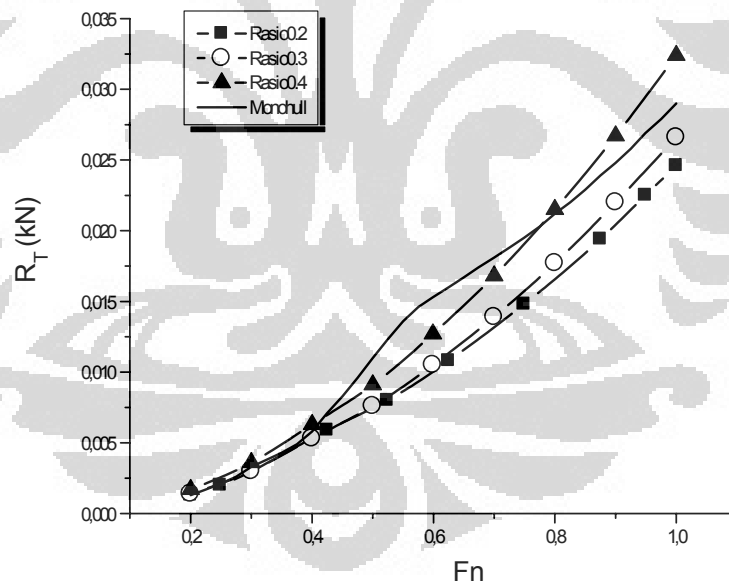
Gambar 4. 15 Hubungan  $C_t$  dengan  $Re$  Metode Numerik pada rasio S/L 0.4

Setelah itu dibandingkan nilai hambatan total antara S/L 0.2;0.3 dan 0.4 terhadap nilai  $F_n$  dan  $Re$ . Gambar perbandingannya adalah sebagai berikut:

**Universitas Indonesia**

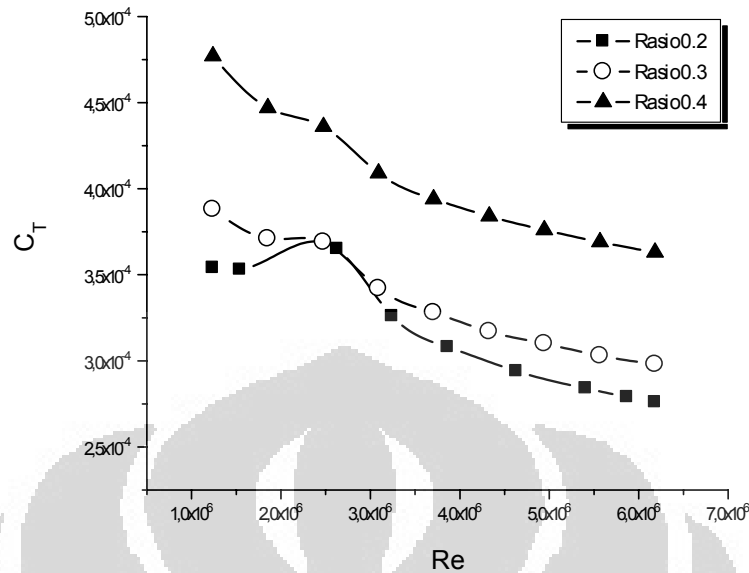


Gambar 4. 16 Komparasi Koefisien Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai Fn Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung (S/L) Hasil Simulasi Hullspeed



Gambar 4. 17 Komparasi Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai Fn Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung (S/L) Hasil Simulasi Hullspeed





Gambar 4. 18 Komparasi Koefisien Hambatan Total Lambung Terhadap Nilai Re Pada Setiap Konfigurasi Jarak Melintang Antara Lambung (S/L) Hasil Simulasi Hullspeed

### 4.3 Analisis Hasil Numerik dan Eksperimen

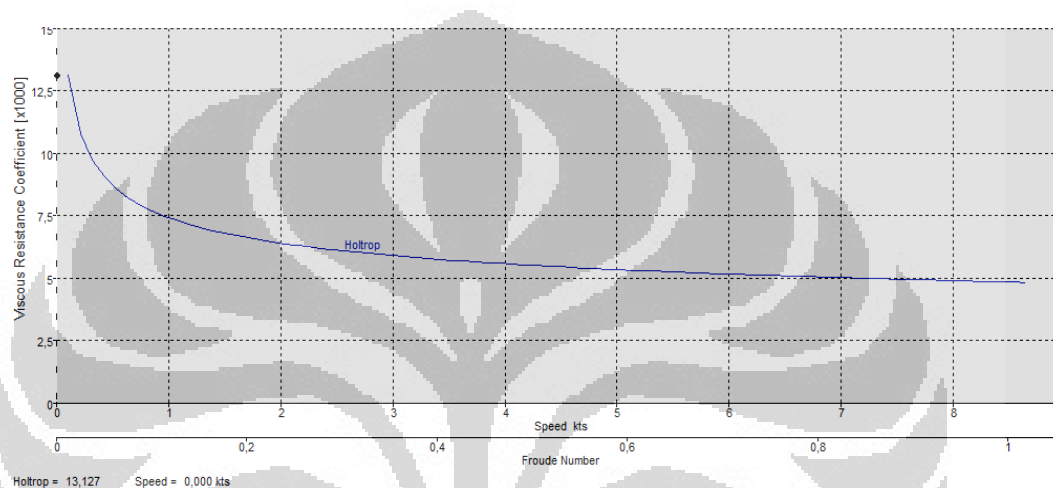
Kapal katamaran dengan konfigurasi S/L 0.2 – 0.4 memiliki karakteristik yang berbeda. Pengaruh konfigurasi jarak lambung secara melintang memberikan dampak terhadap nilai hambatan yang dihasilkan. Nilai perbandingan ke-3 ratio S/L akan diperlihatkan pada Gambar 4.7 (hasil eksperimen) dan Gambar 4.15 (hasil numerik).

#### 4.3.1 Analisa Gambar Koefisien Hambatan Total (C<sub>t</sub>) terhadap Froude Number (Fn)

Pada Gambar 4.7 dan 4.16 (hubungan antara koefisien hambatan total (C<sub>t</sub>) dengan *Froude number* (Fn) menunjukkan bahwa ke-3 ratio S/L tersebut memiliki *trend* yang sama. yaitu memiliki nilai yang cukup signifikan pada bilangan Froude < 0.4 . kemudian bergerak turun seiring dengan bertambahnya bilangan Froude.

Koefisien hambatan total merupakan penggabungan dari beberapa komponen koefisien. diantaranya koefisien hambatan viskos dan koefisien hambatan gelombang [Molland.2008]. Berdasarkan data eksperimen tersebut. mengindikasikan bahwa koefisien hambatan viskos memiliki nilai yang besar

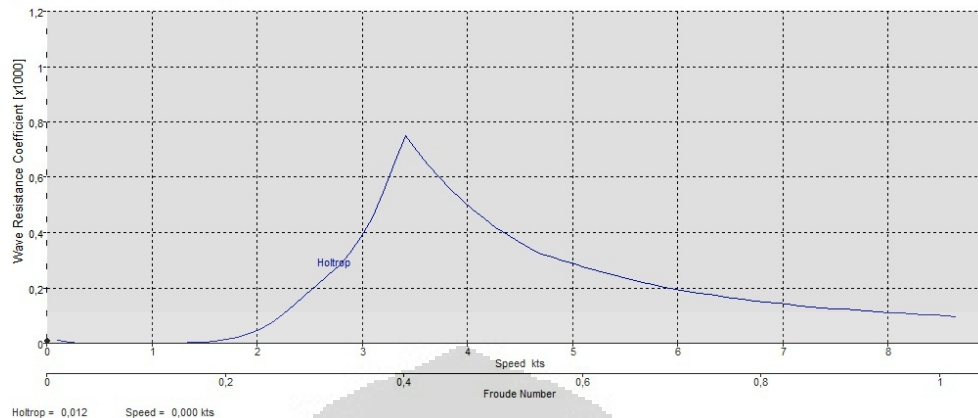
pada kecepatan awal saat bilangan Froude rendah sehingga besar nilai pada kecepatan awal sangat didominasi oleh koefisien hambatan viskos. Meskipun percobaan ini dilakukan pada kondisi air tenang (*calm water*) dan air memiliki nilai viskositas yang rendah, namun air menyebabkan gaya gesek yang sangat signifikan saat pergerakan kapal, khususnya pada awal pergerakan. Hal ini juga dibuktikan oleh analisis numerik berupa Gambar pada *HullSpeed* dibawah ini :



**Gambar 4.19 Hubungan Froude Number dengan Koefisien Hambatan Viskos**

Pada  $F_n \approx 0.4$  dipengaruhi oleh hambatan gelombang ( $C_w$ ) yang menyebabkan pecahnya gelombang dan membuat adanya puncak hambatan total (*hump resistance*) pada  $F_n \approx 0.4$ . Dimana pada nilai  $F_n \approx 0.4$  konfigurasi S/L 0.2 memiliki nilai yang cukup besar. Setelah melewati *hump resistance*, secara drastis gelombang pecah akan mengecil bahkan hilang dan nilai terbesar dimiliki oleh S/L 0.4 yaitu pada  $F_n 0.4 - 1.0$ . Hal ini disebabkan karena hambatan gelombang menjadi kecil dan didominasi oleh hambatan viskos karena bentuk lambung yang pipih. Sedangkan untuk kapal monohull, *hump resistance* terjadi dua kali pada  $F_n \approx 0.3$  dan  $F_n \approx 0.6$ .

Dominasi hambatan gelombang yang menyebabkan *hump resistance* juga dibuktikan oleh analisis Gambar pada *HullSpeed*.



Gambar 4. 20 Hubungan Froude Number dengan Koefisien Hambatan Gelombang

Hal lain yang diperlihatkan dalam Gambar tersebut adalah pada nilai  $F_n < 0.3$  nilai koefisien hambatan terbesar dimiliki oleh jarak antar lambung dengan ratio  $S/L$  0.4. sedangkan untuk  $F_n 0.3 - 0.4$  nilai koefisien hambatan terbesar dimiliki oleh rasio  $S/L$  0.2 yang ditunjukkan dengan puncak hambatan gelombang paling tinggi. Pada  $F_n 0.4 - 1.0$  nilai koefisien hambatan terbesar dimiliki oleh jarak antar lambung dengan ratio  $S/L$  0.4. Gambar ini memperlihatkan bahwa penggunaan kecepatan kapal saat beroperasi berpengaruh terhadap hambatan yang dihasilkan dengan variasi jarak antar lambung secara melintang ( $S/L$ ). Pada Gambar ini terlihat bahwa dengan menggunakan kapal katamaran (*multihull*) akan menyebabkan hambatan total yang terjadi lebih kecil daripada kapal monohull pada  $F_n 0.4 - 0.8$ .

