



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA HAMBATAN PADA KAPAL TRIMARAN  
ASIMETRIK DENGAN KONFIGURASI JARAK ANTAR  
LAMBUNG  
SECARA MEMBUJUR (R/L)**

**SKRIPSI**

**RATNA PURNAMASARI  
0806459274**

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



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA HAMBATAN PADA KAPAL TRIMARAN  
ASIMETRIK DENGAN KONFIGURASI JARAK ANTAR  
LAMBUNG  
SECARA MEMBUJUR (R/L)**

**SKRIPSI**

**RATNA PURNAMASARI  
0806459274**

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



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA HAMBATAN PADA KAPAL TRIMARAN  
ASIMETRIK DENGAN KONFIGURASI JARAK ANTAR  
LAMBUNG  
SECARA MEMBUJUR (R/L)**

**SKRIPSI**

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

**RATNA PURNAMASARI  
0806459274**

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

**Universitas Indonesia**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**Nama : Ratna Purnamasari**

**NPM : 0806459274**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 19 Juni 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ratna Purnamasari  
 NPM : 0806459274  
 Program Studi : Teknik Perkapalan  
 Judul Skripsi : Analisa Hambatan Pada Kapal Katamaran Dengan Konfigurasi Jarak Antar Lambung Secara Membujur (R/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 : Ir. M. A. Talahatu, M.T

( )

Penguji : Ir. Sunaryo, Ph.D

( )

Penguji : Ir. Hadi Tresno Wibowo

( )

Penguji : Ir. Mukti Wibowo

( )

Ditetapkan di : Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok

Tanggal :

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan anugrahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Penulisan skripsi atau tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dalam penulisan skripsi dan penelitian ini tak dipungkiri penulis banyak mendapat bantuan baik materil maupun moral. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang 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, Ir. Sunaryo, Ph.D, Ir. Hadi Tresno Wibowo, Ir. Mukti Wibowo, Ir. Doniarsal Nurdin selaku dosen program studi Teknik Perkapalan yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalamannya.
3. Teruntuk Alm. Djuriah; Ayah dan Ibu; Kak Puji, Mas dedy, Kak Elan, Kak Pipit, Mas Kiki, Kak Meydi, Kak Pina, Bang Eko, dan khususnya Kak Susan, yang selalu memberikan dukungan spritual, moral, hingga materil yang tak hingga besarnya sehingga menjadikan motivasi kepada penulis untuk melakukan yang terbaik dalam penulisan skripsi ini.
4. Gunawan, S.T.,M.T. dan M.Baqi, S.T.,M.T. selaku asisten dosen yang telah bersedia meluangkan waktunya disela-sela kesibukannya untuk melakukan asistensi atau bimbingan skripsi ini.
5. Rachmi Satarsyah, soulmate dikala susah dan senang dalam menyelesaikan skripsi, dan bersama dengan M. Hudi Wibowo serta Sri Lestari Maharani sebagai “sistership” yang selalu bersama-sama menyelesaikan segala macam urusan perkuliahan dari awal perkuliahan sampai akhir masa kuliah.
6. Mas Yasin dan Mas Supri selaku karyawan DTM serta Fitrah Didik atas bantuannya dalam merangkai model.

7. Candra, Dwi, Ruska, Prima, Indah, Ragil, Uki, Mame, Ical atas bantuannya dalam pengambilan data maupun pengolahan data.
8. “CEMES” Cewek Mesin 08: Ade Gratia, Anisa Fitriyani, Annisa Nurulianthy, Dea Adreanni, Indah Puspitasari, Ragil Tri Indrawati, Rachmi Satarsyah, Sonia Tzarina Gita Surya, Sri Lestari Maharani selaku keluarga dara manis mesin yang selalu memberikan dukungan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman – teman angkatan 2008 Teknik Mesin dan Teknik Perkapalan, yang memberikan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
10. Keponakan-keponakan beserta Keluarga Besar baik yang ada di Jakarta maupun luar Jakarta; para sahabat dan semua pihak yang telah membantu dalam bentuk doa yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Mei 2012

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Ratna Purnamasari

NPM : 0806459274

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 Pada Kapal Trimaran Asimetrik  
Dengan Konfigurasi Jarak Antar Lambung Secara Membujur (R/L)**

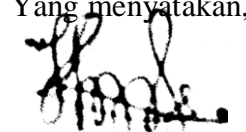
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 19 Juni 2012

Yang menyatakan,



Ratna Purnamasari

Universitas Indonesia



## ABSTRAK

Nama :Ratna Purnamasari  
Program Studi :Teknik Perkapalan  
Judul :Analisa Hambatan pada Kapal Trimaran Asimetrik Dengan Konfigurasi Jarak Antar Lambung Secara Membujur (R/L)

Penggunaan kapal trimaran atau multihull sebagai moda transportasi baik sungai maupun laut telah berkembang secara pesat belakangan ini. Akan tetapi terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan kapal trimaran, diantaranya keakurasian dalam mengestimasi hambatan. Hambatan merupakan faktor penting saat perancangan suatu kapal karena berhubungan dengan perhitungan daya mesin induk kapal, biaya operasional kapal dan konsumsi bahan bakar. Pada umumnya, kapal trimaran yang digunakan merupakan kapal trimaran simetris dengan bentuk *demihull* simetris, namun dalam penelitian ini, bentuk *demihull* kapal trimaran yang digunakan tidak simetris. Dengan tipe bentuk lambung demi hull yang tidak simetris, penelitian ini menghasilkan variasi data hambatan total terhadap penempatan stagger demi hull. 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 trimaran. Dalam tulisan ini akan dijelaskan mengenai penurunan nilai hambatan yang diakibatkan oleh konfigurasi membujur (R/L) pada kapal trimaran asimetrik, dengan bentuk *demihull* yang tidak simetris. Metode eksperimen dan numerik (HullSpeed-MaxsurfPro 11.12) dilakukan dalam penelitian dengan variasi kecepatan pada angka Froude 0.1 -0.5. Dari hasil kedua metode menunjukkan bahwa metode numerik menghasilkan nilai lebih besar dengan perbedaan pada  $F_n > 0.4$  sebesar 4.67%-5.20%. Sedangkan analisa konfigurasi lambung secara membujur (*staggered*) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan hambatan. Semakin besar nilai R/L, maka semakin kecil nilai hambatan yang dihasilkan.

Kata kunci: trimaran, *demihull*, hambatan, letak stagger.

## ABSTRACT

Name : Ratna Purnamasari  
Study Program : Naval Architecture  
Title : Analysis of Resistance to the vessel Trimaran With  
Asymmetric Distance Between Gastric configuration  
longitudinally (R / L)

The use of boats or multihull trimaran as a mode of transport both river and sea has been growing rapidly lately. However, there are some things to consider in the design of trimaran ships, including the accuracy in estimating the resistance. Barriers is an important factor when designing a ship because it deals with the calculation of main engine power of vessels, vessel operating costs and fuel consumption. In general, the ship is a vessel used trimaran demihull symmetrical with symmetrical shape, but in this study, the shape demihull trimaran vessel used is not symmetrical. With this type of hull to hull shape is not symmetrical, this study produces a variety of data to the total resistance for the hull Stagger placement. Of variation in the speed of the ship model will be obtained on the characteristics of the total resistance which will be calculated to determine the amount of resistance experienced by the trimaran ship. In this paper are described the decline in the value of the barriers caused by longitudinal configuration (R / L) in the asymmetric trimaran vessel, with an asymmetrical shape demihull. Experimental and numerical methods (HullSpeed-MaxsurfPro 11:12) conducted the study with the Froude number variation in the speed of 0.1 - 0.5. From the results of both methods show that the numerical method produces greater value to the difference in the  $Fn > 0.4$  at 4.67% -5.20%. While the analysis of the longitudinal hull configuration (staggered) have a significant influence on reducing the barriers. The greater the value of R / L, the smaller the resulting value of resistance.

Keywords: Trimaran, demihull, Resistance, location of Stagger.

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Trimaran.....	5
2.1.1 Desain Lambung Katamaran .....	5
2.1.1 Konfigurasi Lambung Sejajar dan Tidak Sejajar .....	8
2.2 Komponen Hambatan Kapal .....	8
2.2.1 Hambatan Gesek .....	10
2.2.2 Hambatan Sisa .....	13
2.2.3 Hambatan Viskos .....	14
2.2.4 Hambatan Gelombang .....	14
2.2.5 Sibakan Gelombang .....	14

2.3 Bilangan Reynolds .....	15
2.3 Bilangan Froude .....	15
2.3 Metode Perhitungan Hambatan Kapal .....	16
<b>BAB 3 RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Permodelan Kapal.....	18
3.1.1 Desain Kapal Model .....	18
3.1.2 Konfigurasi Lambung Kapal .....	20
3.1.3 Metode Numerik : HullSpeed .....	22
3.2 Rancangan Alat Uji Eksperimen .....	25
2.1.1 Kapal Model .....	25
2.1.1 Alat Penarik Kapal Model .....	25
2.1.1 AC Voltage Regulator .....	26
2.1.1 Load Cell Transducer .....	27
2.1.1 Laptop .....	27
2.1.1 Alat Pengukur Waktu .....	28
2.1.1 Beban .....	28
3.3 Prosedur Eksperimen Model Fisik.....	28
<b>BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA .....</b>	<b>31</b>
4.1 Hasil Eksperimen Model Fisik.....	31
4.1.1 Konfigurasi R/L 0.1 .....	32
4.1.2 Konfigurasi R/L 0.15 .....	35
4.1.3 Konfigurasi R/L 0.2 .....	38
4.2 Hasil Simulasi Maxsurf : HullSpeed .....	40
4.2.1 Konfigurasi R/L 0.1 .....	41
4.2.2 Konfigurasi R/L 0.15 .....	45
4.2.3 Konfigurasi R/L 0.2 .....	49
4.3 Komparasi Hasil Eksperimen dan Numerik.....	53

4.4 Analisa Hasil Eksperimen dan Numerik.....	55
4.4.1 Konfigurasi R/L 0.1 .....	55
4.4.1.1 Analisa Froude Number dan Koefisien Hambatan Total .....	55
4.4.1.2 Analisa Grafik Bilangan Reynold dan Hambatan Total .....	57
4.4.2 Analisa Pengaruh Rasio R/L pada Hambatan Total ( $C_T$ ) dan Hambatan Gesek ( $C_F$ ) Kapal .....	58
4.4.2.1 Analisa Pengaruh Rasio R/L terhadap Hambatan Total ( $C_T$ ).....	60
4.4.2.2 Analisa Pengaruh Rasio R/L terhadap Hambatan Gesek ( $C_F$ ) .....	61
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>64</b>
5.1 Kesimpulan .....	64
5.2 Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ukuran Utama Model Mainhull dan Lambung sisi .....	18
Tabel 3.2 Dimensi Utama <i>Demihull</i> pada MaxsurfPro11.12.....	20
Tabel 3.3 Konfigurasi Jarak dan Posisi Demihull .....	20
Tabel 3.4 <i>Form Factor</i> konfigurasi .....	23
Tabel 4.1. Pengujian Model Fisik .....	31
Tabel 4.2 Hasil Eksperimen R/L 0.1.....	32
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.1 .....	32
Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.1.....	34
Tabel 4.5 Hasil Eksperimen R/L 0.15.....	35
Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.15.....	35
Tabel 4.7 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.15 .....	36
Tabel 4.8 Hasil Eksperimen R/L 0.2.....	38
Tabel 4.9 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.2.....	38
Tabel 4.10 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.2.....	39
Tabel 4.11 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.1 .....	41
Tabel 4.12 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.1 .....	43
Tabel 4.13 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.15 .....	45
Tabel 4.14 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.15 .....	47
Tabel 4.15 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.2 .....	49
Tabel 4.16 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.2 .....	51
Tabel 4.17 Persentase Perbedaan Eksperimen dan Numerik .....	56
Tabel 4.18 Nilai Standar Deviasi .....	56
Tabel 4.19 Persentase Perbedaan Koefisien Hambatan .....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipikal konfigurasi Trimaran .....	5
Gambar 2.2 Jenis lambung trimaran .....	6
Gambar 2.3 Penampang body plan trimaran .....	7
Gambar 2.4 Konfigurasi posisi lambung trimaran .....	8
Gambar 2.5 Diagram Komponen Hambatan Kapal (Molland, 2008 ).....	9
Gambar 2.6 Aliran pada dua buah plat .....	11
Gambar 2.6 Komponen Hambatan Kapal .....	15
Gambar 2.7 Kurva Hambatan Vs Kecepatan Kapal .....	15
Gambar 3.1 Permodelan dengan MaxsurfPro 11.12.....	18
Gambar 3.2 Hasil modifikasi kapal trimaran asimetrik .....	19
Gambar 3.3 Batang penghubung .....	19
Gambar 3.4 Konfigurasi S/L dan R/L .....	20
Gambar 3.5 Permodelan Konfigurasi Kapal .....	21
Gambar 3.6 Metode Perhitungan Hambatan pada <i>HullSpeed</i> .....	22
Gambar 3.7 Pengaturan kecepatan pada <i>Hullspeed</i> .....	23
Gambar 3.8 Hasil Running <i>HullSpeed</i> .....	24
Gambar 3.9 Grafik dan data yang diperoleh dari <i>Hullspeed</i> .....	24
Gambar 3.10. Contoh Konfigurasi Lambung R/L .....	25
Gambar 3.11 Alat Penarik Kapal Model .....	26
Gambar 3.12 AC Voltage Regulator .....	27
Gambar 3.13 Load Cell .....	27
Gambar 3.14 Rangkaian laptop dan <i>interface</i> .....	28
Gambar 3.15 Layout Proses Uji Tarik .....	29
Gambar 3.16 Proses Pengujian Kapal Model .....	30
Gambar 4.1a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Metode Eksperimen ....	33
Gambar 4.1b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total R/L 0.1 Metode Eksperimen .....	33
Gambar 4.2a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.1 Metode Eksperimen .	34

Gambar 4.2b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total R/L 0.1 Metode Eksperimen .....	35
Gambar 4.3a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Metode Eksperimen ..	36
Gambar 4.3b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan R/L 0.15 Metode Eksperimen .....	36
Gambar 4.4a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.15 Metode Eksperimen	37
Gambar 4.4b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan R/L 0.15 Metode Eksperimen .....	37
Gambar 4.5a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Eksperimen ....	39
Gambar 4.5b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Eksperimen .....	39
Gambar 4.6a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.2 Metode Eksperimen ..	40
Gambar 4.6b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.2 Metode Eksperimen .....	40
Gambar 4.7a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Metode Numerik .....	42
Gambar 4.7b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Metode Numerik .....	43
Gambar 4.8a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.1 Metode Numerik .....	44
Gambar 4.8b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.1 Metode Numerik .....	45
Gambar 4.9a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Metode Numerik .....	46
Gambar 4.9b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Metode Numerik .....	47
Gambar 4.10a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.15 Metode Numerik ....	48
Gambar 4.10b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.15 Metode Numerik .....	49
Gambar 4.11a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Numerik .....	50
Gambar 4.11b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Numerik .....	51
Gambar 4.12a. Koefisien Hambatan Total Gesek R/L 0.2 Metode Numerik .....	52
Gambar 4.12b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Numerik .....	53
Gambar 4.13. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Froude Number .....	53



Gambar 4.14. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Froude Number .....	54
Gambar 4.15. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Froude Number .....	54
Gambar 4.16. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Reynold Number .....	54
Gambar 4.17. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Reynold Number .....	55
Gambar 4.18. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Reynold Number .....	55
Gambar 4.19. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal terhadap Froude Number berdasarkan Data Eksperimen .....	58
Gambar 4.20. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal terhadap Froude Number berdasarkan Simulasi Maxsurf .....	59
Gambar 4.21. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Gesek Kapal terhadap Reynold Number berdasarkan Data Eksperimen .....	59
Gambar 4.22. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Gesek Kapal terhadap Reynold Number berdasarkan Simulasi Maxsurf .....	59
Gambar 4.23. Komparasi Nilai Hambatan Kapal Model Asimetrik pada setiap Konfigurasi .....	60
Gambar 4.24. Drag Reduction.....	61
Gambar 4.25. Pengaruh rasio R/L terhadap koefisien gesek .....	62

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Salah satu alat transportasi yang sampai saat ini sangat berpengaruh terhadap komoditi barang adalah kapal. Kapal merupakan sarana angkutan yang memiliki peranan penting dalam pendistribusian, khususnya niaga, ekspor impor, serta industri kapal itu sendiri. Indonesia merupakan negara maritim yang dikelilingi oleh banyak kepulauan sedangkan pendistribusian barang dari satu daerah ke daerah lain di Indonesia perlu dilakukan dengan cepat. Hal inilah yang menjadikan transportasi laut sangat penting untuk negara ini dan tidak terlepas dari sarana angkutan kapal yang mampu mengefisiensikan pengangkutan komoditi dalam jumlah besar. Untuk mengoptimalkan pengangkutan komoditi tersebut kapal harus dapat berjalan dengan kecepatan yang diinginkan. Oleh karena itu, kapal harus dipersiapkan untuk mampu mengatasi hambatan yang dialami saat di perairan tertentu.

Dalam suatu proses pengaplikasian kapal yang didesain untuk bermuatan banyak dan efisien, para desainer saat ini banyak melakukan penelitian yang melibatkan komponen-komponen perhitungan desain kapal agar dapat mengoptimalkan suatu perancangan dalam pengoperasiannya. Berkaitan dengan efektif dan efisien inilah para desainer selain menggunakan metode eksperimen juga menggunakan metode numerik (perhitungan) dalam menentukan nilai hambatan kapal yang terjadi dimana hal inilah yang menjadi titik penentu kecepatan kapal serta penggunaan konsumsi bahan bakar.