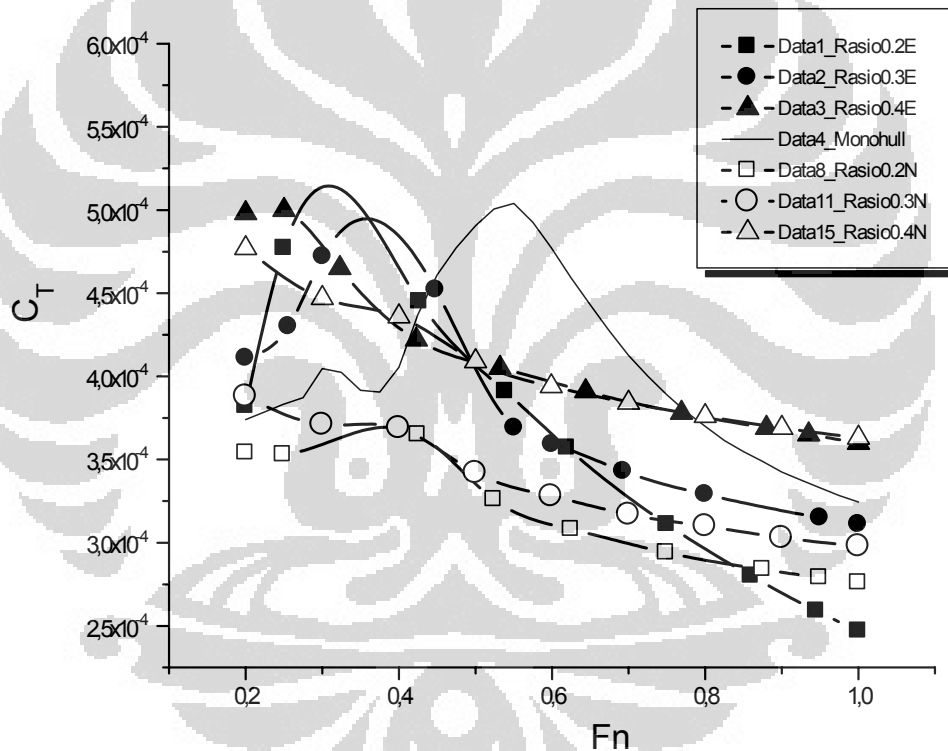
#### 4.3.2 Analisa Gambar Koefisien Hambatan Total ( $C_t$ ) terhadap Reynold Number ( $Re$ )

Pada Gambar 4.9 dan 4.18 (hubungan antara  $C_t$  dengan  $Re$ ) menunjukkan bahwa ke-3 ratio  $S/L$  mengalami transisi dari aliran laminar menuju aliran turbulenta pada nilai  $Re$   $2.0 \times 10^6$  untuk metode numerik dan nilai  $Re$  antara  $1.0 \times 10^6 - 2.0 \times 10^6$  untuk metode eksperimen. Dengan konfigurasi  $S/L$  mempengaruhi cepat lambatnya transisi aliran dari laminar menuju turbulenta. Pada metode eksperimen dengan rasio  $S/L$  0.4 akan mempercepat terjadinya transisi dan untuk rasio  $S/L$  0.3 akan menunda terjadinya transisi aliran laminar menuju turbulenta.

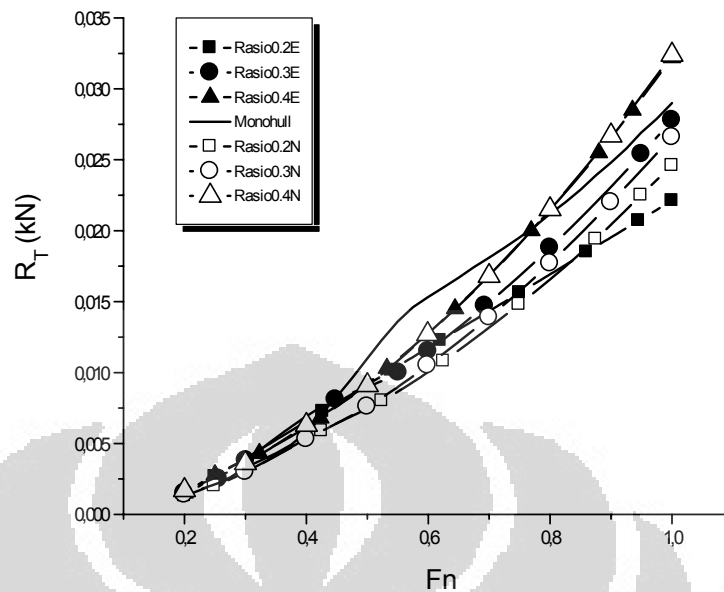
Pada metode numerik rasio S/L tidak berpengaruh pada cepat lambatnya transisi aliran dari laminar menuju turbulent yaitu memiliki proses transisi dengan trend yang sama untuk setiap konfigurasinya. Hal ini dikarenakan pada ketiga rasio tersebut, aliran transisi sama-sama terjadi pada  $Re\ 2.0 \times 10^6$ .

### 4.3.3 Komparasi Metode Eksperimen dan Numerik

Berikut ini merupakan perbandingan nilai hambatan total baik metode eksperimen maupun numerik yang ditunjukkan pada Gambar 4.17 – 4.18. sebagai berikut :



Gambar 4. 21 Perbandingan Koefisien Hambatan Total Terhadap  $F_n$  Kapal Numerik & Eksperimen Pada S/L 0.2-0.4



Gambar 4. 22 Perbandingan Koefisien Hambatan Total Terhadap  $F_n$  Kapal Numerik & Eksperimen Pada S/L 0.2-0.4

Berdasarkan nilai perbandingan koefisien hambatan dengan kedua metode tersebut, dapat dikatakan bahwa metode eksperimen menghasilkan nilai hambatan yang lebih besar dibandingkan dengan metode numerik. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.21 – 4.22, nilai hambatan pada S/L 0.2 dan 0.4 yang dihasilkan oleh metode eksperimen lebih besar dibandingkan dengan metode numerik kecuali pada bilangan Froude  $> 0.8$ . Ketiga Gambar tersebut juga menandakan bahwa untuk setiap ratio S/L memiliki trend (*good agreement*) yang sama, dimana besar koefisien hambatan bergerak turun seiring dengan bertambahnya kecepatan.

Perbedaan lebih besarnya hasil pada metode eksperimen dibanding dengan metode numerik ini dapat ditunjukkan pada besar standar deviasi. Konfigurasi S/L 0.2 memiliki standar deviasi sebesar  $8.15 \times 10^{-5}$  dan  $3.43 \times 10^{-5}$  dimana standar deviasi data eksperimen  $\approx 2.37$  kali lebih besar dari data numerik. Kemudian pada konfigurasi S/L 0.3, sebesar  $5.83 \times 10^{-5}$  dan  $2.9 \times 10^{-5}$  dengan nilai standar deviasi eksperimen  $\approx 1.9$  kali lebih besar. Sama halnya dengan konfigurasi S/L 0.4, metode numerik memiliki standar deviasi sebesar  $5.41 \times 10^{-5}$  dan  $3.4 \times 10^{-5}$  dengan standar deviasi eksperimen  $\approx 1.5$  kali lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa

metode eksperimen memiliki penyimpangan data yang lebih besar dibandingkan dengan data numerik.

Adanya perbedaan hasil antara metode eksperimen dan numerik disebabkan karena beberapa faktor. diantaranya : (a) Perbedaan dimensi saat pemodelan kapal (*hull form*) yaitu pada eksperimen hanya diketahui  $C_b$ . sedangkan pada numerik diketahui nilai  $C_b$ ,  $C_w$  dan  $C_m$ . Sehingga akan mempengaruhi faktor hasil yang diperoleh. (b) Adanya kemungkinan peralatan uji tarik yang perlu di kalibrasi ulang. Kalibrasi alat akan mempengaruhi hasil pengujian. (c) Beban yang diberikan saat pengujian tidak memenuhi seluruh bagian *hull* (ada ruang kosong tanpa beban) sedangkan pada numerik pembebanan diberikan secara merata. sehingga perbedaan peletakan beban tersebut akan mempengaruhi hasil dari uji tarik.

Perbedaan hasil eksperimen dengan numerik dapat ditunjukkan dalam bentuk persentase yang dapat ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4. 9 Persentase perbedaan metode eksperimen dan metode numerik

Nilai $F_n$	S/L 0.2	S/L 0.3	S/L 0.4
< 0.3	25.31%	11.68%	17.49%
0.3 - 0.5	20.59%	16.97%	12.45%
> 0.5	4.09%	5.50%	11.87%

#### 4.3.4 Pengaruh Konfigurasi Jarak Lambung secara Melintang (S/L)

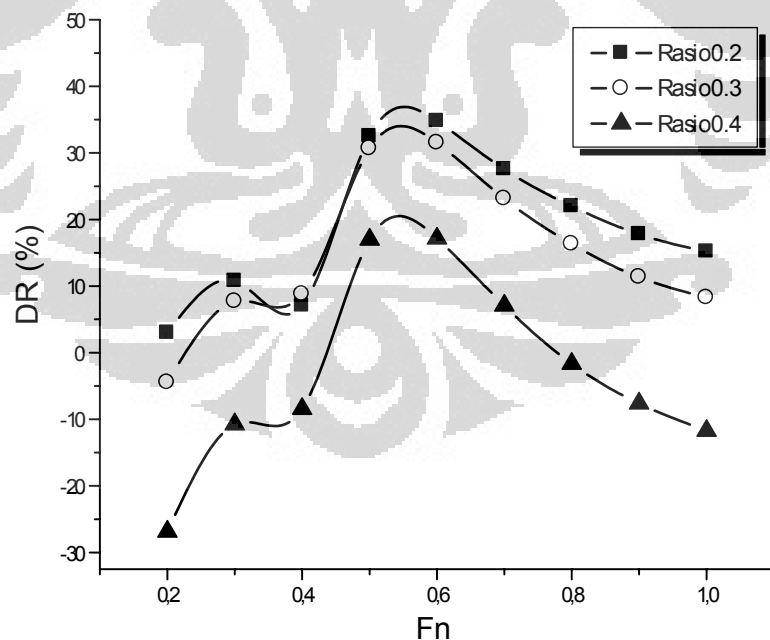
Efek interaksi pada kedua lambung pada arah melintang (S/L) sangat berpengaruh. Jarak pemisah lambung antara demihull (S/L) adalah sangat krusial akan terjadinya interaksi gelombang timbul (*wave making*) yang saling berlawanan dari depan (*bow*) menjalar ke belakang (*stern*) kapal. Namun. dengan jarak dan kecepatan tertentu. efek interaksi gelombang dapat negatif (menguntungkan) dimana hambatan gelombang yang ditimbulkan menjadi lebih kecil.