Pada kapal multi hull, masalah hambatan masih banyak dibahas dan didiskusikan. Pada beberapa kapal cepat catamaran atau trimaran misalnya, berusaha mengurangi hambatan yang terjadi pada kapal multi hull tersebut banyak yang menggunakan bahan polimer atau bahan lainnya yang dapat mengurangi hambatan. Penelitian lain, [Doctors et al 2003] menentukan separasi optimal antara lambung dan juga memprediksi interferensi gelombang yang terjadi. Dengan kata lain, pengaruh interferensi dan interaksi tersebut masih dikaji ulang

dengan teliti dengan cara eksperimen agar dapat memberi kontribusi dalam memprediksi komponen hambatan beserta total hambatan dari kapal multi hull yang diperlukan dalam memprediksi kebutuhan tenaga propulsi mesin kapal.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari konfigurasi letak stagger demi hull yang optimum untuk mendapatkan nilai hambatan terendah sehingga akan mengurangi konsumsi energi bahan bakar saat kapal beroperasi dan membandingkan nilai hambatan yang terjadi pada kapal trimaran asimetris. Dengan tipe bentuk lambung demi hull yang tidak simetris, penelitian ini menghasilkan variasi data hambatan total terhadap penempatan stagger demi hull. 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 trimaran.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan paparan di atas maka permasalahan yang dapat diambil yaitu :

- a. Bagaimanakah pengaruh konfigurasi letak stagger demi hull secara melintang terhadap hambatan total yang dihasilkan oleh kapal.
- b. Bagaimana pengaruh bentuk asimetris demi hull trimaran terhadap hambatan total yang dihasilkan oleh kapal.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini untuk mencari konfigurasi letak stagger demi hull yang 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 letak stagger demi hull yang optimum untuk mendapatkan nilai hambatan terendah pada model kapal trimaran bentuk lambung kapal Round Bilge dengan  $R/L = 0.1; 0.15; 0.2$  untuk kapal dengan kecepatan rendah di wilayah perairan sungai.

## 1.5 Metode Penelitian

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

### 1.5.1 Studi Literatur

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis mengumpulkan data berdasarkan literatur-literatur mendukung yang relevan dengan tema tugas akhir ini sebagai bahan penunjang yang dijadikan referensi data. Referensi atau bahan penunjang yang penulis jadikan acuan yakni diantaranya berupa jurnal-jurnal, paper, buku-buku, *email*, *e-news*, maupun *ebook*.

### 1.5.2 Perancangan Kapal Model

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.

### 1.5.3 Perhitungan Hambatan Total dan Hambatan Gesek

Komputasi numerik hambatan total pada kapal model dilakukan dengan menggunakan Hullspeed 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.

### 1.5.4 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 pembanding 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.

### 1.5.5 Analisa Data

Pada tahap ini model *hull* yang telah divariasikan akan dilakukan analisa terhadap jenis konfigurasi yang telah dibuat pada model untuk mendapatkan tahanan sebaik mungkin.

### 1.5.6 Kesimpulan dan Saran

Hasil output dari kedua metode baik numerik maupun eksperimen berupa angka dan grafik untuk selanjutnya dapat ditentukan jenis konfigurasi yang tepat untuk kapal trimaran.

## 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.

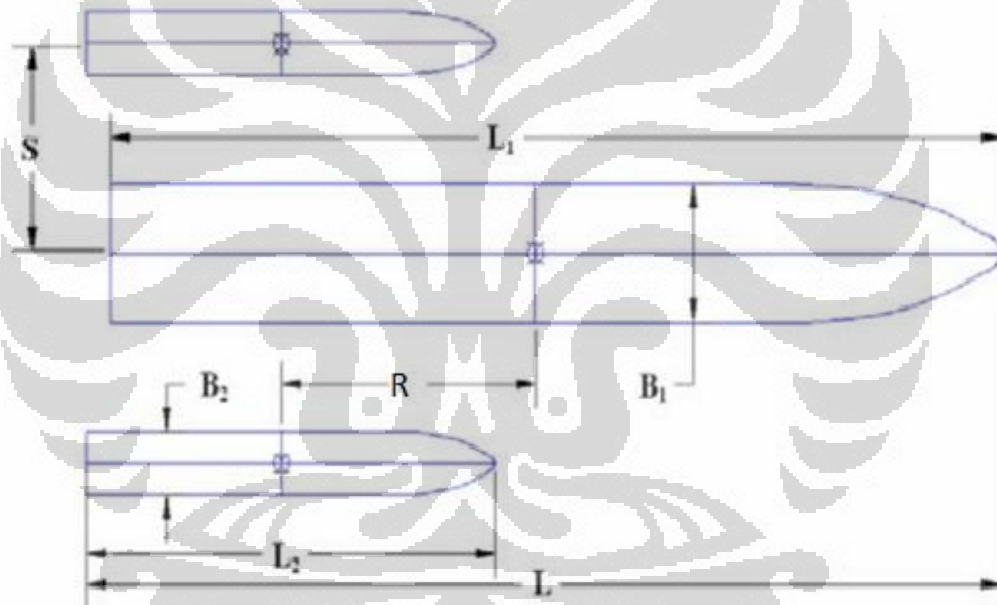
**BAB V** : Bab ini merupakan bab penutup, pada bab ini diberikan kesimpulan serta saran seandainya penelitian ini akan dilanjutkan suatu saat sehingga memperoleh hasil yang lebih akurat.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Trimaran

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



Gambar 2.1 Tipikal konfigurasi Trimaran

##### 2.1.1 Desain Lambung Trimaran

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

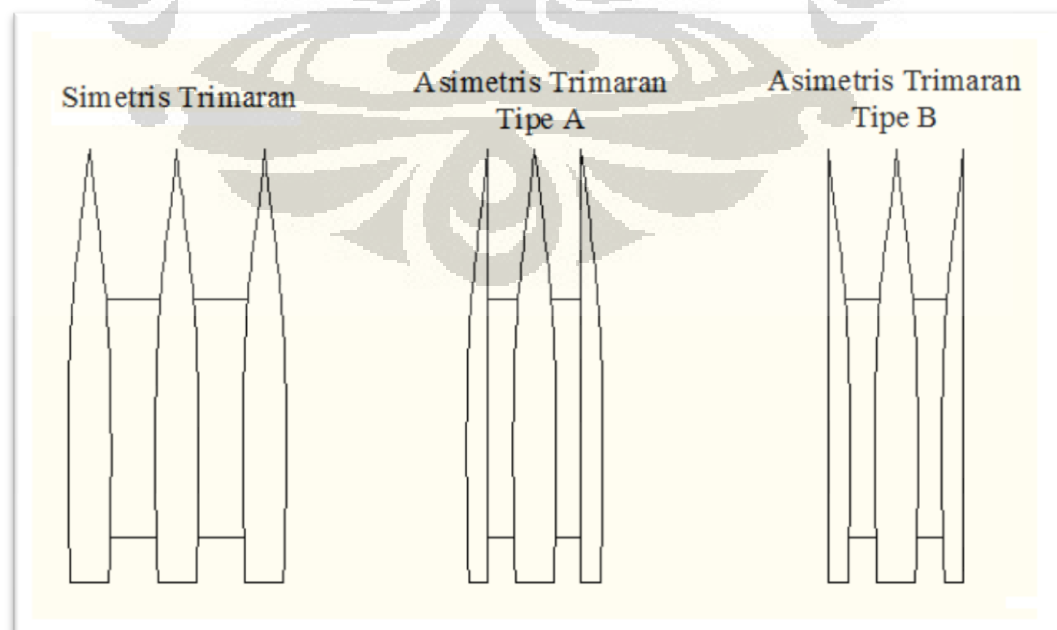
karakteristik stabilitas kapal monohull. Sehingga kapal trimaran menjadi solusi atas permasalahan tersebut, dimana lambung kapal trimaran yang terpisah dan lambung yang kecil/pipih dapat memperkecil gangguan permukaan air (*disturbance on the free surface*) maka dengan sendirinya dapat memperkecil hambatan 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 trimaran 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 trimaran. Saat ini, banyak dijumpai desain kapal trimaran dengan konfigurasi dan dimensi yang bervariasi, dimana karakteristik desainnya sangat tergantung pada misi dan fungsi operasionalnya.

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



Gambar 2.2 Jenis lambung trimaran

a. Model *hull* yang ketiga sisinya simetris *stream line*

Di asumsikan sebagaimana tiga buah kapal *monohull* yang ketiga 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 trimaran asimetris yang bagian sisi luarnya *stream line*

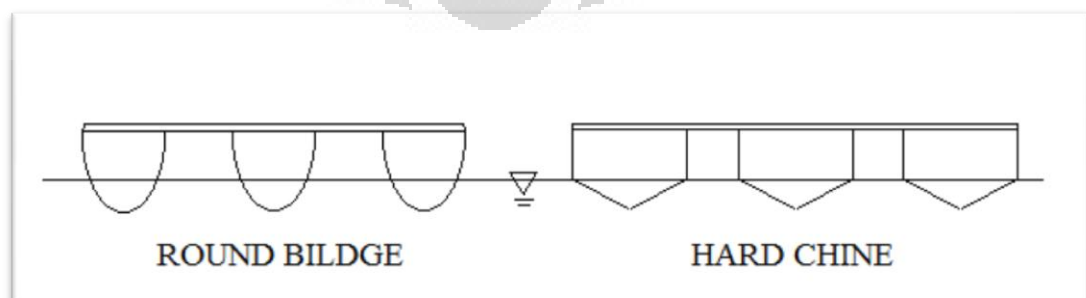
Di ujung bagian depan *demihull* merupakan titik dimana aliran fluida akan menyebar ke arah samping (mengikuti garis *stream line*), hampir sama dengan gambar di atas, hanya saja di bagian sisi dalam lurus sehingga alirannya mengikuti bentuk badan kapal (lurus) sampai ke buritan kapal. Sehingga apabila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

c. Model dengan *stream line* di sisi bagian dalam

Aliran fluida yang dibentuk dari haluan kapal terkonsentrasi de 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 trimaran dibedakan menjadi 2, yaitu :

- *Round bilge*
- *Hard chine*



Gambar 2.3 Penampang body plan trimaran



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*).

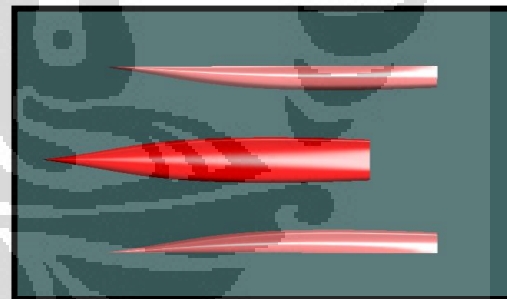
Bentuk lambung tipe *hard chine* agak sederhana dan mudah dalam pengerjaan konstruksinya. Tipe lambung ini memiliki luas bidang basah statik yang lebih besar sehingga dapat memperbesar hambatan gesek (*frictional drag*) pada kecepatan rendah. Sedangkan pada kecepatan tinggi, luas bidang basah akan berkurang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

### 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 2.4a. Staggered Hull



Gambar 2.4b. Unstaggered Hull

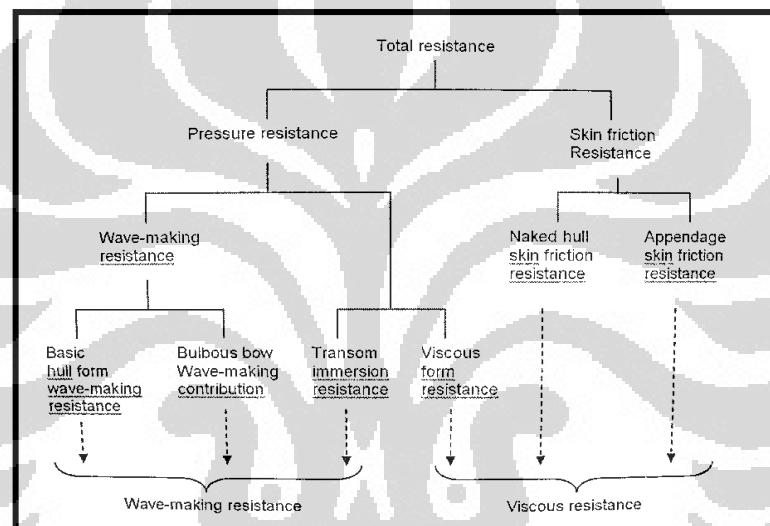
Gambar 2.4 Konfigurasi posisi lambung trimaran

## 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 (*normal 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 2.5 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 (*friction drag*) dan komponen tekanan kekentalan (*viscous pressure*).

Total hambatan kapal dapat dinyatakan dengan persamaan :

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

dimana  $\rho$  : massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_T$  : koefisien hambatan total

WSA : luasan bidang basah (m)

V : kecepatan kapal (m/s)

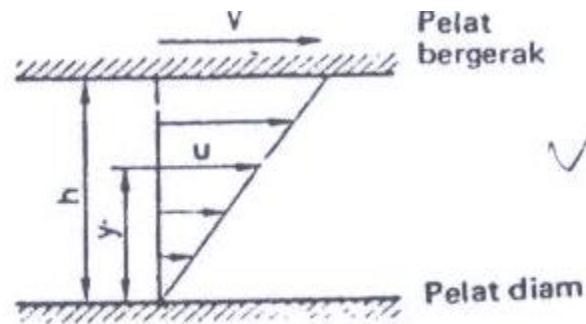
Komponen hambatan kapal dari total hambatan dapat diuraikan sebagai berikut :

### 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.

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

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.



Gambar 2.6 Aliran pada dua buah plat

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 :

$\mu$  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:

$$\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial y} \quad (2.5)$$

$\tau$  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 :

$$R_F = \frac{1}{2} \cdot C_F \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \quad (2.6)$$

Dengan  $C_F$  adalah 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

$$C_F = \frac{R_F}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2} \quad (2.7)$$

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 rumus :

$$R_F = f \cdot S \cdot V^n \quad (2.8)$$

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

$$R_F = f \cdot S \cdot V^{1,825} \quad (2.9)$$

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:

$$R_F = \frac{\gamma \cdot \lambda}{1000} S \cdot V^{1,825} \quad (2.10)$$

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°C dalam rumus sebagai berikut :

$$\lambda = 0,1392 + \frac{0,258}{2,68+L} \quad (2.11)$$

L adalah panjang model atau kapal dalam meter. Jika koefisien gesekan tersebut dipakai untuk suhu selain 15°C maka koreksi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$\lambda_t = \lambda(1 + 0.0043\Delta t) \quad (2.12)$$

$$\Delta t = 15^\circ\text{C} - t \quad \text{Harga ini negatif jika } t < 15^\circ\text{C} \quad (2.13)$$

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

$$C_F = \frac{R_F}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2} = \frac{\left(\frac{\gamma g \lambda}{1000}\right) \cdot S \cdot V^{1,825}}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2} \quad (2.14)$$

$$C_F = 2 \times 10^{-3} \lambda \cdot g \cdot V^{-0,175} \quad (2.15)$$

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

Tangki percobaan 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 :

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \quad (2.16)$$

### 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

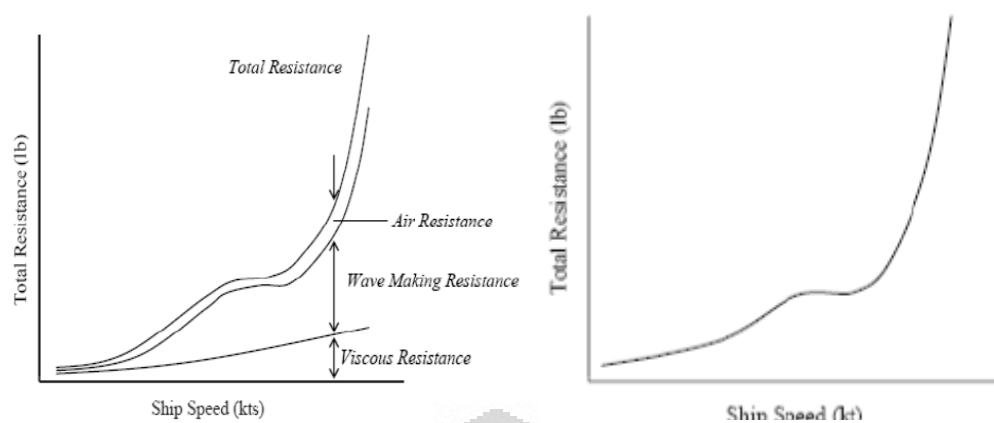
Hambatan Viskos adalah penjumlahan dari beberapa komponen hambatan yakni hambatan bentuk ( *viscous form resistance* ), hambatan gesek lambung kapal ( *naked hull skin friction* ) dan hambatan tahanan lambung kapal ( *appendage skin friction* ). Hambatan bentuk adalah integral dari gaya normal yang bekerja 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 dan Standing, 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 agak 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 2.6 Komponen Hambatan Kapal    Gambar 2.7 Kurva Hambatan Vs Kecepatan Kapal

### 2.3 Bilangan Reynolds

Bilangan reynolds merupakan paramater 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.

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu} \quad (2.17)$$

$$Re = \frac{V \cdot L}{\vartheta} \quad (2.18)$$

Dimana :

Re : Bilangan Reynolds

V : Kecepatan Kapal (m/s)

L : Panjang kapal (m)

$\vartheta$  : 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 (Fn)



$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (2.19)$$

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 trimaran 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 ( *friction* ) 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 trimaran dapat diuraikan sebagai modifikasi ITTC-1957, ITTC-1978 dan metode pengukuran langsung untuk menghitung hambatan kapal trimaran.

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

### ITTC 1957

$$C_T = \sigma C_F + \Omega C_R \quad (2.20)$$

$$(C_{FT})_{TRI} = C_{FMH}(S_{MH}/S_T) + C_{FOUT}(2S_{OUT}/S_T)$$

dimana :

$\sigma$  Faktor interferensi hambatan gesek ( *friction* )

$\Omega$  Faktor interferensi hambatan sisa ( *residuary* )

$CF_{MH}$  ,  $CF_{OUT}$ ,  $S_{MH}$  dan  $S_{OUT}$  koefisien hambatan gesek dan permukaan yang tercelup di air pada *mainhull* dan *sidehull*

$S_T$  Permukaan basah trimaran

Pertambahan kecepatan yang terjadi diantara lambung kapal dapat diperhitungkan dengan memperkenalkan faktor interferensi  $\sigma$  dimana dihitung dari intergrasi hambatan gesekan lokal (*local friction*) 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).

Untuk menghitung efek interferensi dari setiap konfigurasi, faktor interferensi sebagai berikut:

$$IF = (CR - CR_{NI}) / CR_{NI}$$

Dimana  $CR_{NI}$  adalah “*no-interference*” komponen dalam hambatan residual:

$$CR_{NI} = CF_{MH}(S_{MH}/S_T) + CF_{OUT}(2S_{OUT}/S_T)$$

### ITTC 1978

$$\begin{aligned} (C_T)_{TRI} &= (1+k_{TRI})(C_F)_{TRI} + (C_W)_{TRI} \\ &= (1+\phi k)\sigma C_F + \tau C_w \end{aligned} \quad (2.21)$$

dimana :

$\phi$  Faktor interferensi hambatan bentuk (*form*)

$\tau$  Faktor interferensi hambatan gelombang (*wave*)

$\sigma$  Faktor interferensi hambatan viskos ( *viscous* )

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

## BAB 3

### RANCANGAN DAN PROSEDUR PENGUJIAN

#### 3.1 Permodelan Kapal

##### 3.1.1 Desain Kapal Model

Desain kapal trimaran yang dijadikan sebagai model dalam penelitian ini merupakan kapal fiber yang di modifikasi oleh penulis berdasarkan dasar teori yang ada dan arahan dari tim skripsi. Kapal trimaran asimetrik ini dirancang sebagai alat uji dengan menggunakan skala laboratorium (kolam uji). Alat yang digunakan hanya ditujukan untuk penelitian dan pengambilan data model kapal trimaran.

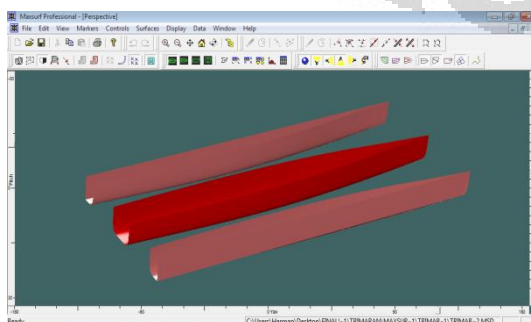
Tabel 3.1 Ukuran Utama Model Mainhull dan Lambung sisi

Ukuran Lambung Utama		Ukuran Lambung sisi	
L <sub>OA</sub>	2 m	L <sub>OA</sub>	2 m
B	0,20 m	B	0,81 m
T	0,045 m	T	0,045 m
H	0,14 m	H	0,14 m
C <sub>B</sub>	0,467	C <sub>B</sub>	0,425

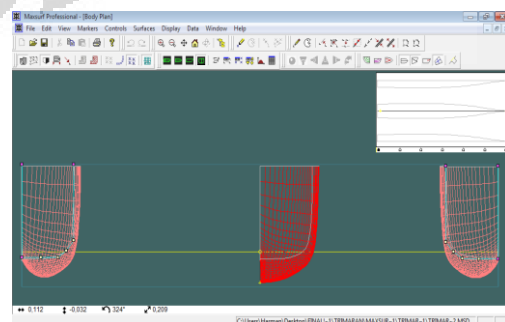
(Pengukuran Penulis, 2012)

Bagian lambung sisi (lambung asimetrik) dirancang oleh penulis sesuai dengan kebutuhan penelitian. Lambung asimetrik merupakan modifikasi dari lambung utama kapal uji. Rancangan lambung asimetrik dibuat menggunakan software Maxsurf sebelum akhirnya masuk kedalam proses pengerjaan di bengkel.

Gambar 3.1 Permodelan dengan MaxsurfPro 11.12



Gambar 3.1a. Perspective



Gambar 3.1b. Body Plan

Proses pengerjaannya adalah dengan cara membelah lambung utama menjadi dua bagian dan bagian yang terbuka ditutup menggunakan triplek tipis yang di sambung dengan lem *sealant* dibagian dalam untuk mengatasi kebocoran. Untuk menutupi bagian luar badan kapal digunakan dempul yang kemudian dihaluskan dengan cara diampelas. Tahap selanjutnya adalah pelapisan badan kapal asimetrik menggunakan cat *epoxy* dan cat fiber.

Gambar 3.2 Hasil modifikasi kapal trimaran asimetrik



Gambar 3.2a. Lambung utama



Gambar 3.2b. Lambung sisi (asimetrik)

Lambung utama dan bagian lambung sisi dihubungkan menggunakan batang besi yang diatur sesuai dengan jarak yang dijadikan variabel penelitian.



Gambar 3.3 Batang penghubung

Berdasarkan data kapal model tersebut, kemudian dilakukan perancangan desain kapal pada program MaxsurfPro11.12

Tabel 3.2 Dimensi Utama *Demihull* pada MaxsurfPro11.12

Parameter	Monohull	Demihull	Unit
<b>L</b>	1,959	1,959	m
<b>B</b>	0,89	0,81	m
<b>T</b>	0,045	0,038	m
<b>H</b>	0,14	0,14	m

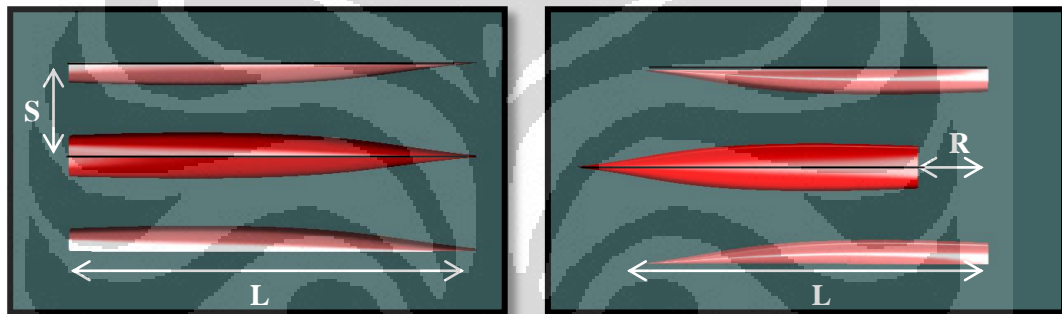
<b>C<sub>b</sub></b>	0,542	0,425	
<b>C<sub>p</sub></b>	0,609	0,6	
<b>WSA</b>	0,48	0,3829	m <sup>2</sup>
<b>Disp</b>	11,6	5,8	kg

(Pengolahan Penulis, 2012)

### 3.1.2 Konfigurasi Lambung Kapal

Penelitian dilakukan untuk mengetahui tahanan atau hambatan dari konfigurasi kapal trimaran asimetrik. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua variabel, yaitu:

- Jarak antar lambung tidak sejajar (*stagger*) atau konfigurasi R/L
- Nilai *Froude Number* yang menghasilkan variasi kecepatan.



Gambar 3.4 Konfigurasi S/L dan R/L

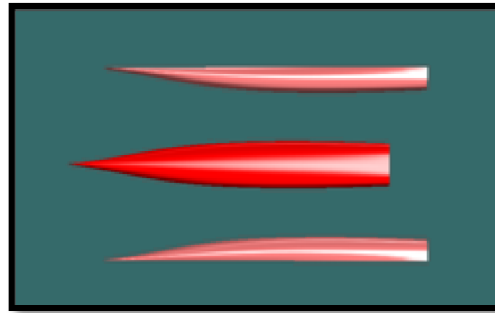
Dalam pengujian ini, konfigurasi lambung dilakukan secara membujur (R/L) dan tidak hanya dilakukan pada metode eksperimen, namun juga dilakukan pada permodelan kapal dengan MaxsurfPro. Berikut merupakan detail jenis konfigurasi yang dilakukan :

Tabel 3.3 Konfigurasi Jarak dan Posisi Demihull

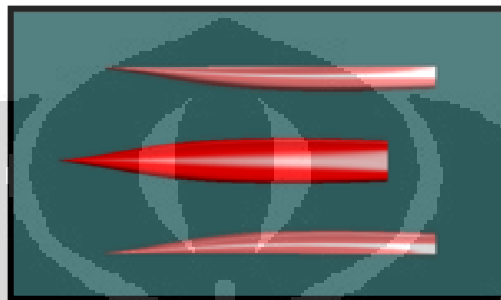
Konfigurasi	A	B	C
<b>R/L</b>	0,1	0,15	0,2
<b>S/L</b>	0,2	0,2	0,2
<b>R</b>	10 cm	15 cm	20 cm

(Pengukuran dan Pengolahan Penulis, 2012)

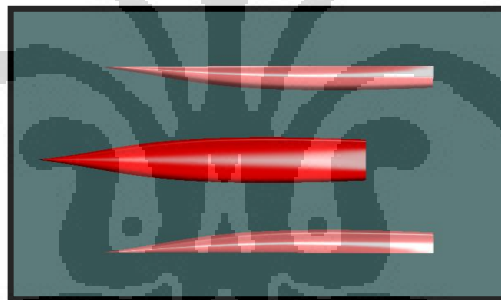
Langkah selanjutnya adalah permodelan kapal pada MaxsurfPro 11.12 sesuai konfigurasi pada Tabel 3.3



Gambar 3.5a. Konfigurasi R/L 0.1



Gambar 3.5b. Konfigurasi R/L 0.15



Gambar 3.5c. Konfigurasi R/L 0.2

Gambar 3.5 Permodelan Konfigurasi Kapal

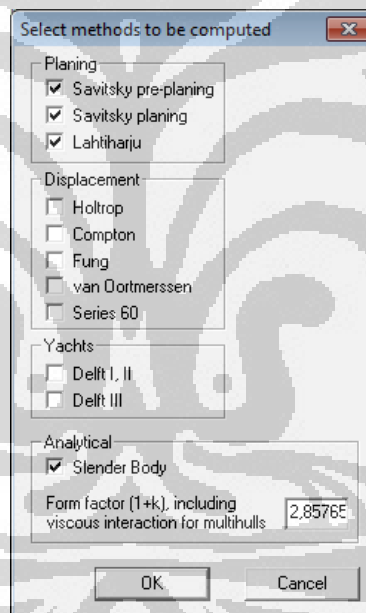
### 3.1.3. Metode Numerik : HullSpeed

Perhitungan hambatan metode numerik dilakukan dengan menggunakan program HullSpeed pada MaxsurfPro 11.12. Setelah konfigurasi lambung kapal dilakukan pada MaxsurfPro, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis hambatan kapal. HullSpeed merupakan *software* yang diperuntukkan menganalisa hambatan dan gelombang yang dihasilkan oleh suatu kapal untuk beberapa kondisi kecepatan. Hullspeed juga mampu memprediksi hambatan kapal-kapal

khusus seperti submarine. Dalam perhitungannya diperlukan beberapa penentuan, diantaranya sebagai berikut:

- Penentuan Metode

Setelah penentuan desain kapal yang akan dianalisis, langkah selanjutnya adalah menentukan metode perhitungan desain kapal. Dalam menentukan metode apa yang akan digunakan sebaiknya melihat rasio antara tiap metode yang ada. Beberapa metode perhitungan diberikan seperti pada Gambar 3.4. Penentuan jenis metode yang akan digunakan, berdasarkan hasil *running* dan dilakukan validasi data terhadap berbagai jenis metode tersebut seperti pada Gambar 3.5. Metode *Slender Body* merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam penelitian untuk mengetahui hambatan yang dihasilkan oleh kapal jenis trimaran.



Gambar 3.6 Metode Perhitungan Hambatan pada HullSpeed

Dalam pemilihan metode yang digunakan dalam software *Hullspeed*, terdapat nilai form factor yang didapat dari persamaan

$$(1 + \beta k) = 3.03 \left( L / V^{1/3} \right)^{-0.04} + 0.016 (S / L)^{-0.65}$$

Persamaan di dapat dari jurnal “*Evaluation of Molland’s Viscous Form Faactor Catamaran Configuration Using Experimental Tank Test Result*”. Persamaan tersebut dapat digunakan untuk jenis kapal lambung ganda dengan L panjang kapal,

V volume kapal, dan S/L merupakan konfigurasi jarak antar lambung secara melintang terhadap panjang kapal yang dilakukan.

Nilai *form factor* untuk pengujian konfigurasi R/L terhadap S/L 0,2:

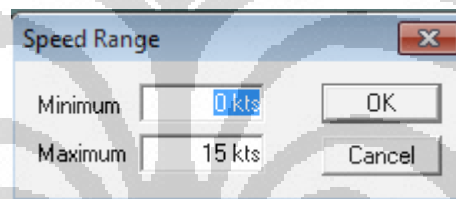
Tabel 3.4 *Form Factor* konfigurasi

<i>Form Factor</i>	S/L 0,3
$(1 + \beta k) = 3.03(L/V^{1/3})^{-0.04} + 0.016(S/L)^{-0.65}$	2,8471

(Pengolahan Penulis,2012)

- Penentuan Limit Kecepatan

Setelah ditetapkan, langkah berikutnya adalah menentukan limitasi kecepatan yang diinginkan. Berdasarkan rancangan penelitian, kecepatan yang digunakan untuk kapal trimaran rancangan ini adalah kapal dengan kecepatan rendah untuk perairan tenang. Secara langsung *Hullspeed* telah menghitung kecepatan yang telah ditentukan.



Gambar 3.7 Pengaturan kecepatan pada *Hullspeed*

- Penentuan Tingkat Efisiensi

Setelah metode ditetapkan, langkah berikutnya adalah menentukan tingkat efisiensi yang diinginkan. Hal ini berdampak pada besar power kapal yang dibutuhkan. Efisiensi yang digunakan dalam perhitungan *Hullspeed* adalah sebesar 100%.

- Penentuan Tipe Grafik

Setelah metode ditetapkan, langkah berikutnya adalah menentukan tipe grafik yang diinginkan.

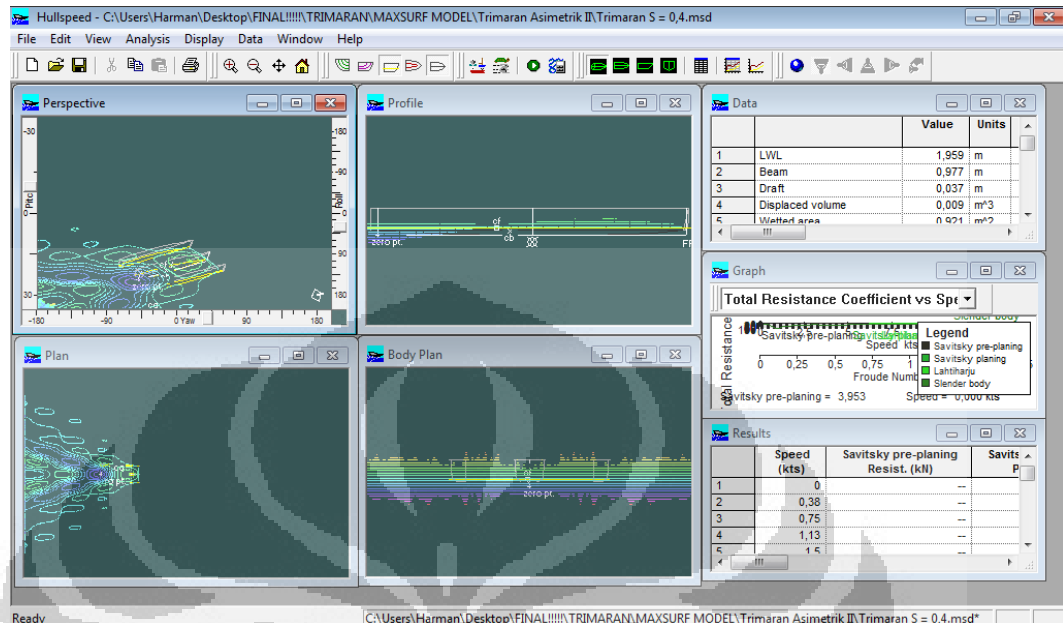
- Penentuan Unit

Penentuan unit pada hakekatnya adalah upaya menyamakan sisi pandang, khususnya pada proses penghitungan hambatan desain kapal.

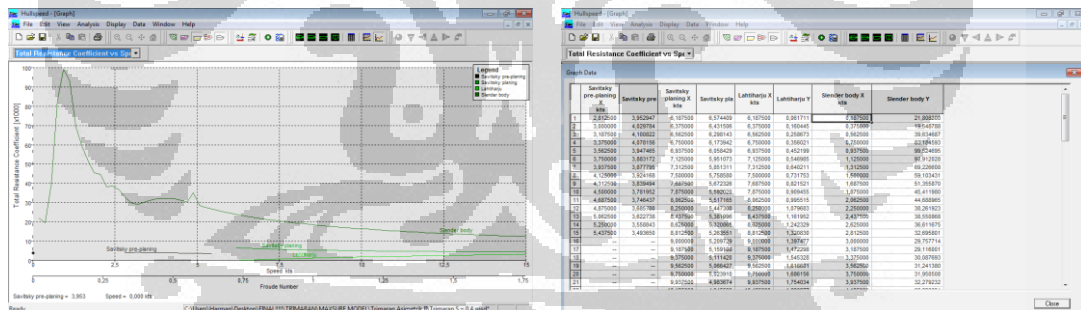
- Penentuan Pengecekan Perlengkapan Komponen



Merupakan upaya untuk melihat panjang LWL dan Sarat Disain (T) dalam konsep penghitungan hambatan dan power desain kapal.



Gambar 3.8 Hasil Running HullSpeed

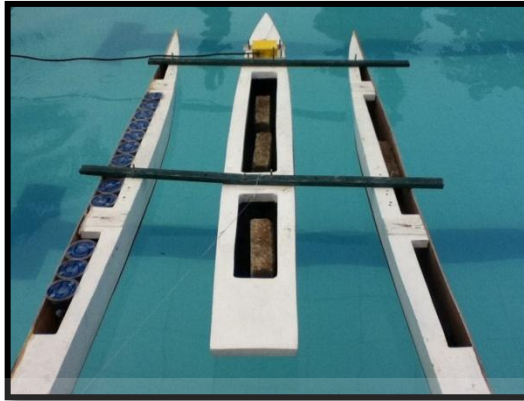


Gambar 3.9 Grafik dan data yang diperoleh dari Hullspeed

## 3.2 Rancangan Alat Uji Eksperimen

### 3.2.1 Kapal Model

Kapal model yang digunakan untuk uji eksperimen memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.6 merupakan salah satu konfigurasi R/L yang dilakukan.



Gambar 3.10. Contoh Konfigurasi Lambung R/L

Kapal model terdiri dari tiga buah kapal, satu kapal dengan jenis lambung monohul dan dua lambung sisi jenis asimetrik dengan spesifikasi seperti pada tabel 3.1. Dalam percobaan ini ketiga lambung menggunakan penghubung yaitu batang besi yang dikuatkan dengan baut sesuai dengan jarak dan konfigurasi yang diujikan.

### 3.2.2 Alat Penarik Kapal Model

Suatu rangkaian alat penarik digunakan dalam percobaan untuk menggerakkan kapal di atas air. Alat penarik ini diasumsikan sebagai alat penggerak/propulsi suatu kapal yang diatur berdasarkan kecepatan tertentu sesuai dengan variabel uji penelitian penulis. Berikut penjelasan tiap komponen rangkaian penarik kapal uji:



Gambar 3.11 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.