Hambatan lambung katamaran lebih kecil hambatannya 20.9 % pada S/L 0.2 ; 17.25 % pada S/L 0.3 dan 0.21 % pada S/L 0.4 dibanding dengan monohull

yaitu pada  $Fn \approx 0.4 - 1.0$  untuk rasio S/L 0.2 dan S/L 0.3 metode eksperimen dan  $Fn \approx 0.2 - 1.0$  metode numerik . Sedangkan untuk rasio S/L 0.4 baik untuk metode numerik maupun metode eksperimen sama – sama terjadi pada  $Fn \approx 0.4 - 0.8$ . Lebih kecilnya hambatan yang dialami oleh katamaran karena pada kondisi  $Fn > 0.4$  tersebut luas bidang basah lambung menurun karena gaya angkat lambung mulai terjadi. Hasil tersebut sama dengan hasil penelitian Zaghi et al. 2010. Sedangkan pada  $Fn < 0.4$  hambatan katamaran lebih kecil daripada monohull karena pada bilangan  $Fn$  tersebut luas bidang basah (*WSA/Wetted Surface Area*) meningkat akibat adanya interferensi antara kedua lambung [Moraes.2004].

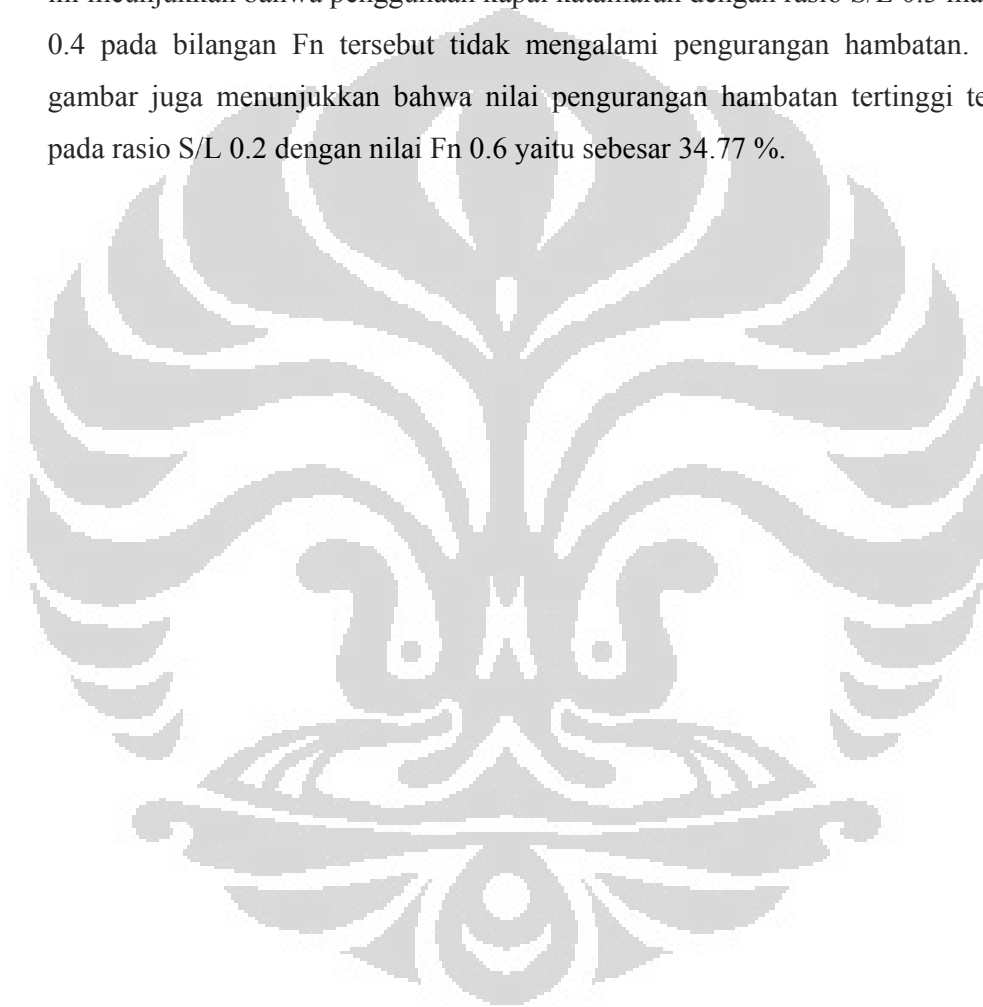
Hal yang menarik untuk ditinjau yaitu mengenai pengaruh penggunaan lambung ganda (katamaran) pada pengurangan hambatan kapal yang terjadi dibandingkan dengan kapal monohull. Terlihat bahwa dengan menggunakan lambung ganda akan mengakibatkan pengurangan hambatan pada setiap rasio S/L dan variasi nilai  $Fn$ .

Nilai pengurangan hambatan yang terjadi pada kapal katamaran adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 23 Pengurangan Hambatan Total (*drag reduction*) Kapal Katamaran Terhadap Kapal Monohull Pada Variasi Nilai  $Fn$  0.2 - 1.0

Dengan mengetahui besar *drag reduction* (DR %) maka dapat dijadikan sebagai referensi dalam menentukan penggunaan jarak S/L guna mendapatkan nilai hambatan terendah namun tetap sesuai dengan besar nilai  $F_n$  yang dikehendaki. Pada gambar 4.23 terlihat bahwa dengan menggunakan rasio S/L 0.3 pada  $F_n = 0.2$  dan pada rasio S/L 0.4 dengan nilai  $F_n < 0.4$  dan  $F_n > 0.8$  nilai hambatan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan kapal monohull. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kapal katamaran dengan rasio S/L 0.3 maupun 0.4 pada bilangan  $F_n$  tersebut tidak mengalami pengurangan hambatan. Pada gambar juga menunjukkan bahwa nilai pengurangan hambatan tertinggi terjadi pada rasio S/L 0.2 dengan nilai  $F_n$  0.6 yaitu sebesar 34.77 %.





## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Penggunaan kecepatan kapal saat beroperasi berpengaruh terhadap hambatan yang dihasilkan dengan variasi jarak antar lambung secara melintang (S/L). Pada nilai  $F_n < 0.3$  nilai koefisien hambatan terbesar dimiliki oleh jarak antar lambung dengan ratio S/L 0.4. Sedangkan untuk  $F_n 0.3 - 0.4$  nilai koefisien hambatan terbesar dimiliki oleh rasio S/L 0.2 yang ditunjukkan dengan puncak hambatan gelombang paling tinggi (*hamp resistance*). Pada  $F_n 0.4 - 1.0$  nilai koefisien hambatan terbesar dimiliki oleh jarak antar lambung dengan ratio S/L 0.4.
2. Hambatan kapal katamaran lebih kecil dibanding dengan monohull pada kecepatan tertentu dengan besar persentase 20.9 % pada S/L 0.2 ; 17.25 % pada S/L 0.3 dan 0.21 % pada S/L 0.4 dibanding dengan monohull yaitu pada  $F_n \approx 0.4 - 1.0$  untuk rasio S/L 0.2 dan S/L 0.3 pada metode eksperimen dan  $F_n \approx 0.2 - 1.0$  metode numerik . Sedangkan untuk rasio S/L 0.4 baik untuk metode numerik maupun metode eksperimen sama – sama terjadi pada  $0.4 \leq F_n \leq 0.8$ .

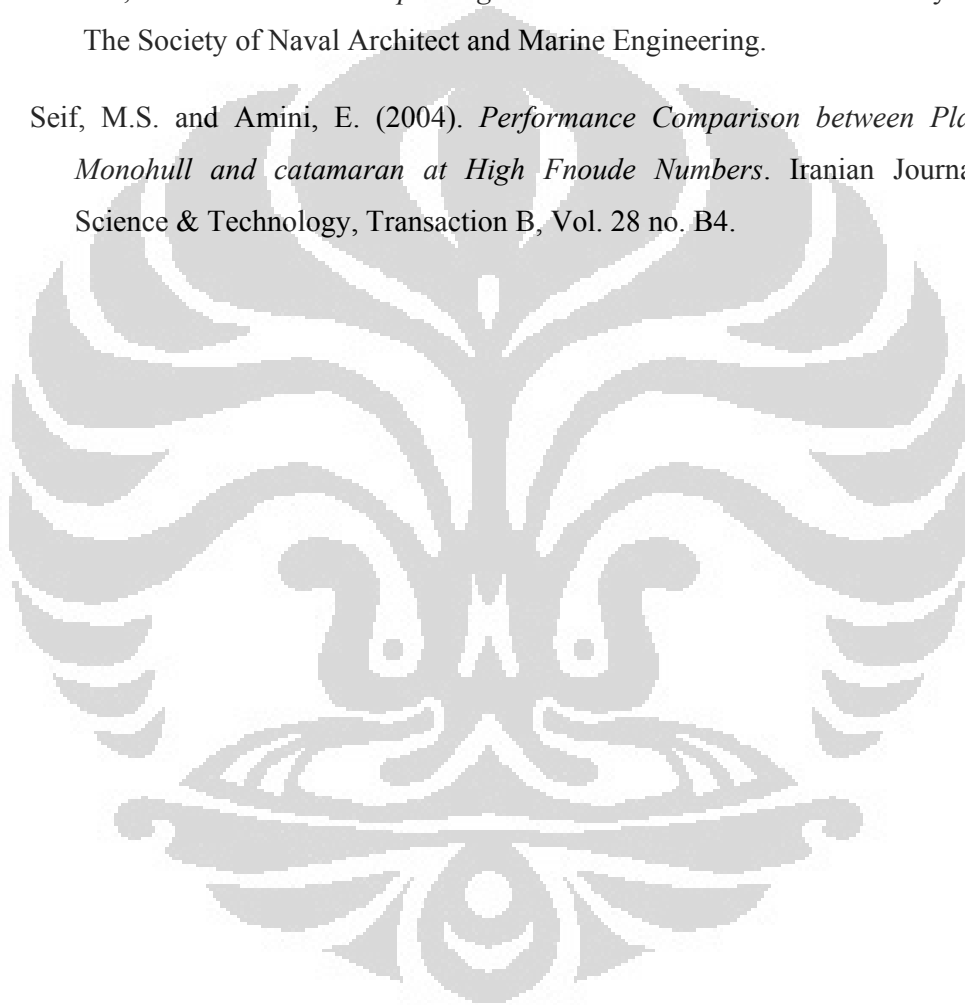
#### 1.2 Saran

Penelitian ini berada pada rasio S/L 0.2 - 0.4 dan  $F_n 0.2 - 1.0$ . Untuk itu, perlu dicoba penelitian dengan variasi S/L, variasi bentuk (asimetris) dan jumlah *demihull* (trimaran/ pentamaran) serta rentang nilai  $F_n$  yang lebar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Couser, P R, Molland, A, F, Amstrong N and Utama, I K A P. 1997. *Calm Water Powering Prediction for High Speed Catamarans*, Procs. of FAST 1997, Sydney, 21-23 July.
- Doctors, L.J. and Scare, R.J. (2003). *Optimization of trimaran sidehull for Minimum resistance, Proceeding of Seventh International Conference on Fast Sea transportation*. FAST'2003, Ischia-Italy, October 2003.
- Harvald, S A. 1983. *Resistance and Propulsion of Ships*, John Wiley and Sons, Toronto, Canada.
- Hogben, N dan Standing, R (1975), *Wave Pattern Resistance From Routine Model Tests*, Trans. RINA, Vol. 117.
- Insel, M and Molland, A F (1991). *An Investigation into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans*. Meeting of the Royal Institution of Naval architects.
- Insel, M and Molland, A F (1992). *An Investigation into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans*. Trans RINA Vol. 134.
- ITTC (2002), *Recommended Procedure and Guidelines, Testing and Extrapolation Methodisn Resistance Towing Tank Tests*, ITTC 7,5-02-02-02.
- ITTC (2002), *Recommended Procedure and Guidelines, Model Manufacture: Ship Models*, ITTC 7,5-01-01-01.
- Jamaluddin, A., Utama, I.K.A.P., Murdijanto (2011), *Evaluation of Molland's Viscous Form Factor of Katamaran Configuration using Experimental Tank Test Results*, The 12<sup>th</sup> International Conference on QIR (Quality in Research), ISSN 114-1284, Bali, Indonesia, July 4 – 7, 2011.
- Milward, A. (1992). *The Effect of hull separation and restricted water Depth on Catamaran Resistance*. Trans. Royal Institution of Naval architects, Vol. 134, pp 341-346, Discussion pp 347-349.