### 3.2.3 AC Voltage Regulator

AC Voltage Regulator adalah suatu alat yang dapat mengatur voltage keluaran. AC voltage regulator digunakan untuk mengatur putaran motor dengan mengatur voltage masukan yang dapat diubah sesuai keinginan. Putaran yang dihasilkan berpengaruh pada kecepatan kapal uji yang ditarik. Spesifikasi teknik dari AC voltage regulator yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.12 AC Voltage Regulator

Merk : OKI

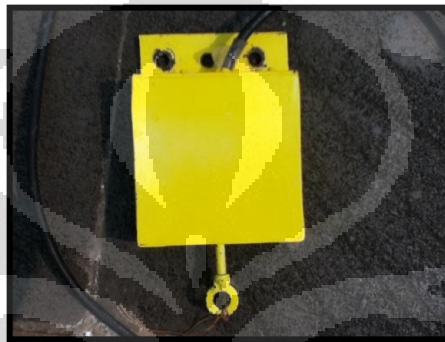
Input : 220V 50/60 Hz

Output : 0 – 250V

Cap : 2000 VA

### 3.2.4 Load Cell Transducer

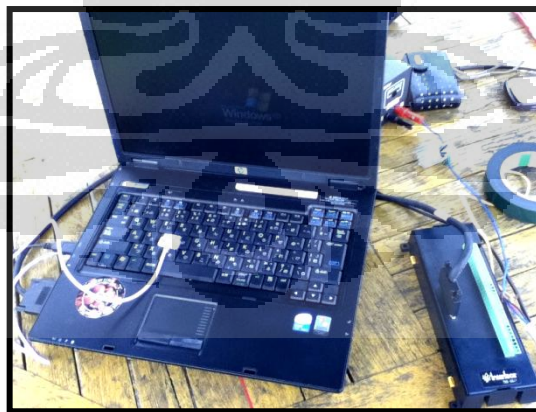
Alat ini digunakan untuk mengukur gaya tarik kapal model pada saat kapal model ditarik. Loadcell merupakan suatu transducer yang bekerja berdasarkan prinsip deformasi suatu material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja. Besar tegangan mekanis berdasarkan pada deformasi yang diakibatkan oleh regangan. 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. 3.13 Load Cell

### 3.2.5 Laptop

Laptop yang digunakan untuk merekam data akuisisi yang dihasilkan *load cell*. Laptop dihubungkan dengan *interface* untuk menterjemahkan hasil data yang didapat dari *load cell* ke dalam komputer.



Gambar 3.14 Rangkaian laptop dan *interface*

### 3.2.6 Alat Pengukur Waktu

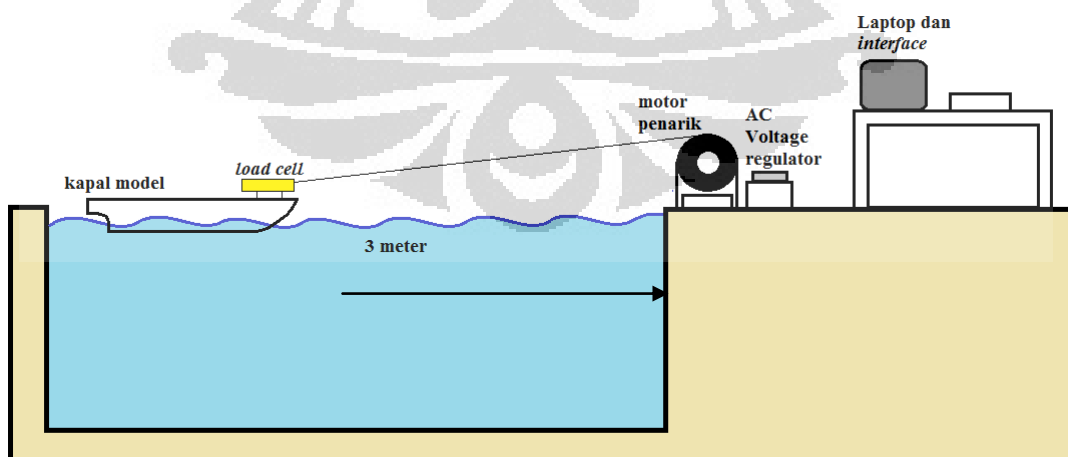
Saat pengujian diperlukan alat pengukur waktu yang digunakan ketika kapal model yang sedang ditarik berada pada area jarak tempuh kapal yang ditentukan secara konstan yaitu 3 m.

### 3.2.7 Beban

Pemberian beban dilakukan agar sesuai dengan draft kapal pada saat proses penarikan. Dalam hal ini beban berupa batu *block* dengan total berat yaitu 6 kg.

### 3.3 Prosedur Eksperimen Model Fisik

Metode pengukuran hambatan pada kapal model yang dilakukan di kolam tarik ini bertujuan untuk mengukur total hambatan kapal dari setiap konfigurasi yang dilakukan serta mengaplikasikan formulasi empiris untuk mendapatkan nilai koefisien hambatan total dari tiap konfigurasi. Besar hambatan dan koefisien hambatan total ini selanjutnya dikomparasikan terhadap konfigurasi lainnya untuk dilakukan analisis. Metode eksperimen ini dilakukan pada kolam dengan spesifikasi : Panjang kolam = 20 m ; Lebar = 10m ; kedalaman = 1,5m dan *layout* pengujian tarik sebagai berikut.



Gambar 3. 25 Layout Proses Uji Tarik

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 jarak *lambung sisi* dan disetiap pengujian dilakukan variasi putaran motor listrik untuk mendapatkan bilangan Froude yang diinginkan ( bilangan Froude 0 – 0,5 ). Berikut merupakan variasi pengujian tarik :

1. Pengujian tarik kapal model dengan konfigurasi S/L 0,2 ; R/L 0.1
2. Pengujian tarik kapal model dengan konfigurasi S/L 0,2 ; R/L 0.15
3. Pengujian tarik kapal model dengan konfigurasi S/L 0,2 ; R/L 0.2

Proses pengujian tarik ini dilakukan pada kondisi air yang tenang. Adapun langkah-langkah percobaan sebagai berikut :

- a. Kapal model disiapkan dan diatur sesuai dengan konfigurasi yang diinginkan. Penghubung berupa batang besi dipasang untuk menghubungkan ketiga lambung menjadi suatu rangkaian kapal trimaran asimetrik.
- b. Setelah instalasi lambung dilakukan, selanjutnya *load cell* di letakan di lambung utama. *Load cell* disambungkan dengan tali penarik yang terhubung dengan gulungan tali pada motor listrik. Dudukan *load cell* harus kuat agar tidak bergerak pada saat proses penarikan kapal.
- c. *Load cell* dihubungkan juga dengan data akusisi yg tersambung ke komputer untuk merekam tegangan pada tali. Pada saat proses penarikan, gaya tarik tersebut akan dirubah menjadi hambatan dan menghasilkan *output* berupa data.
- d. Sebelum dilakukan penarikan pada kapal model, beban diberikan pada kapal model untuk mencapai draft.
- e. Motor listrik dinyalakan sesuai dengan aba-aba dan dilakukan pengaturan voltage menggunakan AC voltage regulator sebagai variasi data kecepatan pada penelitian. Dalam setiap variasi voltage dilakukan tiga kali percobaan untuk mendapatkan variasi data.

- f. Pada jarak yang sudah ditentukan (sejauh 3 meter setelah kapal melaju dengan stabil) waktu diukur dan kemudian motor dimatikan dalam kondisi AC voltage regulator 0. Alat penghitung data akusisi diaktifkan pada saat kapal melaju dijarak yang ditentukan sebelumnya (3 m).
- g. Percobaan tersebut dilakukan berulang sebanyak variasi yang diinginkan penulis. Data yang didapat dari eksperimen ini adalah waktu kapal saat melaju pada jarak yang ditentukan dan data *output* dari *loadcell* yang simpan setiap variasi percobaan.



Gambar 3.16 Proses Pengujian Kapal Model

## BAB 4

### PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

#### 4.1 Hasil Eksperimen Model Fisik

Pengujian yang dilakukan pada model fisik ini menggunakan konfigurasi antar lambung trimaran asimetrik dengan variasi secara membujur (R/L). Hambatan yang didapat dari tiga variasi pengujian dengan jarak antar lambung secara membujur ini divariasikan dengan kecepatan (m/s) berdasarkan *Froude number* tertentu (Fn) 0 – 0.5.

Rasio S/L menggambarkan rasio jarak antara kedua lambung (terhadap garis tengah lambung) dengan panjang lambung. Sedangkan rasio R/L merupakan jarak antara kedua lambung (terhadap *transorm*) dengan panjang kapal. Jenis pengujian model fisik diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pengujian Model Fisik

Kondisi Uji	Model Uji	Clearance (S/L)	Stagger (R/L)
1	Trimaran	0.2	0.1
2	Trimaran	0.2	0.15
3	Trimaran	0.2	0.2

Pengujian menggunakan alat ukur ‘load cell transducer’ untuk mengukur besar (gaya) hambatan yang diletakkan di tengah model kapal dan menghasilkan *output* berupa waktu (s) dan hambatan (kg). Pada tiga variasi pengujian ini, jarak antar lambung secara melintang dibuat sama, yakni dengan jarak 40 cm dengan lintasan sejauh 3 m.

Analisa koefisien hambatan untuk pengujian ini berdasarkan persamaan 4.1.

$$C_T = \frac{R_T}{0,5 \rho (WSA)V^2} \quad (4.1)$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis (1000 kg/m<sup>3</sup>)

V = kecepatan kapal

WSA = luas bidang basah lambung kapal



$R_T$  = hambatan total kapal (kg) berdasarkan hasil pengujian.

*William Froude* mendapatkan bahwa ekstrapolasi hambatan kapal dari model menjadi kapal yang sebenarnya hanya dapat dipecahkan bila hambatan total kapal dibagi menjadi dua komponen hambatan kapal yakni hambatan gesek dan hambatan sisa.

Pada tahun 1957 ICTS di Madrid dalam konferensi internasional (ITTC 1957) mengeluarkan rumusan untuk mendapatkan nilai hambatan gesek (*Friction Coefficient,  $C_f$* ) yang dituangkan dalam persamaan 4.2 berikut:

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \quad (4.2)$$

Dimana :

$C_f$  = koefisien hambatan gesek

Re = Reynold Number

#### 4.1.1 Konfigurasi R/L 0.1

Pada jenis konfigurasi ini memiliki jarak antar lambung secara membujur sebesar 10 cm atau 0.1 m. Berikut ini merupakan *output* percobaan berupa kecepatan dan hambatan total.

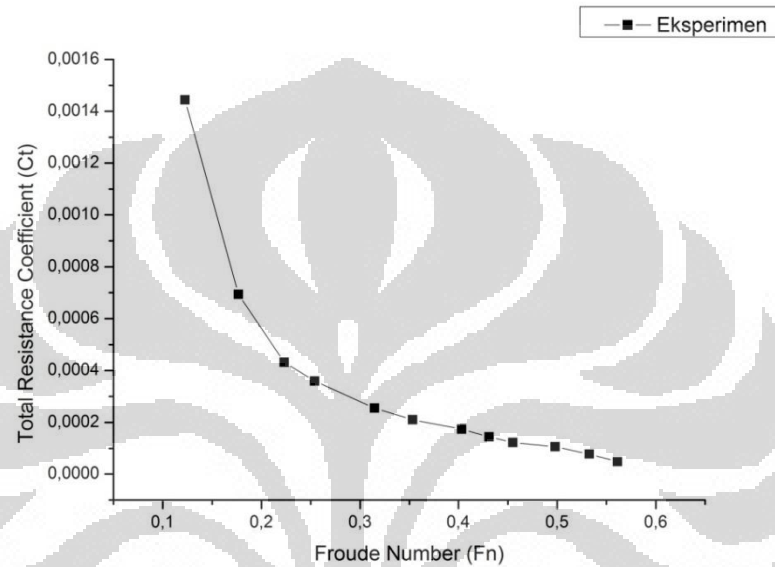
Tabel 4.2 Hasil Eksperimen R/L 0.1

V (m/s)	Rt (kg)
0,5426	0,178490243
0,7824	0,178706905
0,9872	0,178891943
1,124	0,179015543
1,3925	0,18045626
1,5642	0,179413267
1,7849	0,179612671
1,9082	0,179391738
2,0143	0,179819936
2,2051	0,17923238

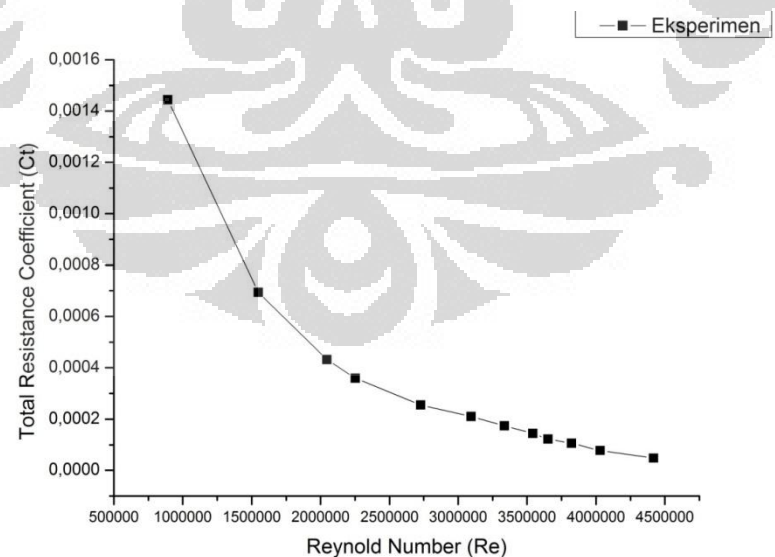
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.1

V (m/s)	Vs (knot)	Fn	Re	Ct	Rt (Kn)	Rt(kg)
0,5426	1,0548	0,1225608	767903,7356	0,0014441086	0,001771397	0,178490243
0,7824	1,5209	0,1767261	1107275,862	0,0006906311	0,001764925	0,178706905
0,9872	1,9191	0,2229858	1397114,943	0,0004322485	0,001760827	0,178891943

1,124	2,1850	0,2538857	1590718,391	0,0003327672	0,001758543	0,179015543
1,3925	2,7070	0,3145388	1970739,428	0,0002175114	0,001768471	0,18045626
1,5642	3,0408	0,3533168	2213702,586	0,0001709508	0,001752741	0,179413267
1,7849	3,4698	0,4031678	2526043,822	0,0001310215	0,001750429	0,179612671
1,9082	3,7095	0,4310189	2700544,323	0,0001151511	0,001758039	0,179391738
2,0143	3,9158	0,454984	2850697,557	0,0001026859	0,001748314	0,179819936
2,2051	4,2867	0,4980877	3120763,336	0,0000861516	0,001756477	0,17923238



Gambar 4.1a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Metode Eksperimen

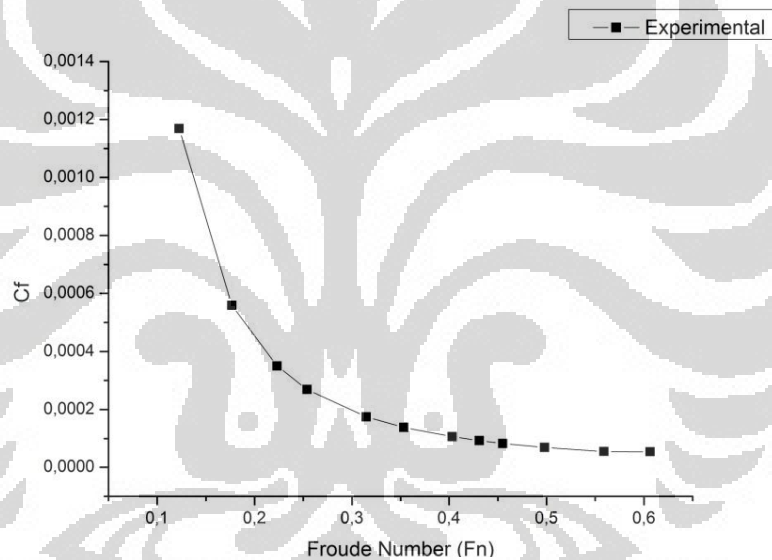


Gambar 4.1b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total R/L 0.1 Metode Eksperimen

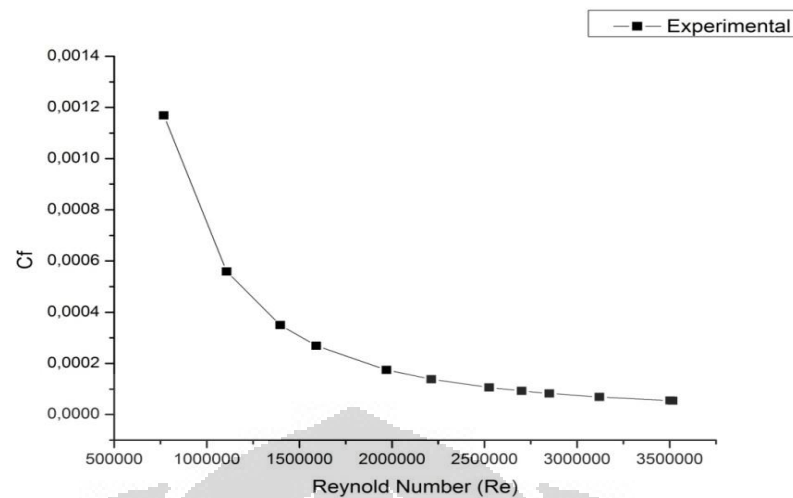
Berdasarkan pengolahan data tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai hambatan gesek kapal model dengan berdasarkan perumusan ITTC 1957.

Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.1

V (m/s)	Vs (knot)	Fn	Re	Cf	Rf(kg)
0,5426	1,0548	0,1225608	767903,7356	0,00116904	0,147256558
0,7824	1,5209	0,1767261	1107275,862	0,00055908	0,146426284
0,9872	1,9191	0,2229858	1397114,943	0,00034992	0,145901265
1,124	2,1850	0,2538857	1590718,391	0,00026938	0,145609039
1,3925	2,7070	0,3145388	1970739,428	0,00017493	0,145127937
1,5642	3,0408	0,3533168	2213702,586	0,00013839	0,144867512
1,7849	3,4698	0,4031678	2526043,822	0,00010606	0,144572416
1,9082	3,7095	0,4310189	2700544,323	9,2705E-05	0,144423298
2,0143	3,9158	0,454984	2850697,557	8,3127E-05	0,144302618
2,2051	4,2867	0,4980877	3120763,336	6,9265E-05	0,144100973



Gambar 4.2a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.1 Metode Eksperimen



Gambar 4.2b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total R/L 0.1 Metode Eksperimen

#### 4.1.2 Konfigurasi R/L 0.15

Jenis konfigurasi ini memiliki jarak antar lambung secara membujur sebesar 15 cm atau 0,15 m. Berikut merupakan *output* eksperimen berupa kecepatan dan hambatan total.