- Molland, A.F. (2008). *A Guide to Ship Design, Construction and Operation*. The Maritime Engineering Reference Book, Butterworth-Heinemann, Elsevier.
- Moraes, H.B., Vasconcellos J.M., and Latorre R.G. 2004. Wave Resistance for High Speed Catamaran. *Ocean Engineering*, Volume 31, Issue 17-18, Dec 2004. Pp. 2253 – 2282.
- Parsons, Michael G. 2003. *Ship Design and Construction Volume II*. Jersey City : The Society of Naval Architect and Marine Engineering.
- Seif, M.S. and Amini, E. (2004). *Performance Comparison between Planing Monohull and catamaran at High Froude Numbers*. *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B*, Vol. 28 no. B4.



## LAMPIRAN

### 1. Data Hasil Pengukuran untuk Setiap Konfigurasi S/L

Data ini dihasilkan dari pengukuran uji tarik menggunakan load cell. Pengujian dilakukan dengan merekam hasil tegangan tali pada load cell melalui data akuisisi yang terbaca pada komputer.

Time[sec]	S/L 0,2			S/L 0,3			S/L 0,4		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0,001	0,004	0,027	0,009	0,036	0,008	0,015	0,007	0,003	0,009
0,002	0,005	0,027	0,008	0,036	0,005	0,015	0,004	0,005	0,009
0,003	0,006	0,027	0,008	0,036	0,008	0,016	0,005	0,004	0,009
0,004	0,005	0,026	0,007	0,038	0,006	0,013	0,005	0,004	0,008
0,005	0,006	0,028	0,002	0,034	0,008	0,016	0,004	0,005	0,009
0,006	0,006	0,028	0,005	0,035	0,006	0,016	0,005	0,005	0,010
0,007	0,007	0,029	0,004	0,038	0,009	0,017	0,004	0,006	0,009
0,008	0,006	0,028	0,004	0,038	0,010	0,015	0,005	0,006	0,011
0,009	0,007	0,026	0,004	0,037	0,010	0,016	0,005	0,007	0,011
0,010	0,009	0,029	0,005	0,036	0,011	0,015	0,006	0,007	0,011
0,011	0,008	0,029	0,005	0,035	0,010	0,014	0,006	0,009	0,011
0,012	0,008	0,030	0,005	0,035	0,011	0,013	0,007	0,009	0,014
0,013	0,005	0,030	0,005	0,035	0,011	0,014	0,006	0,009	0,014
0,014	0,006	0,028	0,005	0,035	0,011	0,014	0,008	0,009	0,015
0,015	0,007	0,028	0,007	0,035	0,012	0,014	0,008	0,005	0,014
0,016	0,007	0,027	0,006	0,034	0,011	0,012	0,010	0,008	0,014
0,017	0,005	0,026	0,007	0,035	0,010	0,013	0,009	0,007	0,014
0,018	0,005	0,027	0,007	0,035	0,010	0,014	0,009	0,005	0,008
0,019	0,005	0,026	0,009	0,035	0,009	0,014	0,008	0,004	0,010
0,020	0,005	0,028	0,008	0,036	0,009	0,014	0,008	0,004	0,009
0,021	0,005	0,027	0,008	0,036	0,009	0,016	0,007	0,004	0,010
0,022	0,005	0,027	0,008	0,036	0,009	0,012	0,005	0,004	0,009
0,023	0,006	0,028	0,007	0,035	0,009	0,016	0,005	0,003	0,008
0,024	0,006	0,027	0,002	0,037	0,009	0,016	0,005	0,004	0,010
0,025	0,005	0,028	0,005	0,037	0,007	0,016	0,003	0,005	0,007
0,026	0,004	0,025	0,005	0,039	0,009	0,014	0,005	0,005	0,009
0,027	0,006	0,028	0,004	0,038	0,008	0,017	0,004	0,005	0,010
0,028	0,008	0,028	0,004	0,037	0,010	0,016	0,004	0,005	0,010
0,029	0,008	0,029	0,005	0,037	0,009	0,016	0,005	0,007	0,011
0,030	0,007	0,029	0,005	0,038	0,010	0,014	0,005	0,006	0,012
0,031	0,009	0,029	0,005	0,035	0,010	0,013	0,005	0,008	0,012
0,032	0,008	0,030	0,005	0,034	0,011	0,013	0,006	0,009	0,013
0,033	0,007	0,029	0,006	0,034	0,012	0,014	0,006	0,010	0,014
0,034	0,008	0,028	0,006	0,034	0,011	0,013	0,006	0,009	0,015
0,035	0,006	0,027	0,007	0,034	0,012	0,014	0,008	0,009	0,013
0,036	0,006	0,027	0,006	0,035	0,011	0,013	0,008	0,008	0,013
0,037	0,005	0,027	0,005	0,035	0,012	0,013	0,008	0,007	0,010

0,038	0,005	0,027	0,007	0,036	0,010	0,016	0,009	0,005	0,012
0,039	0,005	0,027	0,008	0,036	0,010	0,015	0,005	0,001	0,010
0,040	0,005	0,023	0,008	0,037	0,008	0,015	0,008	0,004	0,009
0,041	0,003	0,027	0,007	0,035	0,009	0,015	0,004	0,004	0,009
0,042	0,005	0,026	0,006	0,034	0,008	0,015	0,005	0,005	0,008
0,043	0,005	0,027	0,007	0,033	0,010	0,015	0,004	0,005	0,010
0,044	0,007	0,027	0,007	0,037	0,009	0,016	0,004	0,005	0,008
0,045	0,006	0,028	0,006	0,038	0,010	0,016	0,005	0,004	0,009
0,046	0,005	0,028	0,005	0,039	0,009	0,017	0,005	0,005	0,010
0,047	0,007	0,029	0,005	0,038	0,008	0,016	0,005	0,006	0,010
0,048	0,007	0,029	0,001	0,037	0,009	0,016	0,005	0,005	0,011
0,049	0,006	0,030	0,005	0,037	0,009	0,016	0,003	0,006	0,011
0,050	0,009	0,030	0,005	0,037	0,010	0,015	0,004	0,007	0,013
0,051	0,008	0,030	0,005	0,036	0,011	0,012	0,002	0,008	0,012
0,052	0,008	0,030	0,005	0,035	0,010	0,014	0,006	0,009	0,014
0,053	0,006	0,029	0,006	0,035	0,013	0,013	0,007	0,007	0,014
0,054	0,007	0,028	0,006	0,035	0,012	0,013	0,006	0,009	0,014
0,055	0,007	0,027	0,006	0,035	0,009	0,015	0,007	0,009	0,015
0,056	0,006	0,027	0,007	0,035	0,011	0,014	0,008	0,008	0,014
0,057	0,005	0,025	0,004	0,035	0,010	0,015	0,009	0,007	0,013
0,058	0,005	0,026	0,008	0,035	0,010	0,010	0,008	0,006	0,013
0,059	0,005	0,027	0,009	0,035	0,009	0,015	0,008	0,004	0,010
0,060	0,005	0,027	0,008	0,035	0,008	0,015	0,009	0,004	0,009
0,061	0,005	0,026	0,007	0,035	0,008	0,015	0,007	0,005	0,009
0,062	0,006	0,027	0,007	0,036	0,008	0,015	0,005	0,004	0,009
0,063	0,005	0,027	0,007	0,037	0,008	0,014	0,005	0,002	0,010
0,064	0,005	0,028	0,007	0,037	0,009	0,013	0,004	0,005	0,007
0,065	0,006	0,028	0,005	0,037	0,007	0,017	0,005	0,005	0,010
0,066	0,006	0,027	0,006	0,039	0,008	0,017	0,005	0,005	0,009
0,067	0,008	0,029	0,005	0,039	0,009	0,016	0,005	0,005	0,010
0,068	0,006	0,028	0,004	0,038	0,010	0,015	0,005	0,002	0,010
0,069	0,007	0,026	0,005	0,038	0,011	0,017	0,005	0,006	0,010
0,070	0,007	0,029	0,005	0,037	0,010	0,014	0,006	0,006	0,012
0,071	0,008	0,030	0,005	0,036	0,011	0,014	0,005	0,008	0,012
0,072	0,009	0,029	0,005	0,035	0,011	0,014	0,004	0,010	0,014
0,073	0,008	0,028	0,005	0,035	0,008	0,014	0,006	0,009	0,014
0,074	0,008	0,028	0,005	0,034	0,012	0,013	0,007	0,009	0,014
0,075	0,008	0,027	0,005	0,034	0,012	0,014	0,007	0,009	0,014
0,076	0,006	0,027	0,006	0,034	0,012	0,013	0,008	0,008	0,015
0,077	0,005	0,026	0,006	0,035	0,011	0,015	0,008	0,008	0,013
0,078	0,004	0,026	0,007	0,034	0,010	0,015	0,009	0,003	0,012
0,079	0,005	0,027	0,009	0,035	0,006	0,014	0,009	0,005	0,010
0,080	0,005	0,026	0,009	0,035	0,009	0,015	0,008	0,004	0,010
0,081	0,005	0,027	0,008	0,037	0,009	0,015	0,008	0,004	0,009
0,082	0,005	0,027	0,008	0,036	0,008	0,015	0,005	0,003	0,009
0,083	0,005	0,028	0,007	0,036	0,009	0,015	0,005	0,001	0,009
0,084	0,006	0,028	0,006	0,037	0,009	0,016	0,004	0,004	0,008
0,085	0,005	0,028	0,005	0,037	0,009	0,017	0,004	0,004	0,009
0,086	0,007	0,029	0,005	0,039	0,009	0,017	0,005	0,005	0,007
0,087	0,007	0,028	0,005	0,039	0,008	0,015	0,004	0,006	0,009