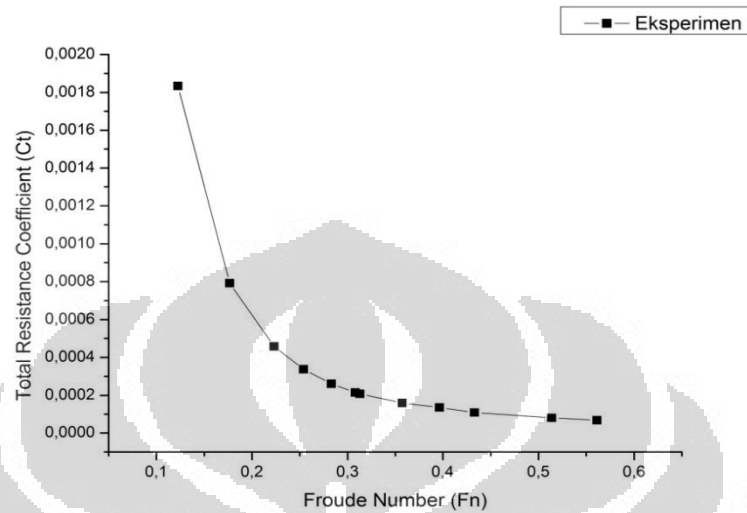
Tabel 4.5 Hasil Eksperimen R/L 0.15

V (m/s)	Rt (kg)
0,5426	0,165696339
0,7824	0,166887975
0,9872	0,167905687
1,124	0,168585486
1,253	0,169226525
1,3642	0,16977911
1,3852	0,170483367
1,5818	0,172465867
1,7547	0,171719619
1,9166	0,173349943

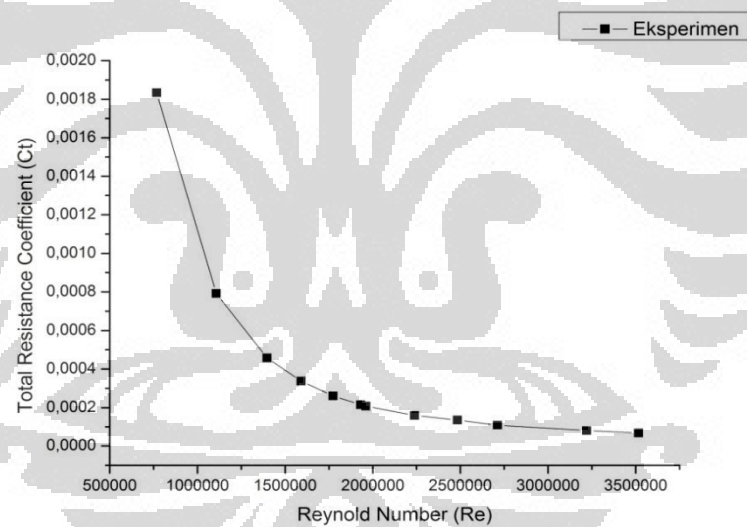
Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.15

V (m/s)	Vs (knot)	Fn	Re	Ct	Rt (kN)	Rt(kg)
0,5426	1,054821151	0,122561	767903,7356	0,0018331167	0,002263	0,165696339
0,7824	1,520995334	0,176726	1107275,862	0,0007915299	0,002032	0,166887975
0,9872	1,919129082	0,222986	1397114,943	0,0004584561	0,001873	0,167905687
1,124	2,185069984	0,253886	1590718,391	0,0003375043	0,001788	0,168585486
1,253	2,435847589	0,283024	1773283,046	0,0002615824	0,001722	0,169226525
1,3642	2,652021773	0,308141	1930656,609	0,0002148769	0,001677	0,16977911
1,3852	2,693004248	0,312903	1960491,616	0,0002076445	0,001671	0,170483367

1,5818	3,075177576	0,357308	2238711,602	0,0001592407	0,00162	0,172465867
1,7547	3,411158631	0,396346	2483303,879	0,0001356130	0,001751	0,171719619
1,9166	3,726023847	0,432931	2712523,946	0,0001084684	0,001612	0,173349943



Gambar 4.3a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Metode Eksperimen



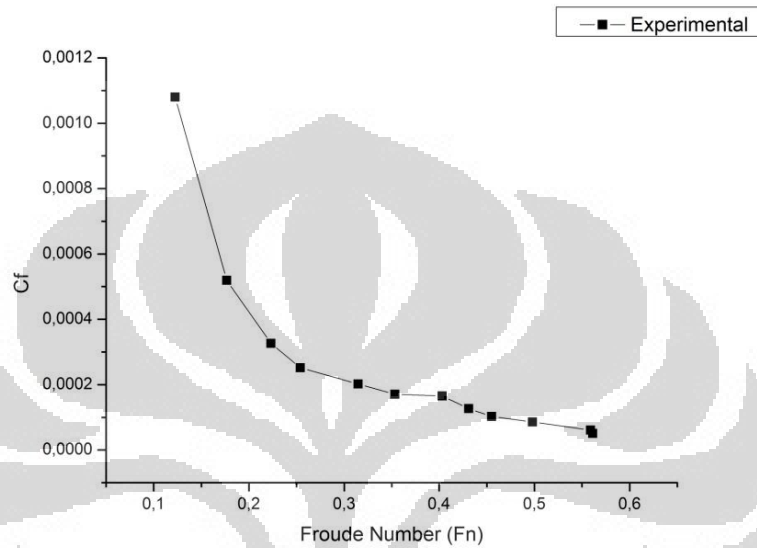
Gambar 4.3b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan R/L 0.15 Metode Eksperimen

Berdasarkan pengolahan data tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai hambatan gesek kapal model dengan berdasarkan perumusan ITTC 1957.

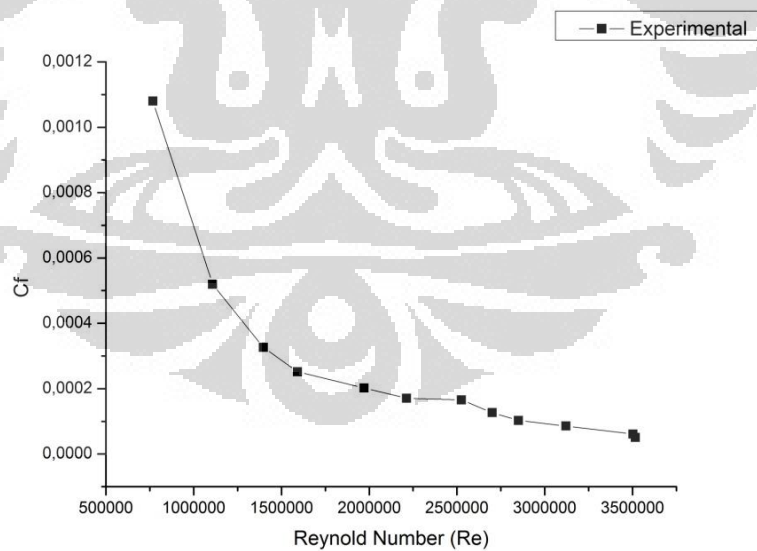
Tabel 4.7 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.15

V (m/s)	Vs (knot)	Fn	Re	Cf	Rf(kg)
0,5426	1,054821151	0,122560847	767903,7356	0,001080043	0,207276668
0,7824	1,520995334	0,176726146	1107275,862	0,000519449	0,194613104
0,9872	1,919129082	0,22298575	1397114,943	0,00032628	0,18697318

1,124	2,185069984	0,253885721	1590718,391	0,000251691	0,182840049
1,253	2,435847589	0,283023851	1773283,046	0,000202534	0,179450199
1,3642	2,652021773	0,30814137	1930656,609	0,000170862	0,176841187
1,3852	2,693004248	0,31290317	1960491,616	0,000165701	0,176374693
1,5818	3,075177576	0,357308315	2238711,602	0,000127074	0,172388856
1,7547	3,411158631	0,396346329	2483303,879	0,000103275	0,16933731
1,9166	3,726023847	0,43293087	2712523,946	8,6558E-05	0,166781588



Gambar 4.4a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.15 Metode Eksperimen



Gambar 4.4b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan R/L 0.15 Metode Eksperimen

### 4.1.3 Konfigurasi R/L 0.2

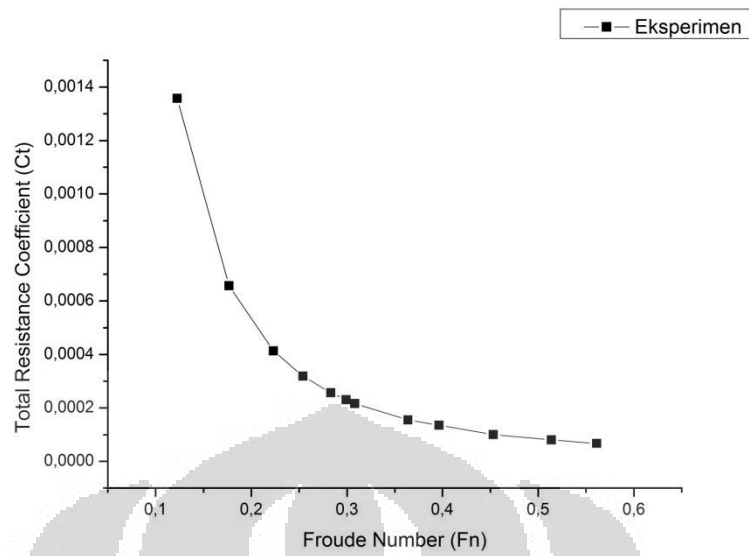
Jenis konfigurasi ini memiliki jarak antar lambung secara membujur sebesar 20 cm atau 0.2 m. Berikut merupakan *output* eksperimen berupa kecepatan dan hambatan total.

Tabel 4.8 Hasil Eksperimen R/L 0.2

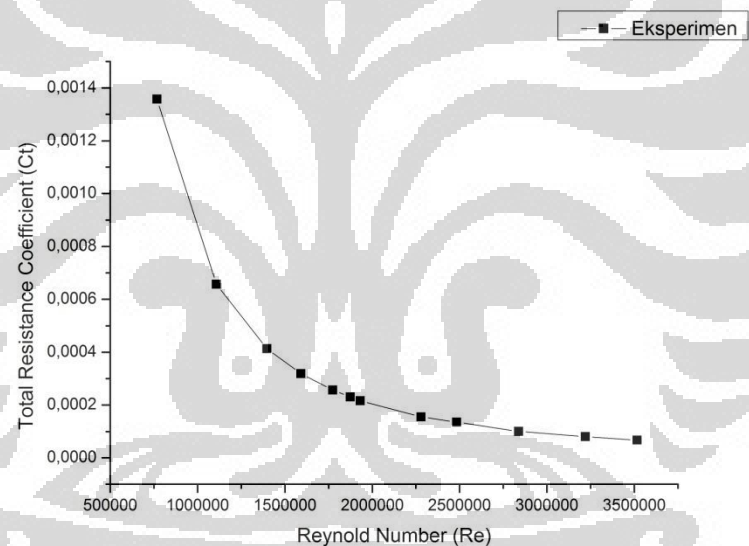
V (m/s)	Rt(kg)
0,5426	0,17100834
0,7824	0,17197573
0,9872	0,17241169
1,124	0,17250262
1,253	0,17244142
1,3241	0,17287989
1,3642	0,17227419
1,6111	0,17206418
1,7547	0,17864568
2,0059	0,16978572
2,2751	0,17818229

Tabel 4.9 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.2

V (m/s)	Vs (knot)	Fn	Re	Ct	Rt (Kn)	Rt(kg)
0,5426	1,054821151	0,122560847	767903735,6	0,0013576009	0,001675882	0,17100834
0,7824	1,520995334	0,176726146	1107275862	0,0006566348	0,001685362	0,17197573
0,9872	1,919129082	0,22298575	1397114943	0,0004134955	0,001689635	0,17241169
1,124	2,185069984	0,253885721	1590718391	0,0003191372	0,001690526	0,17250262
1,253	2,435847589	0,283023851	1773283046	0,0002567165	0,001689926	0,17244142
1,3241	2,57408762	0,299086114	1873920994	0,0002304678	0,001694223	0,17287989
1,3642	2,652021773	0,30814137	1930656609	0,0002163608	0,001688287	0,17227419
1,6111	3,132020045	0,363912905	2280092593	0,0001556711	0,001686229	0,17206418
1,7547	3,411158631	0,396346329	2483303879	0,0001356130	0,001750728	0,17864568
2,0059	3,899596386	0,453098457	2838883758	0,0001004194	0,0016639	0,16978572
2,2751	4,422822706	0,513892707	3219789,511	0,0000804596	0,001746186	0,17818229



Gambar 4.5a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Eksperimen



Gambar 4.5b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Eksperimen

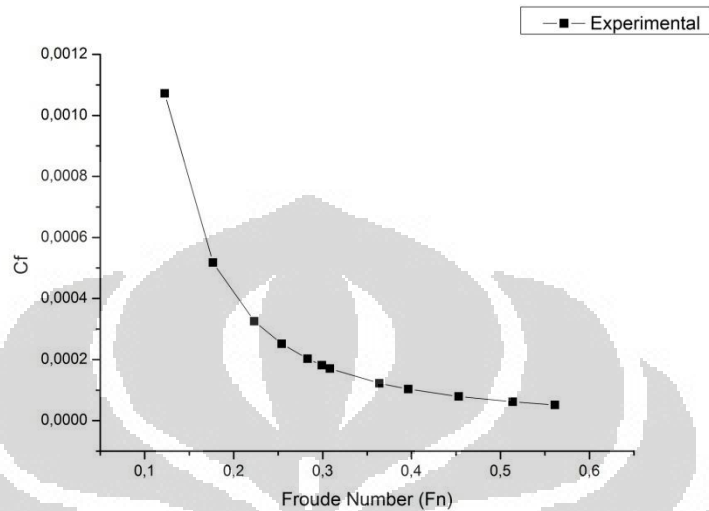
Berdasarkan pengolahan data tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai hambatan gesek kapal model dengan berdasarkan perumusan ITTC 1957.

Tabel 4.10 Hasil Pengolahan Data Eksperimen R/L 0.2

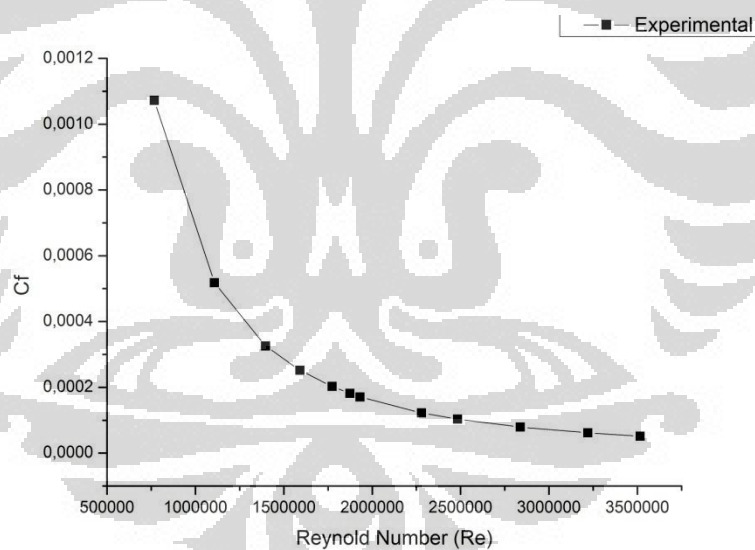
V (m/s)	Vs (knot)	Fn	Re	Cf	Rf(kg)
0,5426	1,054821151	0,122560847	767903,7356	0,001072471	0,135092391
0,7824	1,520995334	0,176726146	1107275,862	0,000517699	0,135587726
0,9872	1,919129082	0,22298575	1397114,943	0,000325937	0,135903344
1,124	2,185069984	0,253885721	1590718,391	0,000251754	0,136079828
1,253	2,435847589	0,283023851	1773283,046	0,000202805	0,136227755



1,3241	2,57408762	0,299086114	1873920,994	0,000181707	0,136302974
1,3642	2,652021773	0,30814137	1930656,609	0,000171235	0,136343636
1,6111	3,132020045	0,363912905	2280092,593	0,000122976	0,13657064
1,7547	3,411158631	0,396346329	2483303,879	0,000103762	0,136687286
2,0059	3,899596386	0,453098457	2838883,758	7,95028E-05	0,136870324



Gambar 4.6a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.2 Metode Eksperimen



Gambar 4.6b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.2 Metode Eksperimen

## 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 secara membujur. Hasil simulasi melalui program ini selanjutnya

penulis menjadikannya sebagai hasil data numerik untuk perbandingan data eksperimen.

Untuk proses perhitungan hambatan kapal menggunakan Hullspeed dengan input kecepatan kapal ( $V_s$ ) = 0 – 10 knot tanpa menghitung daya mesin induk (*main engine*) maka besarnya hambatan total  $R_T$  untuk beberapa metode (Holtrop. Compton. Fung. Van Oortmerssen. Series 60. Slender body) dapat dihasilkan.

Berdasarkan hasil running hullspeed menunjukkan bahwa metode yang paling mendekati adalah metode Slender body. Sehingga untuk selanjutnya yang menjadi acuan perhitungan hambatan adalah metode Slender body.

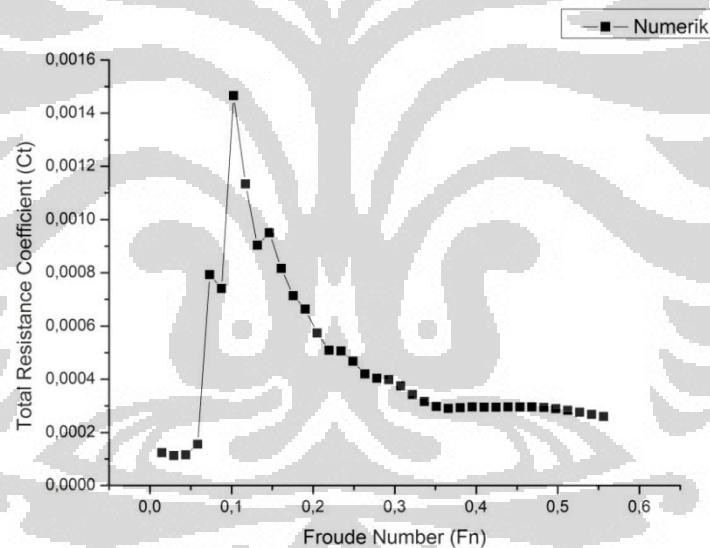
#### 4.2.1 Konfigurasi R/L 0.1

Berikut merupakan hasil metode numerik berupa kecepatan (knots) dan hambatan total (kN).