0,088	0,006	0,028	0,004	0,039	0,010	0,017	0,004	0,006	0,010
0,089	0,005	0,030	0,005	0,037	0,010	0,016	0,005	0,006	0,010
0,090	0,004	0,030	0,006	0,037	0,010	0,014	0,005	0,006	0,011
0,091	0,008	0,030	0,005	0,035	0,010	0,013	0,005	0,008	0,010
0,092	0,009	0,029	0,005	0,034	0,011	0,013	0,007	0,008	0,010
0,093	0,008	0,029	0,005	0,031	0,011	0,013	0,007	0,005	0,015
0,094	0,007	0,025	0,006	0,035	0,012	0,013	0,007	0,009	0,014
0,095	0,007	0,027	0,008	0,035	0,013	0,013	0,008	0,009	0,014
0,096	0,006	0,027	0,007	0,035	0,011	0,014	0,008	0,009	0,014
0,097	0,004	0,027	0,007	0,035	0,012	0,014	0,009	0,007	0,015
0,098	0,005	0,025	0,007	0,035	0,010	0,015	0,009	0,003	0,010
0,099	0,005	0,027	0,008	0,035	0,010	0,014	0,009	0,005	0,011
0,100	0,005	0,027	0,009	0,036	0,008	0,015	0,007	0,004	0,009
0,101	0,006	0,027	0,009	0,037	0,008	0,015	0,007	0,004	0,009
0,102	0,005	0,027	0,009	0,036	0,008	0,016	0,006	0,004	0,008
0,103	0,005	0,027	0,007	0,037	0,009	0,016	0,005	-0,001	0,010
0,104	0,006	0,027	0,006	0,036	0,009	0,016	0,004	0,004	0,009
0,105	0,006	0,025	0,006	0,037	0,008	0,017	0,004	0,004	0,006
0,106	0,006	0,028	0,005	0,038	0,009	0,017	0,004	0,004	0,009
0,107	0,003	0,028	0,005	0,038	0,008	0,016	0,005	0,005	0,010
0,108	0,007	0,029	0,005	0,038	0,010	0,017	0,005	0,005	0,010
0,109	0,007	0,030	0,005	0,037	0,010	0,016	0,005	0,006	0,011
0,110	0,008	0,027	0,005	0,036	0,008	0,015	0,005	0,007	0,011
0,111	0,007	0,030	0,006	0,035	0,010	0,014	0,005	0,007	0,011
0,112	0,008	0,030	0,006	0,034	0,011	0,014	0,006	0,008	0,012
0,113	0,008	0,030	0,006	0,034	0,012	0,013	0,007	0,006	0,014
0,114	0,008	0,028	0,006	0,036	0,012	0,013	0,006	0,010	0,015
0,115	0,007	0,028	0,006	0,036	0,012	0,015	0,007	0,009	0,015
0,116	0,005	0,027	0,008	0,036	0,011	0,014	0,008	0,008	0,014
0,117	0,004	0,026	0,007	0,036	0,010	0,014	0,008	0,008	0,014
0,118	0,004	0,027	0,008	0,035	0,011	0,015	0,009	0,005	0,015
0,119	0,005	0,027	0,008	0,032	0,008	0,015	0,008	0,004	0,011
0,120	0,005	0,027	0,009	0,036	0,008	0,015	0,006	0,004	0,010
0,121	0,005	0,027	0,008	0,036	0,008	0,014	0,008	0,004	0,009
0,122	0,004	0,027	0,007	0,036	0,007	0,015	0,006	0,004	0,009
0,123	0,006	0,027	0,008	0,036	0,008	0,016	0,005	0,004	0,009
0,124	0,002	0,028	0,007	0,037	0,010	0,016	0,001	0,004	0,009
0,125	0,004	0,028	0,006	0,038	0,008	0,017	0,005	0,002	0,010
0,126	0,005	0,025	0,005	0,038	0,010	0,017	0,005	0,006	0,008
0,127	0,007	0,028	0,004	0,038	0,008	0,017	0,005	0,005	0,010
0,128	0,007	0,028	0,005	0,037	0,011	0,013	0,004	0,006	0,010
0,129	0,006	0,030	0,003	0,038	0,009	0,015	0,004	0,006	0,011
0,130	0,008	0,030	0,005	0,037	0,011	0,014	0,005	0,007	0,011
0,131	0,008	0,026	0,002	0,036	0,010	0,014	0,006	0,008	0,013
0,132	0,006	0,028	0,005	0,035	0,012	0,013	0,006	0,009	0,009
0,133	0,008	0,029	0,005	0,035	0,011	0,013	0,006	0,009	0,014
0,134	0,008	0,029	0,006	0,035	0,010	0,013	0,006	0,010	0,015
0,135	0,003	0,027	0,005	0,035	0,012	0,014	0,004	0,009	0,015
0,136	0,004	0,027	0,004	0,035	0,008	0,012	0,008	0,009	0,014
0,137	0,005	0,028	0,006	0,035	0,011	0,014	0,009	0,008	0,014

0,138	0,006	0,027	0,007	0,035	0,011	0,012	0,008	0,006	0,011
0,139	0,005	0,023	0,008	0,036	0,009	0,014	0,009	0,004	0,010
0,140	0,005	0,027	0,008	0,036	0,007	0,014	0,007	0,002	0,010
0,141	0,003	0,026	0,009	0,036	0,008	0,015	0,007	0,004	0,006
0,142	0,004	0,027	0,008	0,033	0,008	0,016	0,006	0,004	0,008
0,143	0,005	0,027	0,007	0,036	0,009	0,012	0,005	0,004	0,009
0,144	0,004	0,029	0,006	0,038	0,009	0,016	0,005	0,003	0,009
0,145	0,005	0,028	0,006	0,038	0,009	0,016	0,003	0,001	0,008
0,146	0,006	0,028	0,005	0,038	0,008	0,015	0,004	0,004	0,009
0,147	0,006	0,029	0,005	0,038	0,010	0,016	0,005	0,004	0,009
0,148	0,006	0,029	0,005	0,038	0,009	0,017	0,005	0,005	0,011
0,149	0,006	0,031	0,005	0,037	0,010	0,014	0,005	0,006	0,010
0,150	0,008	0,030	0,006	0,037	0,010	0,015	0,004	0,006	0,011
0,151	0,009	0,030	0,005	0,035	0,008	0,014	0,006	0,007	0,011
0,152	0,008	0,030	0,005	0,035	0,011	0,013	0,006	0,009	0,013
0,153	0,008	0,029	0,005	0,035	0,008	0,013	0,007	0,010	0,014
0,154	0,005	0,027	0,006	0,035	0,011	0,014	0,008	0,010	0,015
0,155	0,006	0,027	0,008	0,035	0,012	0,015	0,007	0,009	0,016
0,156	0,005	0,025	0,007	0,036	0,011	0,012	0,005	0,008	0,014
0,157	0,006	0,028	0,007	0,035	0,008	0,014	0,009	0,007	0,013
0,158	0,005	0,026	0,007	0,035	0,011	0,014	0,009	0,006	0,012
0,159	0,005	0,027	0,007	0,035	0,010	0,014	0,009	0,005	0,012
0,160	0,005	0,027	0,009	0,035	0,008	0,014	0,009	0,004	0,008
0,161	0,004	0,027	0,007	0,036	0,008	0,015	0,007	0,004	0,009
0,162	0,004	0,027	0,008	0,035	0,008	0,016	0,006	0,005	0,009
0,163	0,006	0,028	0,007	0,037	0,008	0,016	0,005	0,005	0,009
0,164	0,005	0,027	0,006	0,037	0,009	0,016	0,005	0,004	0,009
0,165	0,006	0,027	0,005	0,037	0,008	0,017	0,004	0,004	0,009
0,166	0,007	0,028	0,002	0,037	0,009	0,017	0,005	0,004	0,008
0,167	0,006	0,028	0,005	0,039	0,008	0,016	0,005	0,005	0,008
0,168	0,008	0,026	0,005	0,039	0,010	0,014	0,004	0,006	0,011
0,169	0,007	0,029	0,005	0,038	0,010	0,013	0,005	0,006	0,010
0,170	0,007	0,031	0,005	0,037	0,010	0,014	0,004	0,006	0,011
0,171	0,009	0,030	0,006	0,033	0,010	0,014	0,005	0,007	0,012
0,172	0,008	0,028	0,005	0,033	0,011	0,013	0,006	0,008	0,012
0,173	0,008	0,029	0,005	0,035	0,012	0,013	0,006	0,009	0,012
0,174	0,003	0,029	0,006	0,032	0,012	0,013	0,004	0,010	0,015
0,175	0,006	0,027	0,007	0,030	0,012	0,014	0,007	0,009	0,015
0,176	0,006	0,027	0,007	0,032	0,012	0,011	0,009	0,009	0,014
0,177	0,004	0,026	0,006	0,035	0,012	0,013	0,009	0,006	0,013
0,178	0,005	0,027	0,007	0,035	0,010	0,015	0,009	0,005	0,013
0,179	0,004	0,027	0,008	0,035	0,009	0,014	0,008	0,004	0,011
0,180	0,006	0,027	0,009	0,036	0,008	0,015	0,007	0,004	0,011
0,181	0,005	0,027	0,009	0,036	0,008	0,014	0,008	0,003	0,006
0,182	0,005	0,027	0,008	0,037	0,008	0,014	0,006	0,005	0,009
0,183	0,005	0,027	0,006	0,036	0,008	0,016	0,004	0,004	0,009
0,184	0,005	0,027	0,006	0,036	0,009	0,015	0,004	0,004	0,010
0,185	0,006	0,029	0,004	0,038	0,009	0,017	0,003	0,004	0,009
0,186	0,007	0,028	0,005	0,038	0,009	0,017	0,004	0,004	0,009
0,187	0,007	0,029	0,004	0,037	0,009	0,016	0,005	0,006	0,006

0,188	0,006	0,029	0,005	0,038	0,009	0,015	0,005	0,007	0,010
0,189	0,006	0,027	0,005	0,038	0,010	0,016	0,005	0,006	0,010
0,190	0,008	0,030	0,005	0,037	0,010	0,015	0,005	0,007	0,011
0,191	0,006	0,029	0,005	0,035	0,011	0,014	0,005	0,008	0,012
0,192	0,007	0,026	0,005	0,035	0,012	0,013	0,005	0,008	0,012
0,193	0,007	0,029	0,006	0,035	0,011	0,013	0,006	0,009	0,014
0,194	0,007	0,027	0,006	0,035	0,012	0,013	0,007	0,009	0,014
0,195	0,006	0,027	0,006	0,035	0,012	0,013	0,006	0,010	0,014
0,196	0,006	0,026	0,007	0,035	0,011	0,012	0,008	0,008	0,014
0,197	0,004	0,027	0,007	0,035	0,011	0,014	0,010	0,008	0,014
0,198	0,004	0,027	0,007	0,035	0,010	0,014	0,009	0,006	0,014
0,199	0,005	0,026	0,007	0,035	0,005	0,015	0,009	0,005	0,010
0,200	0,005	0,027	0,010	0,037	0,008	0,014	0,008	0,004	0,010
0,201	0,005	0,026	0,008	0,037	0,009	0,015	0,005	0,005	0,007
0,202	0,005	0,027	0,008	0,035	0,008	0,017	0,006	0,004	0,009
0,203	0,002	0,027	0,007	0,033	0,009	0,015	0,006	0,005	0,009
0,204	0,005	0,027	0,006	0,037	0,009	0,015	0,005	0,003	0,009
0,205	0,005	0,028	0,006	0,038	0,009	0,016	0,004	0,003	0,010
0,206	0,006	0,029	0,005	0,038	0,009	0,017	0,004	0,002	0,009
0,207	0,007	0,026	0,003	0,038	0,010	0,017	0,004	0,005	0,009
0,208	0,005	0,029	0,004	0,037	0,010	0,017	0,004	0,005	0,010
0,209	0,007	0,030	0,005	0,038	0,010	0,016	0,005	0,006	0,011
0,210	0,007	0,028	0,004	0,037	0,010	0,011	0,004	0,007	0,011
0,211	0,009	0,029	0,002	0,036	0,008	0,014	0,006	0,007	0,013
0,212	0,008	0,029	0,005	0,035	0,011	0,013	0,005	0,008	0,013
0,213	0,007	0,029	0,005	0,035	0,012	0,013	0,007	0,009	0,015
0,214	0,008	0,025	0,006	0,034	0,011	0,013	0,006	0,009	0,015
0,215	0,006	0,027	0,005	0,034	0,012	0,013	0,007	0,006	0,014
0,216	0,005	0,026	0,007	0,036	0,011	0,013	0,008	0,009	0,014
0,217	0,006	0,026	0,007	0,035	0,011	0,014	0,009	0,007	0,014
0,218	0,005	0,027	0,007	0,035	0,010	0,014	0,009	0,006	0,014
0,219	0,005	0,027	0,008	0,035	0,009	0,014	0,009	0,005	0,011
0,220	0,006	0,027	0,008	0,037	0,008	0,015	0,008	0,005	0,010
0,221	0,005	0,028	0,009	0,037	0,009	0,015	0,008	0,005	0,008
0,222	0,005	0,026	0,008	0,036	0,008	0,015	0,005	0,004	0,009
0,223	0,005	0,027	0,008	0,034	0,008	0,013	0,002	0,004	0,009
0,224	0,005	0,027	0,008	0,037	0,009	0,016	0,005	0,004	0,009
0,225	0,006	0,028	0,006	0,037	0,010	0,017	0,002	0,004	0,009
0,226	0,006	0,029	0,004	0,039	0,009	0,017	0,005	0,005	0,008
0,227	0,006	0,028	0,001	0,038	0,008	0,017	0,002	0,005	0,010
0,228	0,005	0,027	0,005	0,038	0,009	0,016	0,005	0,006	0,007
0,229	0,007	0,030	0,005	0,038	0,009	0,017	0,003	0,006	0,010
0,230	0,007	0,030	0,005	0,038	0,010	0,014	0,003	0,004	0,011
0,231	0,006	0,029	0,005	0,036	0,011	0,014	0,006	0,008	0,012
0,232	0,008	0,029	0,005	0,035	0,011	0,013	0,005	0,009	0,013
0,233	0,008	0,029	0,007	0,034	0,009	0,013	0,007	0,009	0,014
0,234	0,007	0,027	0,006	0,035	0,011	0,013	0,005	0,009	0,011
0,235	0,006	0,028	0,006	0,035	0,012	0,014	0,007	0,009	0,015
0,236	0,005	0,027	0,006	0,035	0,011	0,014	0,007	0,008	0,014
0,237	0,005	0,027	0,007	0,035	0,011	0,014	0,009	0,007	0,014



0,238	0,005	0,025	0,007	0,035	0,010	0,014	0,011	0,006	0,013
0,239	0,005	0,027	0,008	0,034	0,006	0,015	0,009	0,004	0,011
0,240	0,003	0,027	0,009	0,035	0,008	0,015	0,009	0,005	0,010
0,241	0,004	0,027	0,008	0,037	0,009	0,014	0,008	-0,001	0,008
0,242	0,005	0,026	0,008	0,034	0,008	0,014	0,006	0,004	0,009
0,243	0,004	0,027	0,006	0,033	0,009	0,016	0,005	0,004	0,009
0,244	0,006	0,027	0,007	0,037	0,009	0,017	0,004	0,004	0,009
0,245	0,006	0,028	0,005	0,038	0,008	0,016	0,004	0,005	0,008
0,246	0,005	0,028	0,005	0,038	0,009	0,017	0,003	0,003	0,009
0,247	0,006	0,029	0,005	0,038	0,011	0,016	0,004	0,005	0,010
0,248	0,007	0,029	0,004	0,038	0,010	0,015	0,004	0,005	0,010
0,249	0,007	0,029	0,005	0,037	0,010	0,017	0,005	0,006	0,009
0,250	0,008	0,029	0,005	0,037	0,010	0,016	0,005	0,008	0,012
0,251	0,008	0,029	0,006	0,035	0,011	0,013	0,005	0,007	0,011
0,252	0,008	0,029	0,005	0,035	0,011	0,013	0,004	0,009	0,012
0,253	0,008	0,029	0,006	0,035	0,011	0,014	0,006	0,009	0,014
0,254	0,007	0,029	0,005	0,035	0,012	0,014	0,007	0,008	0,014
0,255	0,007	0,027	0,007	0,035	0,009	0,013	0,006	0,009	0,014
0,256	0,005	0,027	0,008	0,035	0,012	0,013	0,008	0,009	0,014
0,257	0,005	0,027	0,007	0,035	0,008	0,014	0,009	0,008	0,014
0,258	0,005	0,027	0,008	0,035	0,010	0,013	0,009	0,006	0,014
0,259	0,005	0,027	0,007	0,035	0,008	0,014	0,008	0,004	0,011
0,260	0,005	0,027	0,009	0,035	0,008	0,015	0,008	0,005	0,010
0,261	0,005	0,027	0,009	0,035	0,008	0,015	0,007	0,001	0,008
0,262	0,005	0,027	0,008	0,036	0,009	0,015	0,006	0,004	0,010
0,263	0,005	0,027	0,009	0,038	0,010	0,015	0,005	0,005	0,007
0,264	0,006	0,027	0,007	0,037	0,009	0,017	0,004	0,003	0,009
0,265	0,005	0,028	0,005	0,038	0,010	0,016	0,005	0,004	0,008
0,266	0,006	0,028	0,004	0,038	0,008	0,017	0,004	0,005	0,009
0,267	0,004	0,027	0,003	0,038	0,010	0,017	0,005	0,005	0,009
0,268	0,006	0,029	0,005	0,038	0,010	0,015	0,004	0,006	0,010
0,269	0,007	0,029	0,005	0,038	0,008	0,016	0,005	0,006	0,011
0,270	0,007	0,030	0,004	0,037	0,010	0,015	0,005	0,006	0,011
0,271	0,008	0,029	0,004	0,035	0,010	0,014	0,005	0,005	0,011
0,272	0,008	0,025	0,002	0,035	0,011	0,013	0,005	0,009	0,013
0,273	0,008	0,029	0,006	0,034	0,012	0,013	0,006	0,009	0,013
0,274	0,007	0,029	0,005	0,035	0,012	0,014	0,007	0,009	0,013
0,275	0,007	0,028	0,006	0,035	0,012	0,013	0,006	0,010	0,014
0,276	0,006	0,027	0,006	0,035	0,010	0,015	0,007	0,008	0,015
0,277	0,005	0,025	0,004	0,035	0,011	0,014	0,008	0,007	0,014
0,278	0,004	0,027	0,008	0,036	0,010	0,014	0,008	0,006	0,013
0,279	0,002	0,027	0,008	0,035	0,010	0,014	0,009	0,005	0,012
0,280	0,005	0,027	0,009	0,036	0,008	0,014	0,008	0,003	0,010
0,281	0,005	0,027	0,008	0,035	0,008	0,013	0,009	0,003	0,008
0,282	0,006	0,027	0,008	0,038	0,008	0,012	0,007	0,005	0,008
0,283	0,005	0,027	0,006	0,038	0,009	0,015	0,005	0,004	0,009
0,284	0,006	0,027	0,007	0,038	0,008	0,016	0,005	0,003	0,010
0,285	0,005	0,029	0,005	0,038	0,010	0,017	0,004	0,005	0,009
0,286	0,006	0,028	0,005	0,034	0,008	0,017	0,004	0,005	0,009
0,287	0,006	0,029	0,005	0,038	0,009	0,018	0,005	0,005	0,010

0,288	0,006	0,029	0,005	0,038	0,010	0,013	0,004	0,005	0,010
0,289	0,006	0,030	0,005	0,038	0,010	0,016	0,005	0,005	0,010
0,290	0,008	0,030	0,006	0,037	0,010	0,015	0,004	0,005	0,009
0,291	0,009	0,030	0,005	0,036	0,011	0,014	0,005	0,007	0,011
0,292	0,008	0,029	0,006	0,035	0,011	0,013	0,005	0,008	0,012
0,293	0,004	0,029	0,005	0,034	0,012	0,013	0,006	0,008	0,014
0,294	0,007	0,024	0,006	0,034	0,010	0,014	0,007	0,006	0,013
0,295	0,007	0,027	0,007	0,035	0,012	0,014	0,007	0,010	0,015
0,296	0,002	0,026	0,007	0,035	0,011	0,013	0,009	0,009	0,015
0,297	0,005	0,027	0,007	0,035	0,011	0,013	0,009	0,007	0,014
0,298	0,005	0,026	0,008	0,035	0,010	0,014	0,009	0,006	0,014
0,299	0,005	0,028	0,008	0,035	0,009	0,016	0,008	0,006	0,012
0,300	0,005	0,027	0,009	0,035	0,008	0,015	0,008	0,005	0,011
0,301	0,005	0,025	0,009	0,036	0,005	0,015	0,008	0,004	0,009
0,302	0,005	0,028	0,007	0,035	0,008	0,015	0,008	0,005	0,008
0,303	0,005	0,027	0,008	0,036	0,005	0,016	0,005	0,004	0,010
0,304	0,005	0,027	0,007	0,036	0,008	0,015	0,004	0,003	0,009
0,305	0,006	0,027	0,005	0,038	0,009	0,017	0,004	0,005	0,009
0,306	0,006	0,026	0,004	0,039	0,009	0,017	0,005	0,004	0,009
0,307	0,006	0,028	0,004	0,037	0,010	0,016	0,004	0,005	0,009
0,308	0,005	0,029	0,004	0,039	0,010	0,016	0,005	0,006	0,009
0,309	0,006	0,029	0,005	0,038	0,009	0,016	0,004	0,005	0,011
0,310	0,007	0,030	0,005	0,037	0,010	0,015	0,001	0,007	0,011
0,311	0,008	0,030	0,004	0,036	0,007	0,013	0,005	0,007	0,012
0,312	0,007	0,029	0,005	0,035	0,011	0,013	0,007	0,008	0,012
0,313	0,007	0,029	0,005	0,035	0,012	0,014	0,006	0,009	0,013
0,314	0,007	0,028	0,005	0,035	0,011	0,014	0,007	0,010	0,014
0,315	0,006	0,028	0,006	0,035	0,012	0,014	0,007	0,009	0,014
0,316	0,007	0,026	0,006	0,035	0,011	0,014	0,008	0,009	0,015
0,317	0,005	0,027	0,007	0,035	0,011	0,013	0,008	0,009	0,014
0,318	0,004	0,027	0,006	0,035	0,010	0,014	0,009	0,006	0,014
0,319	0,005	0,025	0,007	0,035	0,009	0,011	0,008	0,005	0,012
0,320	0,001	0,028	0,009	0,035	0,008	0,014	0,008	0,003	0,010
0,321	0,005	0,026	0,009	0,037	0,008	0,015	0,007	0,004	0,009
0,322	0,004	0,027	0,008	0,037	0,008	0,016	0,006	0,005	0,010
0,323	0,006	0,027	0,008	0,036	0,009	0,015	0,006	0,004	0,005
0,324	0,005	0,027	0,006	0,036	0,008	0,017	0,005	0,003	0,008
0,325	0,005	0,025	0,005	0,039	0,008	0,016	0,004	0,002	0,009
0,326	0,007	0,029	0,004	0,038	0,008	0,016	0,003	0,004	0,009
0,327	0,006	0,029	0,005	0,036	0,009	0,017	0,004	0,005	0,009
0,328	0,006	0,028	0,005	0,038	0,009	0,016	0,005	0,006	0,009
0,329	0,007	0,029	0,005	0,037	0,006	0,015	0,004	0,007	0,011
0,330	0,007	0,030	0,005	0,037	0,010	0,014	0,005	0,007	0,010
0,331	0,008	0,031	0,005	0,036	0,010	0,014	0,005	0,007	0,011
0,332	0,008	0,025	0,006	0,035	0,011	0,014	0,006	0,008	0,011
0,333	0,006	0,029	0,005	0,035	0,012	0,012	0,007	0,008	0,012
0,334	0,007	0,029	0,006	0,035	0,011	0,013	0,006	0,010	0,014
0,335	0,006	0,027	0,006	0,035	0,012	0,014	0,007	0,009	0,012
0,336	0,006	0,025	0,006	0,035	0,011	0,015	0,007	0,008	0,015
0,337	0,005	0,027	0,008	0,035	0,012	0,014	0,009	0,008	0,014