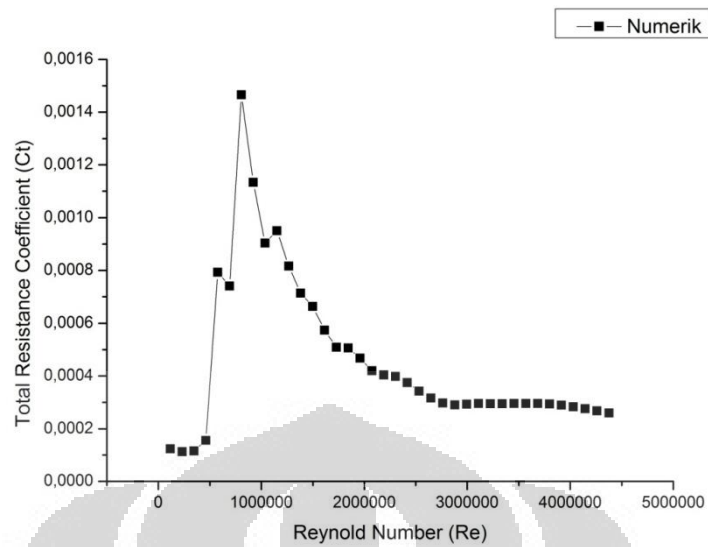
Tabel 4.11 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.1

V(kts)	v(m/s)	Rt (kN)	Rt (kg)	Fn	Re	Ct
0,125	0,0643	0,0000017	0,000173469	0,01463406	115155,4545	0,10467258
0,25	0,1286	0,0000062	0,000632653	0,029268119	230310,9091	0,02588942
0,375	0,1929	0,0000141	0,001438776	0,043902179	345466,3636	0,01143456
0,5	0,2572	0,0000342	0,003489796	0,058536239	460621,8182	0,00640342
0,625	0,3215	0,0002715	0,027704082	0,073170298	575777,2727	0,00408408
0,75	0,3858	0,0003651	0,037255102	0,087804358	690932,7273	0,00282819
0,875	0,4501	0,0009842	0,100428571	0,102438418	806088,1818	0,00207291
1	0,5144	0,0009935	0,101377551	0,117072477	921243,6364	0,00158380
1,125	0,5787	0,0010024	0,102285714	0,131706537	1036399,091	0,00124912
1,25	0,643	0,0013013	0,132785714	0,146340597	1151554,545	0,00101015
1,375	0,7073	0,0013528	0,138040816	0,160974657	1266710	0,00083360
1,5	0,7716	0,0014073	0,143602041	0,175608716	1381865,455	0,00069952
1,625	0,8359	0,0015357	0,156704082	0,190242776	1497020,909	0,00059530
1,75	0,9002	0,0015387	0,157010204	0,204876836	1612176,364	0,00051271
1,875	0,9645	0,001569	0,160102041	0,219510895	1727331,818	0,00044615
2	1,0288	0,0017758	0,181204082	0,234144955	1842487,273	0,00039173
2,125	1,0931	0,0018507	0,188846939	0,248779015	1957642,727	0,00034668
2,25	1,1574	0,0018635	0,190153061	0,263413074	2072798,182	0,00030895
2,375	1,2217	0,0019943	0,2035	0,278047134	2187953,636	0,00027706
2,5	1,286	0,0021831	0,222765306	0,292681194	2303109,091	0,00024985
2,625	1,3503	0,0022653	0,231153061	0,307315253	2418264,545	0,00022645
2,75	1,4146	0,0022729	0,231928571	0,321949313	2533420	0,00020618

2,875	1,4789	0,0022958	0,234265306	0,336583373	2648575,455	0,00018851
3	1,5432	0,0023445	0,239234694	0,351217432	2763730,909	0,00017302
3,125	1,6075	0,0024822	0,253285714	0,365851492	2878886,364	0,00015935
3,25	1,6718	0,0027129	0,276826531	0,380485552	2994041,818	0,00014724
3,375	1,7361	0,0029496	0,300979592	0,395119612	3109197,273	0,00013646
3,5	1,8004	0,0031709	0,323561224	0,409753671	3224352,727	0,00012681
3,625	1,8647	0,0033958	0,346510204	0,424387731	3339508,182	0,00011815
3,75	1,929	0,003644	0,371836735	0,439021791	3454663,636	0,00011035
3,875	1,9933	0,0038985	0,397806122	0,45365585	3569819,091	0,00010329
4	2,0576	0,004146	0,423061224	0,46828991	3684974,545	0,00009689
4,125	2,1219	0,0043812	0,447061224	0,48292397	3800130	0,00009106
4,25	2,1862	0,0045795	0,467295918	0,497558029	3915285,455	0,00008575
4,375	2,2505	0,0047491	0,484602041	0,512192089	4030440,909	0,00008088
4,5	2,3148	0,0048977	0,499765306	0,526826149	4145596,364	0,00007642
4,625	2,3791	0,0050236	0,512612245	0,541460208	4260751,818	0,00007231
4,75	2,4434	0,0051322	0,523693878	0,556094268	4375907,273	0,00006853



Gambar 4.7a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Metode Numerik



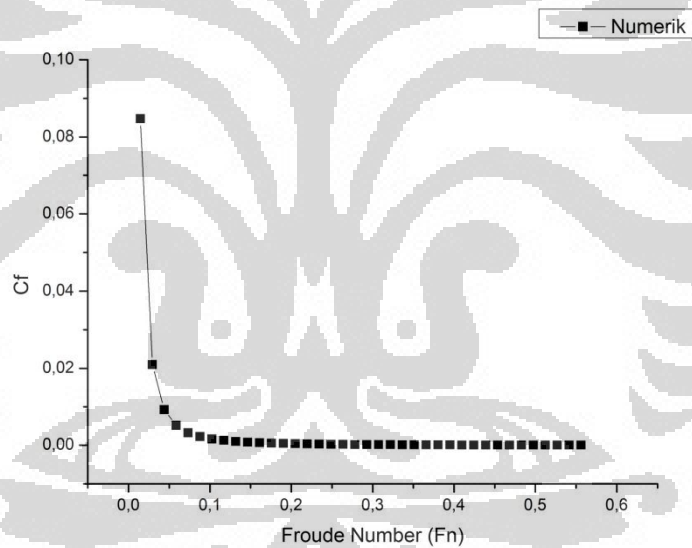
Gambar 4.7b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Metode Numerik

Kemudian berdasarkan data numerik yang ada, dihitung nilai koefisien hambatan gesek yang terbentuk.

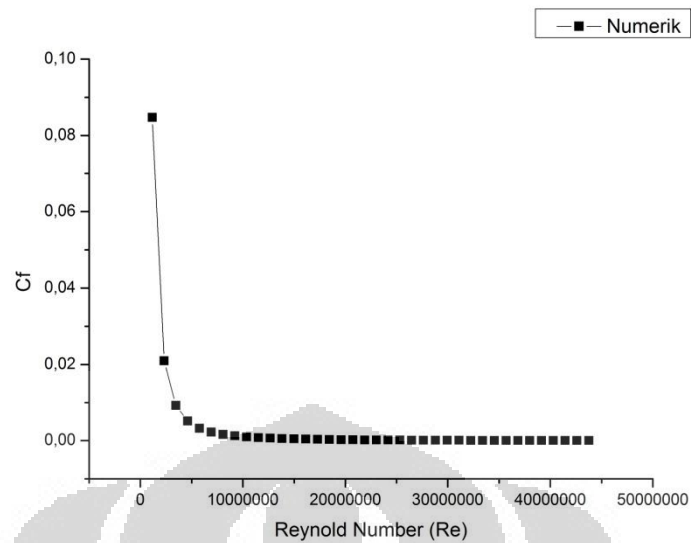
Tabel 4.12 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.1

V(kts)	v(m/s)	Fn	Re	Cf	Rf
0,125	0,0643	0,01463406	115155,4545	0,084734946	2,7703E-05
0,25	0,1286	0,029268119	230310,9091	0,020958102	0,00013672
0,375	0,1929	0,043902179	345466,3636	0,009256547	0,00037678
0,5	0,2572	0,058536239	460621,8182	0,005183718	0,00112423
0,625	0,3215	0,073170298	575777,2727	0,003306162	0,01448586
0,75	0,3858	0,087804358	690932,7273	0,002289488	0,02087663
0,875	0,4501	0,102438418	806088,1818	0,001678072	0,07096025
1	0,5144	0,117072477	921243,6364	0,001282126	0,07178845
1,125	0,5787	0,131706537	1036399,091	0,001011196	0,07258272
1,25	0,643	0,146340597	1151554,545	0,000817737	0,10015338
1,375	0,7073	0,160974657	1266710	0,000674821	0,10506606
1,5	0,7716	0,175608716	1381865,455	0,000566276	0,11031273
1,625	0,8359	0,190242776	1497020,909	0,000481911	0,12285993
1,75	0,9002	0,204876836	1612176,364	0,00041505	0,12315611
1,875	0,9645	0,219510895	1727331,818	0,000361169	0,12615511
2	1,0288	0,234144955	1842487,273	0,000317117	0,14697609
2,125	1,0931	0,248779015	1957642,727	0,000280644	0,15466184
2,25	1,1574	0,263413074	2072798,182	0,000250106	0,15598266
2,375	1,2217	0,278047134	2187953,636	0,000224285	0,16959963
2,5	1,286	0,292681194	2303109,091	0,000202257	0,18962331
2,625	1,3503	0,307315253	2418264,545	0,000183315	0,19847075
2,75	1,4146	0,321949313	2533420	0,000166908	0,1992926

2,875	1,4789	0,336583373	2648575,455	0,000152605	0,20177285
3	1,5432	0,351217432	2763730,909	0,000140061	0,20706663
3,125	1,6075	0,365851492	2878886,364	0,000128999	0,22217301
3,25	1,6718	0,380485552	2994041,818	0,000119194	0,24792002
3,375	1,7361	0,395119612	3109197,273	0,000110464	0,27487426
3,5	1,8004	0,409753671	3224352,727	0,000102657	0,30053759
3,625	1,8647	0,424387731	3339508,182	9,56476E-05	0,32705109
3,75	1,929	0,439021791	3454663,636	8,93305E-05	0,35679115
3,875	1,9933	0,45365585	3569819,091	8,36179E-05	0,3877819
4	2,0576	0,46828991	3684974,545	7,84349E-05	0,41837787
4,125	2,1219	0,48292397	3800130	7,37183E-05	0,44785227
4,25	2,1862	0,497558029	3915285,455	6,94137E-05	0,47299247
4,375	2,2505	0,512192089	4030440,909	6,54745E-05	0,49469743
4,5	2,3148	0,526826149	4145596,364	6,18606E-05	0,51386463
4,625	2,3791	0,541460208	4260751,818	5,85372E-05	0,53021077
4,75	2,4434	0,556094268	4375907,273	5,5474E-05	0,54438801



Gambar 4.8a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.1 Metode Numerik



Gambar 4.8b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.1 Metode Numerik

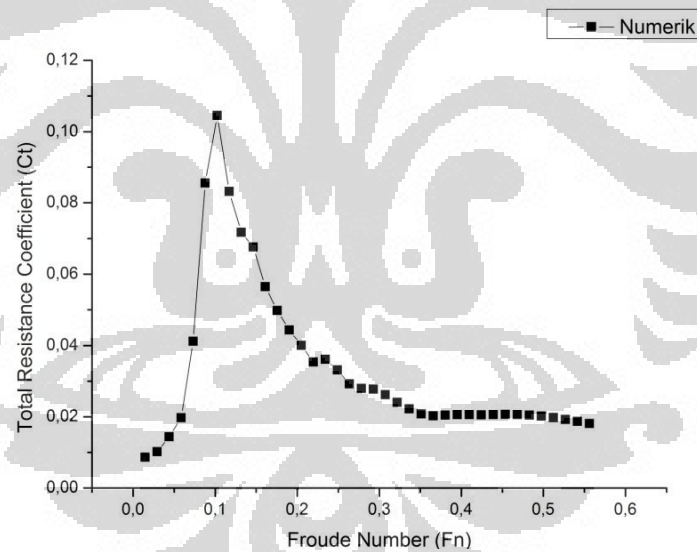
#### 4.2.2 Konfigurasi R/L 0.15

Berikut merupakan hasil metode numerik berupa kecepatan (knots) dan hambatan total (kN).

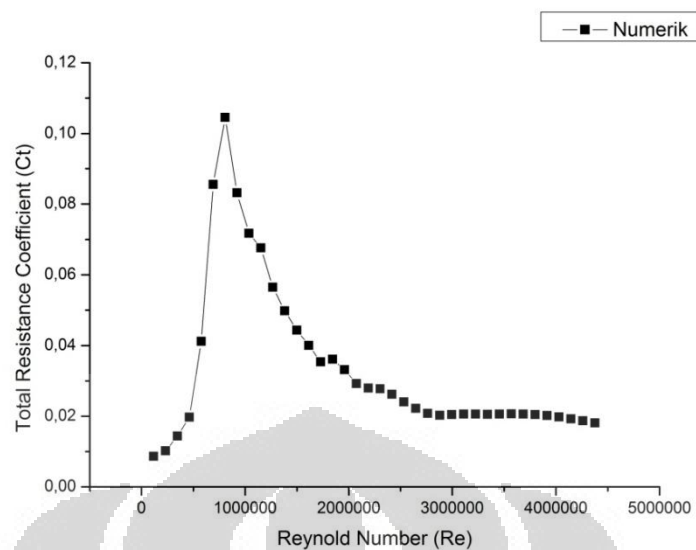
Tabel 4.13 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.15

V(kts)	v(m/s)	Rt (kN)	Rt (kg)	Fn	Re	Ct
0,125	0,0643	0,000017	0,001734694	0,01463406	115155,4545	0,093389995
0,25	0,1286	0,000079	8,06122E-06	0,029268119	230310,9091	0,023347499
0,375	0,1929	0,000253	2,58163E-05	0,043902179	345466,3636	0,010376666
0,5	0,2572	0,000615	6,27551E-05	0,058536239	460621,8182	0,005836875
0,625	0,3215	0,002007	0,000204796	0,073170298	575777,2727	0,0037356
0,75	0,3858	0,006002	0,000612449	0,087804358	690932,7273	0,002594167
0,875	0,4501	0,009987	0,001019082	0,102438418	806088,1818	0,001905918
1	0,5144	0,010375	0,001058673	0,117072477	921243,6364	0,001459219
1,125	0,5787	0,011325	0,001155612	0,131706537	1036399,091	0,001152963
1,25	0,643	0,013171	0,00134398	0,146340597	1151554,545	0,0009339
1,375	0,7073	0,01332	0,001359184	0,160974657	1266710	0,000771818
1,5	0,7716	0,013978	0,001426327	0,175608716	1381865,455	0,000648542
1,625	0,8359	0,014606	0,001490408	0,190242776	1497020,909	0,000552604
1,75	0,9002	0,015304	0,001561633	0,204876836	1612176,364	0,00047648
1,875	0,9645	0,015512	0,001582857	0,219510895	1727331,818	0,000415067
2	1,0288	0,018024	0,001839184	0,234144955	1842487,273	0,000364805
2,125	1,0931	0,018679	0,00190602	0,248779015	1957642,727	0,000323149
2,25	1,1574	0,018483	0,00188602	0,263413074	2072798,182	0,000288241
2,375	1,2217	0,019659	0,00200602	0,278047134	2187953,636	0,000258698
2,5	1,286	0,021628	0,002206939	0,292681194	2303109,091	0,000233475

2,625	1,3503	0,022547	0,002300714	0,307315253	2418264,545	0,000211769
2,75	1,4146	0,022687	0,002315	0,321949313	2533420	0,000192955
2,875	1,4789	0,022934	0,002340204	0,336583373	2648575,455	0,000176541
3	1,5432	0,023383	0,00238602	0,351217432	2763730,909	0,000162135
3,125	1,6075	0,024705	0,002520918	0,365851492	2878886,364	0,000149424
3,25	1,6718	0,026971	0,002752143	0,380485552	2994041,818	0,000138151
3,375	1,7361	0,029309	0,002990714	0,395119612	3109197,273	0,000128107
3,5	1,8004	0,031506	0,003214898	0,409753671	3224352,727	0,00011912
3,625	1,8647	0,033737	0,003442551	0,424387731	3339508,182	0,00011046
3,75	1,929	0,036202	0,003694082	0,439021791	3454663,636	0,000103767
3,875	1,9933	0,038738	0,003952857	0,45365585	3569819,091	9,718E-05
4	2,0576	0,041208	0,004204898	0,46828991	3684974,545	9,12012E-05
4,125	2,1219	0,043557	0,004444592	0,48292397	3800130	8,57576E-05
4,25	2,1862	0,04554	0,004646939	0,497558029	3915285,455	8,07872E-05
4,375	2,2505	0,047235	0,004819898	0,512192089	4030440,909	7,62367E-05
4,5	2,3148	0,048717	0,004971122	0,526826149	4145596,364	7,20602E-05
4,625	2,3791	0,04997	0,00509898	0,541460208	4260751,818	6,82177E-05
4,75	2,4434	0,051054	0,005209592	0,556094268	4375907,273	6,46745E-05



Gambar 4.9a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Metode Numerik



Gambar 4.9b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Metode Numerik

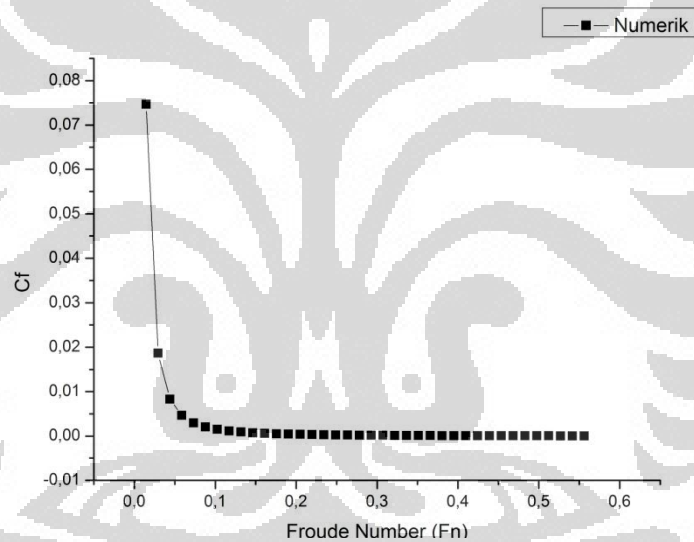
Kemudian berdasarkan data numerik yang ada, dihitung nilai koefisien hambatan gesek yang terbentuk.