0,338	0,005	0,027	0,008	0,035	0,010	0,014	0,009	0,006	0,012
0,339	0,004	0,028	0,008	0,035	0,009	0,015	0,008	0,006	0,013
0,340	0,001	0,027	0,008	0,035	0,009	0,015	0,009	0,005	0,010
0,341	0,005	0,026	0,009	0,036	0,008	0,014	0,008	0,005	0,010
0,342	0,005	0,027	0,005	0,037	0,009	0,013	0,007	0,005	0,008
0,343	0,003	0,027	0,007	0,036	0,008	0,015	0,005	0,004	0,009
0,344	0,005	0,028	0,006	0,036	0,009	0,017	0,004	0,003	0,009
0,345	0,005	0,028	0,005	0,039	0,008	0,017	0,001	0,005	0,009
0,346	0,007	0,026	0,005	0,038	0,009	0,016	0,005	0,004	0,008
0,347	0,006	0,028	0,006	0,036	0,005	0,017	0,003	0,004	0,009
0,348	0,005	0,029	0,005	0,038	0,009	0,013	0,005	0,006	0,009
0,349	0,007	0,029	0,005	0,038	0,010	0,014	0,004	0,006	0,011
0,350	0,008	0,031	0,005	0,037	0,010	0,015	0,005	0,004	0,011
0,351	0,009	0,030	0,006	0,036	0,011	0,014	0,003	0,007	0,011
0,352	0,008	0,029	0,005	0,035	0,011	0,013	0,006	0,008	0,012
0,353	0,008	0,026	0,005	0,034	0,012	0,013	0,002	0,009	0,012
0,354	0,007	0,028	0,005	0,034	0,012	0,014	0,006	0,008	0,013
0,355	0,007	0,026	0,007	0,034	0,012	0,010	0,004	0,009	0,011
0,356	0,005	0,027	0,007	0,035	0,011	0,014	0,008	0,009	0,015
0,357	0,005	0,026	0,007	0,035	0,011	0,013	0,010	0,008	0,014
0,358	0,005	0,028	0,009	0,035	0,010	0,015	0,009	0,006	0,014
0,359	0,004	0,027	0,008	0,035	0,007	0,014	0,009	0,005	0,012
0,360	0,005	0,026	0,009	0,036	0,009	0,016	0,009	0,003	0,011
0,361	0,005	0,027	0,009	0,036	0,008	0,015	0,009	0,005	0,007
0,362	0,005	0,026	0,010	0,035	0,009	0,015	0,007	0,004	0,008
0,363	0,006	0,024	0,007	0,038	0,010	0,015	0,005	0,004	0,009
0,364	0,006	0,027	0,007	0,038	0,008	0,015	0,003	0,004	0,009
0,365	0,005	0,029	0,005	0,035	0,009	0,017	0,005	0,004	0,009
0,366	0,007	0,028	0,005	0,039	0,008	0,013	0,003	0,004	0,008
0,367	0,006	0,027	0,005	0,039	0,009	0,017	0,005	0,004	0,010
0,368	0,006	0,029	0,005	0,039	0,009	0,016	0,005	0,006	0,009
0,369	0,006	0,030	0,006	0,037	0,009	0,015	0,005	0,006	0,008
0,370	0,008	0,030	0,005	0,036	0,010	0,015	0,006	0,006	0,011
0,371	0,008	0,030	0,005	0,036	0,010	0,015	0,005	0,008	0,012
0,372	0,008	0,030	0,005	0,034	0,011	0,014	0,004	0,008	0,012
0,373	0,007	0,029	0,005	0,035	0,012	0,013	0,006	0,009	0,013
0,374	0,006	0,028	0,006	0,034	0,012	0,014	0,004	0,008	0,015
0,375	0,006	0,027	0,006	0,034	0,012	0,013	0,007	0,008	0,014
0,376	0,006	0,026	0,006	0,035	0,011	0,015	0,007	0,010	0,014
0,377	0,005	0,028	0,007	0,035	0,010	0,013	0,008	0,008	0,014
0,378	0,005	0,027	0,009	0,035	0,010	0,014	0,009	0,006	0,013
0,379	0,006	0,027	0,008	0,036	0,008	0,013	0,009	0,005	0,012
0,380	0,005	0,027	0,009	0,035	0,008	0,013	0,009	0,004	0,011
0,381	0,003	0,026	0,008	0,037	0,009	0,016	0,007	0,004	0,010
0,382	0,006	0,028	0,007	0,037	0,009	0,016	0,007	0,005	0,005
0,383	0,005	0,028	0,006	0,034	0,008	0,015	0,005	0,001	0,009
0,384	0,005	0,027	0,005	0,037	0,009	0,016	0,004	0,005	0,009
0,385	0,006	0,028	0,005	0,037	0,008	0,017	0,004	0,004	0,009
0,386	0,006	0,028	0,005	0,039	0,009	0,013	0,005	0,004	0,007
0,387	0,007	0,029	0,004	0,039	0,009	0,017	0,004	0,005	0,010

0,388	0,007	0,029	0,006	0,037	0,010	0,017	0,005	0,006	0,009
0,389	0,008	0,026	0,005	0,037	0,010	0,016	0,004	0,007	0,010
0,390	0,007	0,029	0,005	0,037	0,010	0,014	0,004	0,007	0,010
0,391	0,008	0,031	0,005	0,036	0,008	0,015	0,004	0,007	0,011
0,392	0,008	0,028	0,005	0,035	0,011	0,010	0,004	0,008	0,012
0,393	0,008	0,029	0,002	0,035	0,012	0,014	0,005	0,009	0,012
0,394	0,008	0,029	0,006	0,035	0,012	0,013	0,007	0,009	0,009
0,395	0,007	0,027	0,007	0,035	0,013	0,013	0,007	0,009	0,014
0,396	0,007	0,027	0,007	0,035	0,011	0,013	0,008	0,009	0,015
0,397	0,005	0,027	0,005	0,035	0,008	0,015	0,006	0,008	0,014
0,398	0,005	0,027	0,005	0,035	0,011	0,014	0,010	0,007	0,013
0,399	0,005	0,023	0,009	0,035	0,010	0,015	0,007	0,006	0,013
0,400	0,005	0,027	0,009	0,035	0,009	0,015	0,009	0,003	0,012
0,401	0,005	0,027	0,008	0,037	0,009	0,015	0,008	0,004	0,010
0,402	0,006	0,027	0,007	0,037	0,008	0,016	0,007	0,004	0,009
0,403	0,005	0,027	0,005	0,034	0,008	0,016	0,005	0,004	0,009
0,404	0,005	0,027	0,006	0,033	0,009	0,016	0,005	0,004	0,008
0,405	0,007	0,028	0,005	0,038	0,008	0,016	0,002	0,004	0,009
0,406	0,006	0,028	0,004	0,039	0,009	0,017	0,005	0,003	0,009
0,407	0,006	0,028	0,005	0,039	0,009	0,017	0,003	0,005	0,006
0,408	0,003	0,029	0,003	0,038	0,010	0,012	0,005	0,006	0,010
0,409	0,007	0,030	0,005	0,038	0,010	0,016	0,002	0,006	0,010
0,410	0,007	0,029	0,005	0,037	0,010	0,013	0,005	0,006	0,011
0,411	0,007	0,029	0,005	0,036	0,009	0,014	0,001	0,006	0,012
0,412	0,008	0,028	0,005	0,035	0,011	0,013	0,005	0,008	0,011
0,413	0,006	0,029	0,005	0,034	0,011	0,013	0,006	0,009	0,013
0,414	0,008	0,028	0,007	0,035	0,012	0,011	0,006	0,010	0,014
0,415	0,006	0,027	0,007	0,035	0,012	0,014	0,007	0,008	0,014
0,416	0,006	0,026	0,005	0,035	0,011	0,015	0,007	0,009	0,014
0,417	0,005	0,027	0,007	0,034	0,010	0,015	0,008	0,007	0,015
0,418	0,005	0,027	0,007	0,034	0,010	0,013	0,009	0,007	0,013
0,419	0,004	0,026	0,008	0,036	0,009	0,012	0,009	0,005	0,013
0,420	0,005	0,024	0,008	0,037	0,009	0,015	0,008	0,005	0,011
0,421	0,006	0,026	0,007	0,033	0,008	0,015	0,008	0,004	0,009
0,422	0,005	0,026	0,007	0,036	0,009	0,016	0,007	0,004	0,010
0,423	0,005	0,027	0,007	0,037	0,008	0,015	0,005	0,003	0,009
0,424	0,006	0,028	0,005	0,037	0,009	0,016	0,004	0,005	0,009
0,425	0,006	0,028	0,005	0,038	0,008	0,017	0,005	0,003	0,009
0,426	0,006	0,028	0,005	0,039	0,009	0,017	0,004	0,005	0,008
0,427	0,005	0,028	0,005	0,038	0,009	0,016	0,005	0,005	0,010
0,428	0,007	0,028	0,005	0,038	0,009	0,017	0,006	0,006	0,009
0,429	0,007	0,029	0,005	0,037	0,009	0,016	0,004	0,005	0,010
0,430	0,007	0,029	0,004	0,037	0,008	0,015	0,005	0,006	0,010
0,431	0,008	0,030	0,005	0,035	0,010	0,014	0,004	0,007	0,012
0,432	0,008	0,029	0,005	0,035	0,008	0,013	0,006	0,008	0,011
0,433	0,008	0,029	0,005	0,035	0,011	0,013	0,006	0,009	0,013
0,434	0,008	0,028	0,005	0,035	0,012	0,010	0,004	0,010	0,014
0,435	0,006	0,026	0,008	0,034	0,012	0,014	0,007	0,010	0,014
0,436	0,007	0,026	0,006	0,035	0,012	0,014	0,009	0,009	0,015
0,437	0,004	0,027	0,007	0,034	0,010	0,013	0,008	0,008	0,014

0,438	0,004	0,026	0,007	0,036	0,010	0,013	0,009	0,007	0,014
0,439	0,005	0,027	0,008	0,036	0,009	0,011	0,009	0,005	0,013
0,440	0,005	0,026	0,005	0,036	0,006	0,014	0,009	0,004	0,011
0,441	0,006	0,024	0,008	0,034	0,008	0,015	0,007	0,004	0,009
0,442	0,005	0,027	0,007	0,037	0,006	0,015	0,008	0,004	0,010
0,443	0,005	0,027	0,007	0,037	0,009	0,015	0,005	0,003	0,006
0,444	0,006	0,028	0,005	0,037	0,007	0,017	0,005	0,004	0,005
0,445	0,005	0,027	0,006	0,038	0,009	0,017	0,005	0,004	0,008
0,446	0,005	0,028	0,001	0,037	0,009	0,017	0,001	0,004	0,009
0,447	0,007	0,028	0,005	0,039	0,009	0,017	0,005	0,005	0,010
0,448	0,007	0,029	0,005	0,038	0,010	0,017	0,000	0,006	0,010
0,449	0,008	0,030	0,005	0,038	0,010	0,017	0,003	0,007	0,009
0,450	0,008	0,030	0,004	0,037	0,010	0,012	0,001	0,004	0,011
0,451	0,008	0,030	0,006	0,036	0,010	0,014	0,004	0,007	0,007
0,452	0,009	0,029	0,006	0,033	0,008	0,014	0,005	0,008	0,012
0,453	0,007	0,029	0,006	0,033	0,011	0,014	0,007	0,009	0,012
0,454	0,005	0,029	0,006	0,034	0,012	0,013	0,006	0,009	0,013
0,455	0,007	0,026	0,007	0,035	0,012	0,014	0,007	0,009	0,014
0,456	0,006	0,027	0,008	0,035	0,012	0,011	0,007	0,009	0,014
0,457	0,006	0,024	0,006	0,035	0,011	0,013	0,009	0,009	0,014
0,458	0,005	0,027	0,008	0,035	0,011	0,014	0,009	0,007	0,012
0,459	0,004	0,028	0,009	0,033	0,009	0,014	0,006	0,005	0,013
0,460	0,004	0,027	0,008	0,032	0,008	0,014	0,008	0,004	0,012
0,461	0,005	0,027	0,009	0,037	0,008	0,015	0,008	0,004	0,010
0,462	0,004	0,027	0,008	0,037	0,009	0,015	0,006	0,004	0,009
0,463	0,006	0,027	0,006	0,037	0,009	0,015	0,002	0,004	0,009
0,464	0,005	0,028	0,006	0,036	0,008	0,016	0,005	0,004	0,009
0,465	0,005	0,028	0,005	0,038	0,008	0,017	0,005	0,004	0,007
0,466	0,006	0,027	0,004	0,038	0,007	0,017	0,003	0,004	0,009
0,467	0,006	0,028	0,005	0,038	0,009	0,016	0,005	0,005	0,008
0,468	0,006	0,030	0,005	0,038	0,008	0,017	0,004	0,006	0,009
0,469	0,006	0,030	0,005	0,037	0,010	0,016	0,004	0,007	0,010
0,470	0,008	0,031	0,005	0,037	0,010	0,016	0,004	0,006	0,010
0,471	0,007	0,031	0,005	0,036	0,010	0,010	0,005	0,006	0,011
0,472	0,008	0,027	0,004	0,034	0,011	0,013	0,006	0,008	0,010
0,473	0,008	0,029	0,004	0,035	0,011	0,013	0,006	0,008	0,012
0,474	0,008	0,028	0,006	0,036	0,012	0,013	0,007	0,009	0,013
0,475	0,007	0,027	0,006	0,035	0,011	0,013	0,007	0,009	0,014
0,476	0,007	0,027	0,006	0,032	0,012	0,014	0,007	0,009	0,015
0,477	0,005	0,027	0,006	0,035	0,011	0,013	0,008	0,008	0,014
0,478	0,005	0,026	0,004	0,035	0,011	0,014	0,010	0,009	0,014
0,479	0,005	0,027	0,008	0,035	0,010	0,014	0,009	0,002	0,014
0,480	0,005	0,027	0,009	0,035	0,008	0,014	0,009	0,005	0,012
0,481	0,005	0,027	0,008	0,036	0,009	0,013	0,008	0,004	0,010
0,482	0,004	0,027	0,007	0,037	0,008	0,015	0,006	0,004	0,009
0,483	0,005	0,027	0,005	0,037	0,009	0,015	0,005	0,005	0,009
0,484	0,005	0,028	0,006	0,037	0,009	0,015	0,005	0,005	0,009
0,485	0,006	0,028	0,005	0,038	0,009	0,016	0,004	0,004	0,010
0,486	0,006	0,027	0,005	0,038	0,009	0,017	0,004	0,004	0,008
0,487	0,006	0,028	0,004	0,038	0,009	0,017	0,004	0,005	0,009

0,488	0,006	0,029	0,005	0,037	0,009	0,016	0,004	0,005	0,009
0,489	0,007	0,030	0,006	0,037	0,010	0,016	0,005	0,007	0,010
0,490	0,008	0,028	0,006	0,038	0,011	0,016	0,005	0,007	0,010
0,491	0,009	0,030	0,006	0,037	0,011	0,014	0,004	0,006	0,012
0,492	0,009	0,029	0,006	0,036	0,011	0,013	0,006	0,008	0,011
0,493	0,009	0,029	0,005	0,034	0,011	0,013	0,006	0,009	0,011
0,494	0,006	0,028	0,006	0,034	0,012	0,014	0,005	0,009	0,014
0,495	0,007	0,024	0,007	0,035	0,012	0,010	0,006	0,009	0,014
0,496	0,005	0,026	0,006	0,035	0,011	0,014	0,007	0,009	0,014
0,497	0,005	0,026	0,007	0,035	0,010	0,014	0,009	0,008	0,016
0,498	0,005	0,027	0,007	0,035	0,009	0,014	0,009	0,007	0,015
0,499	0,005	0,027	0,008	0,035	0,009	0,013	0,009	0,005	0,013
0,500	0,005	0,027	0,005	0,036	0,008	0,013	0,009	0,004	0,011
0,501	0,005	0,027	0,008	0,036	0,008	0,016	0,007	0,004	0,009
0,502	0,006	0,026	0,008	0,036	0,009	0,015	0,008	0,003	0,010
0,503	0,005	0,027	0,008	0,037	0,009	0,014	0,005	0,004	0,008
0,504	0,005	0,027	0,005	0,038	0,008	0,015	0,005	0,005	0,009
0,505	0,006	0,028	0,005	0,037	0,008	0,016	0,004	0,004	0,009
0,506	0,006	0,028	0,001	0,037	0,009	0,016	0,005	0,005	0,004
0,507	0,007	0,028	0,005	0,038	0,009	0,018	0,004	0,003	0,010
0,508	0,003	0,027	0,005	0,038	0,009	0,017	0,004	0,005	0,009
0,509	0,005	0,029	0,005	0,038	0,011	0,016	0,003	0,006	0,010
0,510	0,006	0,030	0,005	0,037	0,010	0,015	0,004	0,006	0,010
0,511	0,008	0,029	0,006	0,036	0,011	0,015	0,005	0,006	0,010
0,512	0,008	0,030	0,005	0,036	0,010	0,013	0,005	0,007	0,013

## 2. Data Pengujian Monohull

V(kts)	v(m/s)	Rt (kN)	Rt (kg)	Fn	Re	Ct
1,710	0,880	0,0013	0,137	0,200	1237757	0,000374
1,920	0,988	0,0017	0,174	0,225	1389762	0,000379
2,130	1,096	0,0021	0,217	0,249	1541767	0,000383
2,350	1,209	0,0026	0,267	0,275	1701011	0,000387
2,560	1,317	0,0033	0,332	0,300	1853016	0,000405
2,780	1,430	0,0038	0,389	0,325	2012259	0,000402
2,990	1,538	0,0043	0,438	0,350	2164265	0,000392
3,200	1,646	0,0049	0,500	0,375	2316270	0,000391
3,420	1,759	0,0058	0,593	0,400	2475513	0,000405
3,630	1,867	0,0071	0,720	0,425	2627518	0,000437
3,840	1,975	0,0083	0,850	0,450	2779524	0,000461
4,060	2,088	0,0096	0,984	0,475	2938767	0,000477
4,270	2,196	0,0110	1,118	0,500	3090772	0,000491
4,480	2,305	0,0123	1,256	0,524	3242778	0,000501
4,700	2,418	0,0136	1,392	0,550	3402021	0,000504
4,910	2,526	0,0146	1,485	0,575	3554026	0,000493
5,120	2,634	0,0153	1,564	0,599	3706032	0,000477

5,340	2,747	0,0160	1,637	0,625	3865275	0,000459
5,550	2,855	0,0167	1,706	0,650	4017280	0,000443
5,760	2,963	0,0174	1,774	0,674	4169285	0,000428
5,980	3,076	0,0181	1,845	0,700	4328529	0,000413
6,190	3,184	0,0188	1,917	0,725	4480534	0,0004
6,400	3,292	0,0195	1,994	0,749	4632539	0,000389
6,620	3,405	0,0203	2,074	0,775	4791783	0,000379
6,830	3,513	0,0212	2,158	0,800	4943788	0,00037
7,050	3,627	0,0220	2,246	0,825	5103032	0,000361
7,260	3,735	0,0229	2,338	0,850	5255037	0,000355
7,470	3,843	0,0239	2,434	0,875	5407042	0,000349
7,690	3,956	0,0248	2,532	0,900	5566286	0,000342
7,900	4,064	0,0258	2,635	0,925	5718291	0,000338
8,110	4,172	0,0269	2,740	0,949	5870296	0,000333
8,330	4,285	0,0279	2,848	0,975	6029540	0,000328
8,540	4,393	0,0290	2,959	1,000	6181545	0,000325