Tabel 4.14 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.15

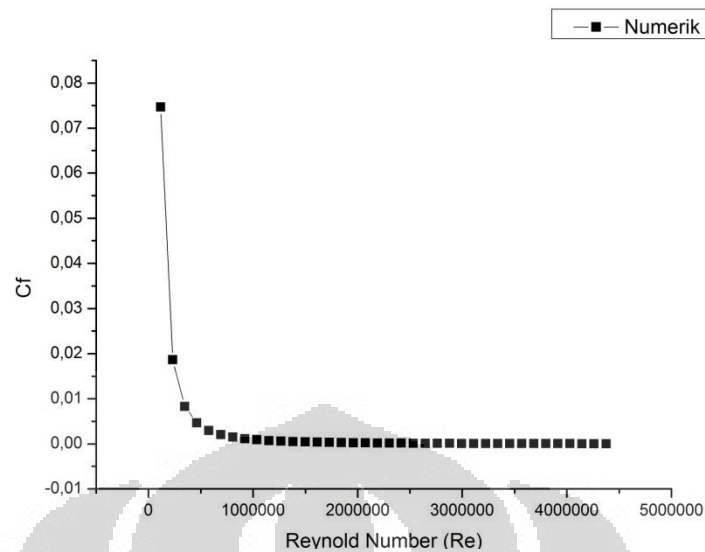
V(kts)	v(m/s)	Fn	Re	Cf	Rf
0,125	0,0643	0,01463406	115155,4545	0,074711996	0,001432
0,25	0,1286	0,029268119	230310,9091	0,018677999	0,007153
0,375	0,1929	0,043902179	345466,3636	0,008301333	0,024196
0,5	0,2572	0,058536239	460621,8182	0,0046695	0,061324
0,625	0,3215	0,073170298	575777,2727	0,00298848	0,211567
0,75	0,3858	0,087804358	690932,7273	0,002075333	0,666128
0,875	0,4501	0,102438418	806088,1818	0,001524735	1,135246
1	0,5144	0,117072477	921243,6364	0,001167375	1,181465
1,125	0,5787	0,131706537	1036399,091	0,00092237	1,294969
1,25	0,643	0,146340597	1151554,545	0,00074712	1,516779
1,375	0,7073	0,160974657	1266710	0,000617455	1,534749
1,5	0,7716	0,175608716	1381865,455	0,000518833	1,614219
1,625	0,8359	0,190242776	1497020,909	0,000442083	1,69023
1,75	0,9002	0,204876836	1612176,364	0,000381184	1,774893
1,875	0,9645	0,219510895	1727331,818	0,000332053	1,800158
2	1,0288	0,234144955	1842487,273	0,000291844	2,106481
2,125	1,0931	0,248779015	1957642,727	0,000258519	2,186697
2,25	1,1574	0,263413074	2072798,182	0,000230593	2,16268
2,375	1,2217	0,278047134	2187953,636	0,000206958	2,306961
2,5	1,286	0,292681194	2303109,091	0,00018678	2,549433
2,625	1,3503	0,307315253	2418264,545	0,000169415	2,662965
2,75	1,4146	0,321949313	2533420	0,000154364	2,680279



2,875	1,4789	0,336583373	2648575,455	0,000141233	2,71084
3	1,5432	0,351217432	2763730,909	0,000129708	2,766432
3,125	1,6075	0,365851492	2878886,364	0,000119539	2,930402
3,25	1,6718	0,380485552	2994041,818	0,000110521	3,212408
3,375	1,7361	0,395119612	3109197,273	0,000102486	3,504544
3,5	1,8004	0,409753671	3224352,727	9,52959E-05	3,780065
3,625	1,8647	0,424387731	3339508,182	8,88371E-05	4,060775
3,75	1,929	0,439021791	3454663,636	8,30133E-05	4,371943
3,875	1,9933	0,45365585	3569819,091	7,7744E-05	4,693114
4	2,0576	0,46828991	3684974,545	7,29609E-05	5,006879
4,125	2,1219	0,48292397	3800130	6,86061E-05	5,306097
4,25	2,1862	0,497558029	3915285,455	6,46298E-05	5,559285
4,375	2,2505	0,512192089	4030440,909	6,09894E-05	5,776114
4,5	2,3148	0,526826149	4145596,364	5,76481E-05	5,965996
4,625	2,3791	0,541460208	4260751,818	5,45741E-05	6,12675
4,75	2,4434	0,556094268	4375907,273	5,17396E-05	6,265975



Gambar 4.10a. Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.15 Metode Numerik



Gambar 4.10b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Gesek Kapal R/L 0.15 Metode Numerik

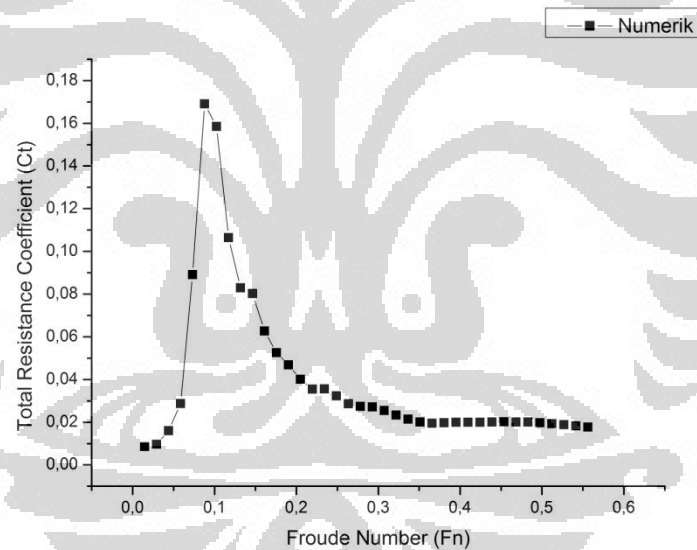
#### 4.2.3 Konfigurasi R/L 0.2

Berikut merupakan hasil metode numerik berupa kecepatan (knots) dan hambatan total (kN).

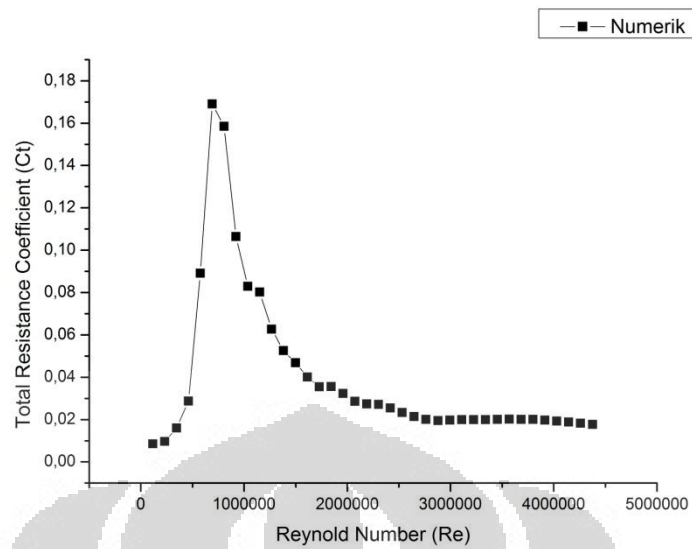
Tabel 4.15 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.2

V(kts)	v(m/s)	Rt (kN)	Rt (kg)	Fn	Re	Ct
0,125	0,0643	0,000017	0,001734694	0,01463406	115155,4545	0,09805949
0,25	0,1286	0,000076	0,007755102	0,029268119	230310,9091	0,02451487
0,375	0,1929	0,000283	0,028877551	0,043902179	345466,3636	0,01089550
0,5	0,2572	0,000896	0,091428571	0,058536239	460621,8182	0,00612872
0,625	0,3215	0,004341	0,442959184	0,073170298	575777,2727	0,00392238
0,75	0,3858	0,011873	1,211530612	0,087804358	690932,7273	0,00272387
0,875	0,4501	0,015144	1,545306122	0,102438418	806088,1818	0,00200121
1	0,5144	0,013274	1,354489796	0,117072477	921243,6364	0,00153218
1,125	0,5787	0,01309	1,335714286	0,131706537	1036399,091	0,00121061
1,25	0,643	0,015634	1,595306122	0,146340597	1151554,545	0,00098059
1,375	0,7073	0,014794	1,509591837	0,160974657	1266710	0,00081041
1,5	0,7716	0,014757	1,505816327	0,175608716	1381865,455	0,00068097
1,625	0,8359	0,015453	1,576836735	0,190242776	1497020,909	0,00058023
1,75	0,9002	0,015329	1,564183673	0,204876836	1612176,364	0,00050030
1,875	0,9645	0,015595	1,591326531	0,219510895	1727331,818	0,00043582
2	1,0288	0,017781	1,814387755	0,234144955	1842487,273	0,00038304
2,125	1,0931	0,018209	1,858061224	0,248779015	1957642,727	0,00033931
2,25	1,1574	0,018075	1,844387755	0,263413074	2072798,182	0,00030265
2,375	1,2217	0,01927	1,966326531	0,278047134	2187953,636	0,00027163
2,5	1,286	0,021166	2,159795918	0,292681194	2303109,091	0,00024515

2,625	1,3503	0,02198	2,242857143	0,307315253	2418264,545	0,00022236
2,75	1,4146	0,022015	2,246428571	0,321949313	2533420	0,00020260
2,875	1,4789	0,022195	2,264795918	0,336583373	2648575,455	0,00018537
3	1,5432	0,022609	2,307040816	0,351217432	2763730,909	0,00017024
3,125	1,6075	0,023887	2,43744898	0,365851492	2878886,364	0,00015690
3,25	1,6718	0,026128	2,666122449	0,380485552	2994041,818	0,00014506
3,375	1,7361	0,028434	2,901428571	0,395119612	3109197,273	0,00013451
3,5	1,8004	0,030604	3,122857143	0,409753671	3224352,727	0,00012508
3,625	1,8647	0,032822	3,349183673	0,424387731	3339508,182	0,00011660
3,75	1,929	0,03527	3,598979592	0,439021791	3454663,636	0,00010895
3,875	1,9933	0,0378	3,857142857	0,45365585	3569819,091	0,00010204
4	2,0576	0,040241	4,10622449	0,46828991	3684974,545	0,00009576
4,125	2,1219	0,042591	4,346020408	0,48292397	3800130	0,00009005
4,25	2,1862	0,044554	4,546326531	0,497558029	3915285,455	0,00008483
4,375	2,2505	0,046258	4,720204082	0,512192089	4030440,909	0,00008005
4,5	2,3148	0,047743	4,871734694	0,526826149	4145596,364	0,00007566
4,625	2,3791	0,04899	4,998979592	0,541460208	4260751,818	0,00007163
4,75	2,4434	0,050076	5,109795918	0,556094268	4375907,273	0,00006791



Gambar 4.11a. Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Numerik



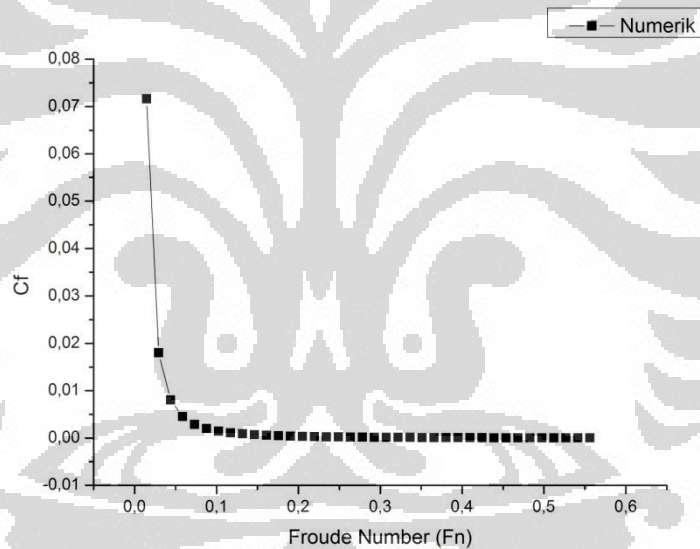
Gambar 4.11b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Numerik

Kemudian berdasarkan data numerik yang ada, dihitung nilai koefisien hambatan gesek yang terbentuk.

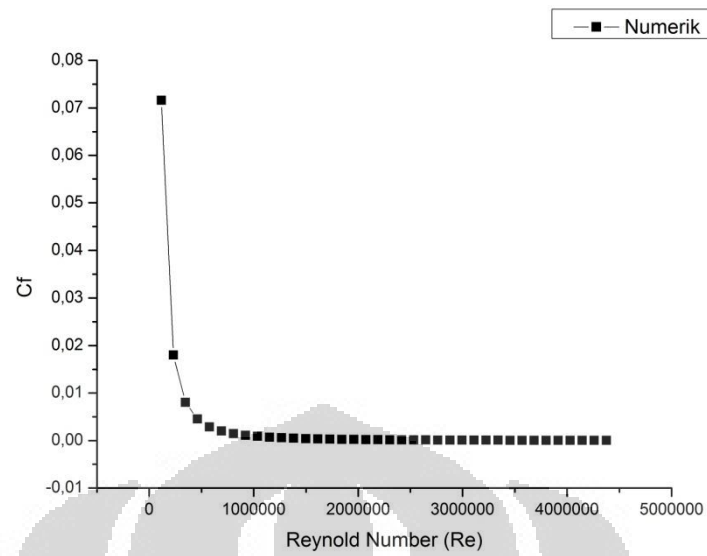
Tabel 4.16 Hasil Pengolahan Data Numerik R/L 0.2

V(kts)	v(m/s)	Fn	Re	Cf	Rf
0,125	0,0643	0,01463406	115155,4545	0,071621595	0,126692682
0,25	0,1286	0,029268119	230310,9091	0,018029941	0,1275739
0,375	0,1929	0,043902179	345466,3636	0,008045864	0,128092217
0,5	0,2572	0,058536239	460621,8182	0,004538837	0,128461246
0,625	0,3215	0,073170298	575777,2727	0,002911345	0,128748219
0,75	0,3858	0,087804358	690932,7273	0,002025457	0,128983169
0,875	0,4501	0,102438418	806088,1818	0,001490386	0,129182151
1	0,5144	0,117072477	921243,6364	0,001142602	0,129354765
1,125	0,5787	0,131706537	1036399,091	0,00090386	0,129507213
1,25	0,643	0,146340597	1151554,545	0,000732899	0,129643734
1,375	0,7073	0,160974657	1266710	0,000606279	0,129767357
1,5	0,7716	0,175608716	1381865,455	0,000509886	0,129880318
1,625	0,8359	0,190242776	1497020,909	0,000434807	0,129984319
1,75	0,9002	0,204876836	1612176,364	0,000375188	0,130080684
1,875	0,9645	0,219510895	1727331,818	0,000327056	0,130170461
2	1,0288	0,234144955	1842487,273	0,000287637	0,130254498
2,125	1,0931	0,248779015	1957642,727	0,000254947	0,130333489
2,25	1,1574	0,263413074	2072798,182	0,000227537	0,130408006
2,375	1,2217	0,278047134	2187953,636	0,000204326	0,130478534
2,5	1,286	0,292681194	2303109,091	0,000184499	0,130545477
2,625	1,3503	0,307315253	2418264,545	0,000167428	0,130609186

2,75	1,4146	0,321949313	2533420	0,000152624	0,13066996
2,875	1,4789	0,336583373	2648575,455	0,000139703	0,130728058
3	1,5432	0,351217432	2763730,909	0,000128358	0,130783707
3,125	1,6075	0,365851492	2878886,364	0,000118343	0,130837106
3,25	1,6718	0,380485552	2994041,818	0,000109458	0,130888432
3,375	1,7361	0,395119612	3109197,273	0,000101538	0,130937839
3,5	1,8004	0,409753671	3224352,727	9,44495E-05	0,130985467
3,625	1,8647	0,424387731	3339508,182	8,80789E-05	0,131031439
3,75	1,929	0,439021791	3454663,636	8,23328E-05	0,131075868
3,875	1,9933	0,453655585	3569819,091	7,71319E-05	0,131118855
4	2,0576	0,46828991	3684974,545	7,24095E-05	0,13116049
4,125	2,1219	0,48292397	3800130	6,81085E-05	0,131200857
4,25	2,1862	0,497558029	3915285,455	6,41802E-05	0,13124003
4,375	2,2505	0,512192089	4030440,909	6,05827E-05	0,131278078
4,5	2,3148	0,526826149	4145596,364	5,72799E-05	0,131315066
4,625	2,3791	0,541460208	4260751,818	5,42404E-05	0,13135105
4,75	2,4434	0,556094268	4375907,273	5,14369E-05	0,131386083

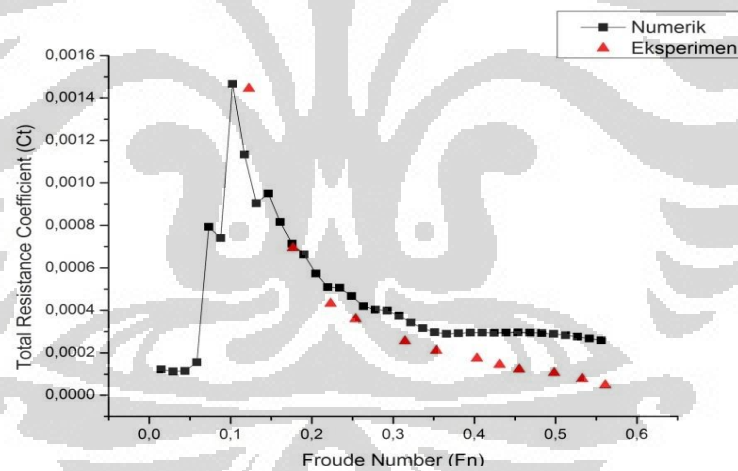


Gambar 4.12a. Koefisien Hambatan Total Gesek R/L 0,2 Metode Numerik

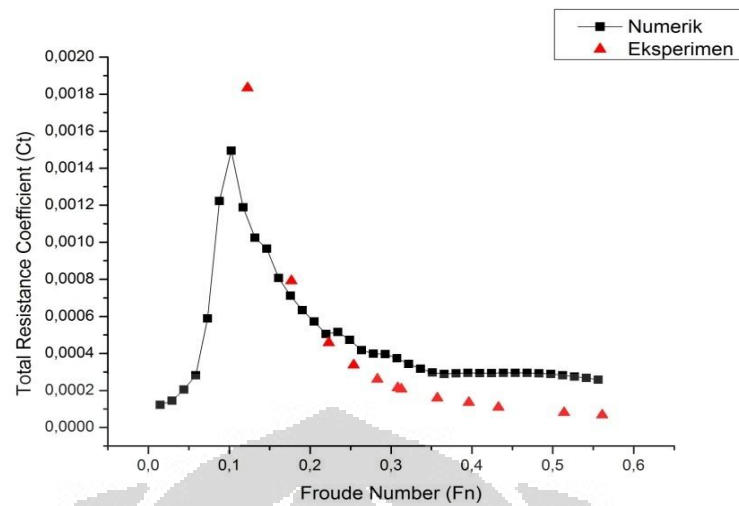


Gambar 4.12b. Hubungan Reynold Number dan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Metode Numerik

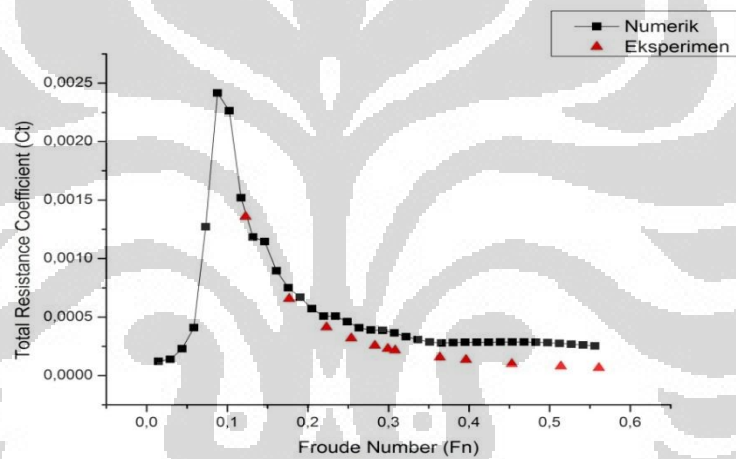
### 4.3 Komparasi Hasil Eksperimen dan Numerik (Simulasi Maxsurf)



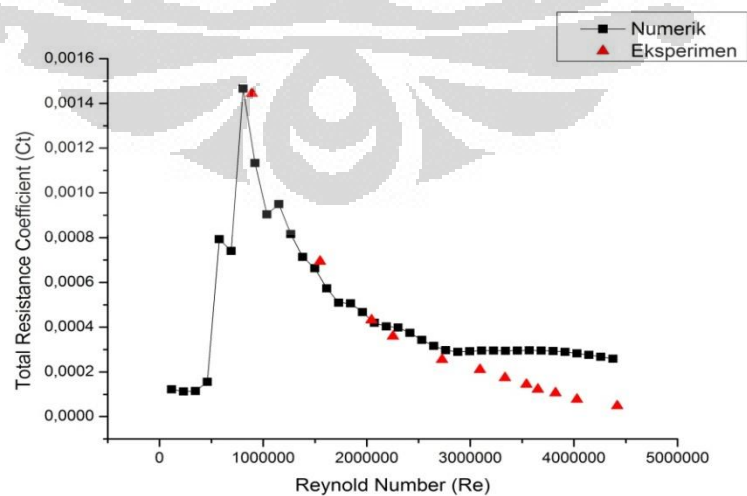
Gambar 4.13. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Froude Number



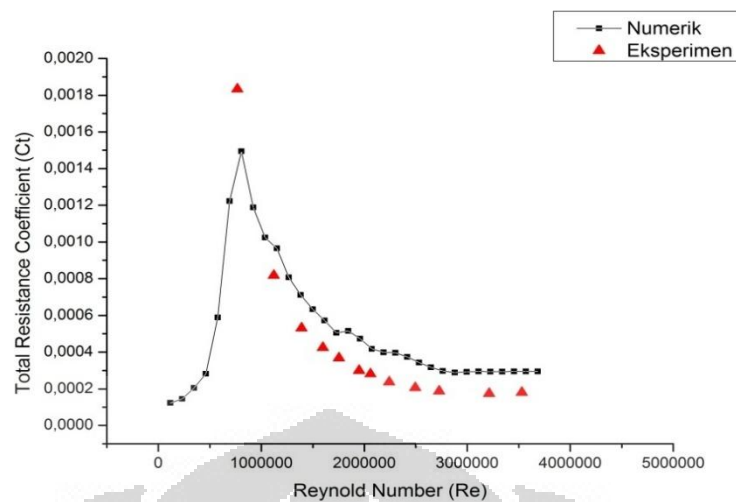
Gambar 4.14. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Froude Number



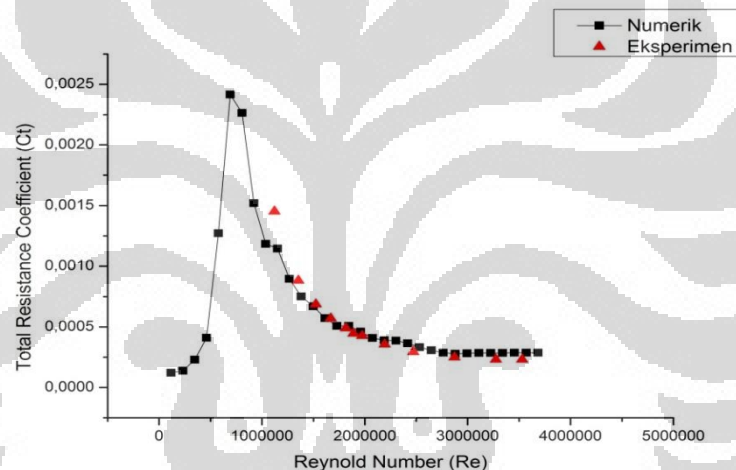
Gambar 4.15. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Froude Number



Gambar 4.16. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.1 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Reynold Number



Gambar 4.17. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.15 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Reynold Number



Gambar 4.18. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal R/L 0.2 Data Eksperimen dan Numerik terhadap Reynold Number

#### 4.4 Analisa Hasil Eksperimen dan Numerik

##### 4.4.1 Analisa Grafik

##### 4.4.1.1 Analisa Grafik Froude Number dan Koefisien Hambatan Total

Hasil pengujian untuk konfigurasi lambung trimaran secara membujur dengan rasio  $R/L = 0.1-0.2$  dapat dilihat pada Gambar 4.1a-4.12b dan komparasi hasil metode eksperimen dan numerik terdapat pada Gambar 4.13-4.18.

Secara umum Gambar 4.13-4.18 tersebut memperlihatkan perbandingan nilai koefisien hambatan yang dihasilkan oleh metode eksperimen dan metode numerik disetiap konfigurasi ( $R/L 0.1-0.2$ ). Berdasarkan pada setiap Gambar yang dihasilkan. menunjukkan bahwa puncak hambatan total (*hump*



*resistance*) terjadi sebanyak satu kali dan selanjutnya mengalami penurunan nilai seiring dengan penambahan kecepatan kapal.

Pada Gambar 4.13-4.18 terlihat bahwa masing-masing hambatan yang dihasilkan oleh metode numerik memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan metode eksperimen. Perbedaan yang sangat signifikan terjadi pada bilangan Froude  $> 0.4$  seperti pada Gambar 4.13-4.15 dengan persentase sebesar 4.67%-5.20%. Namun untuk bilangan Froude  $< 0.4$  dapat dikatakan bahwa baik metode eksperimen maupun numerik memiliki nilai yang tidak jauh berbeda meskipun tetap didominasi oleh metode numerik sebesar  $< 4\%$ .

Tabel 4.17 Persentase Perbedaan Eksperimen dan Numerik

Nilai Fn	S/L 0.2		
	R/L 0.1	R/L 0.15	R/L 0.2
Fn $< 0.4$	2.97%	3.41%	3.76%
Fn $> 0.4$	5.20%	4.89%	4.67%

(Pengolahan Penulis. 2012)

Pada data numerik secara umum dapat ditunjukkan bahwa besar standar deviasi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan data eksperimen.

Tabel 4.18 Nilai Standar Deviasi

Nilai Standar Deviasi	S/L 0.3		
	R/L 0.1	R/L 0.15	R/L 0.2
Eksperimen	0,000392	0,000469	0,000351
Numerik	0,000298	0,000337	0,000567

(Pengolahan Penulis. 2012)

Dari daftar nilai standar deviasi dari data di atas dapat dilihat bahwa pada Konfigurasi R/L 0.1 nilai standar deviasi data eksperimen  $\approx 1.31$  kali lebih besar dari data numerik. Kemudian pada konfigurasi R/L 0.15 nilai standar deviasi data eksperimen  $\approx 1.39$  kali lebih besar dari data numerik. Dan pada konfigurasi R/L 0.2 nilai standar deviasi data eksperimen  $\approx 0.62$  kali dari data numerik.

Adanya perbedaan hasil antara metode eksperimen dan numerik disebabkan karena beberapa faktor, diantaranya perbedaan bentuk kapal (*hull form*) antara model kapal fisik dengan desain kapal model yang diakibatkan oleh tidak diikutsertakannya koefisien garis air dan koefisien penampang

tengah kapal dalam pembuatan desain. Selain itu, adanya perbedaan *fixed draft* pada numerik dan eksperimen yang berpengaruh terhadap sibakan gelombang yang terjadi dan menyebabkan *hump resistance* pada eksperimen memiliki nilai yang lebih besar serta adanya kemungkinan peralatan uji tarik yang perlu di kalibrasi ulang.

Fenomena lain yang dapat dilihat berdasarkan pada keseluruhan Gambar adalah adanya kesamaan trend (*good agreement*) pada setiap Gambar yang dihasilkan. Salah satu jenis Gambar tersebut menunjukkan hubungan antara bilangan Froude dan total koefisien hambatan ( $C_T$ ) pada kapal yang menghasilkan puncak pada nilai  $Fn$  tertentu kemudian mengalami penurunan seiring dengan penambahan bilangan Froude.

Koefisien hambatan total merupakan penggabungan dari beberapa komponen koefisien, diantaranya koefisien hambatan viskos dan koefisien hambatan gelombang. Berdasarkan pengujian yang penulis lakukan, data eksperimen mengindikasikan adanya koefisien hambatan viskos pada saat pergerakan awal model kapal. Meskipun pengujian 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. Hal ini bisa diakibatkan oleh desain model kapal dengan bilangan Froude yang rendah atau kecepatan lambat.

Komponen lain adalah koefisien hambatan gelombang. Adanya *hump resistance* pada Gambar disebabkan oleh koefisien ini. *Hump resistance* terjadi pada bilangan Froude  $\approx 0.1$  dimana fenomena *hump* ini terjadi diakibatkan oleh timbulnya gelombang pecah dan pengaruh *transorm* (Insell dan Molland, 1991). Setelah melalui *hump resistance*, selanjutnya gelombang pecah tersebut akan mengecil dan bahkan hilang yang diakibatkan oleh bentuk lambung yang pipih (*slenderness*) dan akan didominasi oleh hambatan viskos.

#### 4.4.1.2 Analisa Grafik Bilangan Reynold dan Hambatan Total

Hal yang sama juga terjadi pada grafik yang menghubungkan antara bilangan Reynold dan koefisien hambatan total kapal (Gambar 4.16-4.18).

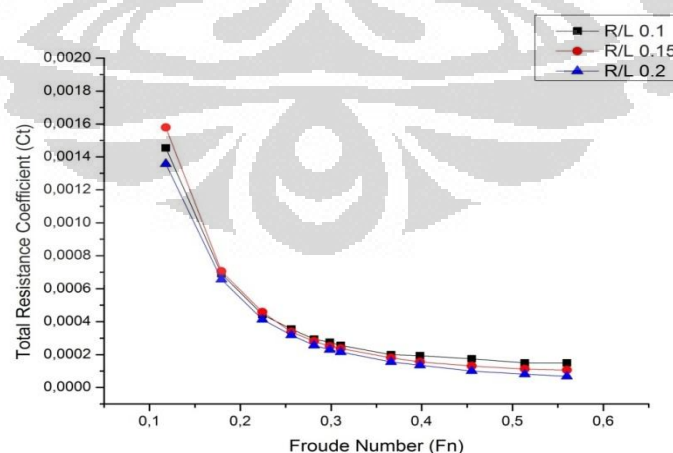
Pada Gambar tersebut menunjukkan semakin tinggi bilangan Reynold maka semakin rendah koefisien hambatan total yang dihasilkan.

Pada Gambar 4.16 memperlihatkan hubungan bilangan Reynold dan koefisien hambatan total pada metode eksperimen dimana setiap jenis konfigurasi mengalami transisi dari aliran laminar menuju aliran turbulen pada rentang nilai  $Re$   $11,51 \times 10^4$ -  $43,75 \times 10^5$ .

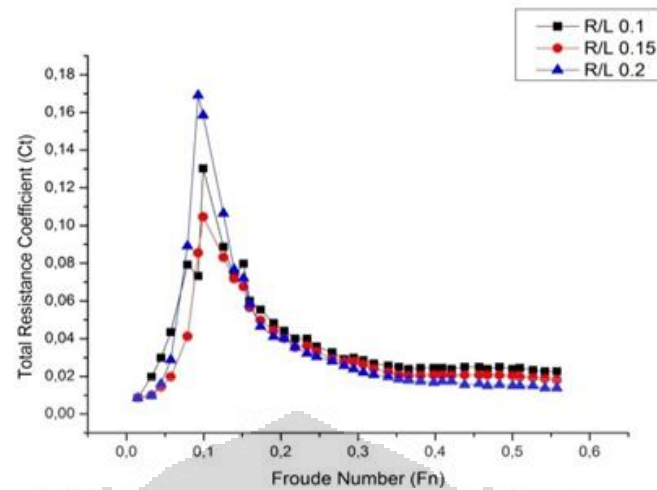
Proses aliran fluida yang terjadi pada pengujian model kapal trimaran asimetrik ini dapat terlihat membentuk aliran turbulen baik berdasarkan eksperimen maupun numerik yang ada. Hal ini diakibatkan oleh *state point* yang berada pada ujung kapal yang membelah aliran air serta adanya turbulensi pada bagian buritan kapal pada daerah penyatuan aliran air.

Berdasarkan eksperimen, aliran turbulensi yang paling besar pada konfigurasi R/L 0.1 dengan nilai  $Re$   $43,75 \times 10^5$ . Berdasarkan analisa bentuk model kapal, konfigurasi R/L 0.1 ini memiliki daerah intereferensi pemisahan air yang lebih sempit sehingga menyebabkan adanya tubrukan aliran di daerah haluan model kapal. Sedangkan pada konfigurasi R/L 0.2, wilayah pemisahan air yang terbentuk lebih terarah seiring dengan bentuk kapal model trimaran asimetrik.

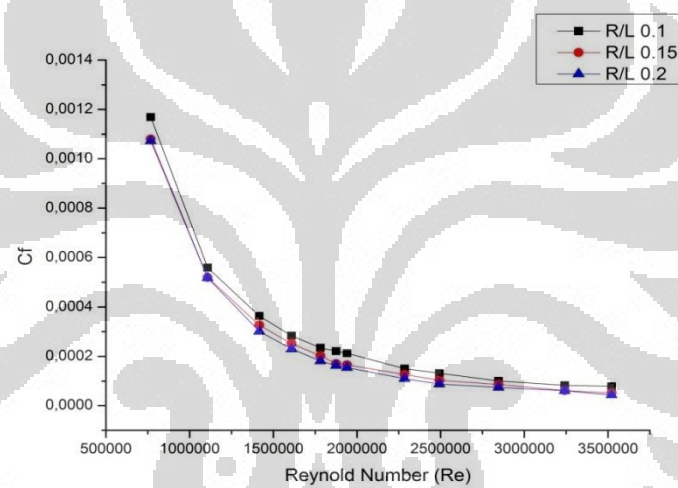
#### 4.4.2 Analisa Pengaruh Rasio R/L terhadap Hambatan Total ( $C_T$ ) dan Hambatan Gesek ( $C_F$ ) Kapal



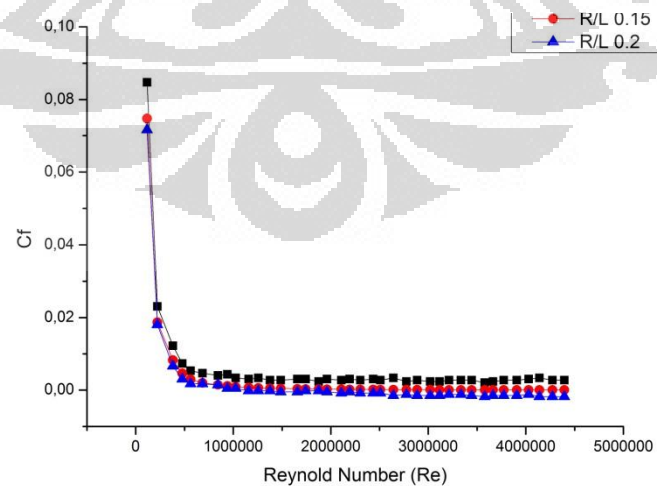
Gambar 4.19. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal terhadap Froude Number berdasarkan Data Eksperimen



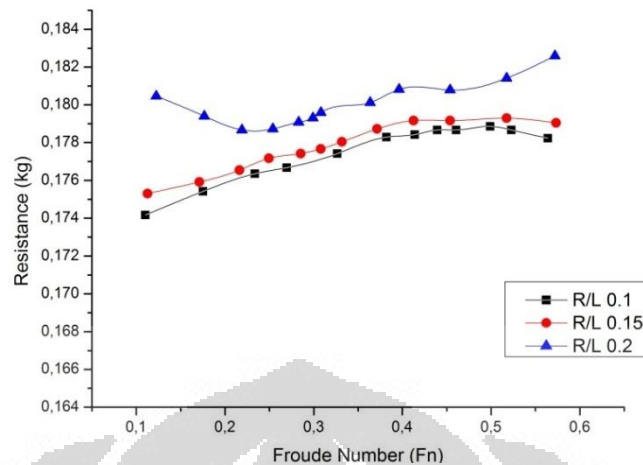
Gambar 4.20. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Total Kapal terhadap Froude Number berdasarkan Simulasi Maxsurf



Gambar 4.21. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Gesek Kapal terhadap Reynold Number berdasarkan Data Eksperimen



Gambar 4.22. Komparasi Hubungan Koefisien Hambatan Gesek Kapal terhadap Reynold Number berdasarkan Simulasi Maxsurf



Gambar 4.23. Komparasi Nilai Hambatan Kapal Model Asimetrik pada setiap Konfigurasi

#### 4.4.2.1 Analisa Pengaruh Rasio R/L terhadap Hambatan Total ( $C_T$ )

Pada Gambar 4.19-4.20 menunjukkan perbandingan hambatan total yang terjadi pada setiap konfigurasi antar lambung secara membujur (R/L) berdasarkan data hasil eksperimen dan data numerik (simulasi Maxsurf) terhadap kenaikan bilangan Froude.

Nilai hambatan pada setiap konfigurasi secara membujur (*staggered*) ini memberikan nilai koefisien hambatan total yang berbeda pada setiap konfigurasinya. Gambar 4.19 memperlihatkan hasil koefisien hambatan total melalui pengujian model kapal yang dilakukan penulis pada konfigurasi jarak antar lambung secara melintang (S/L) 0.2, menggambarkan bahwa semakin besar nilai rasio R/L maka semakin kecil pula hambatan yang dihasilkan. Penjelasan besar persentase perbedaan setiap konfigurasi akan ditunjukkan pada Tabel 4.19.

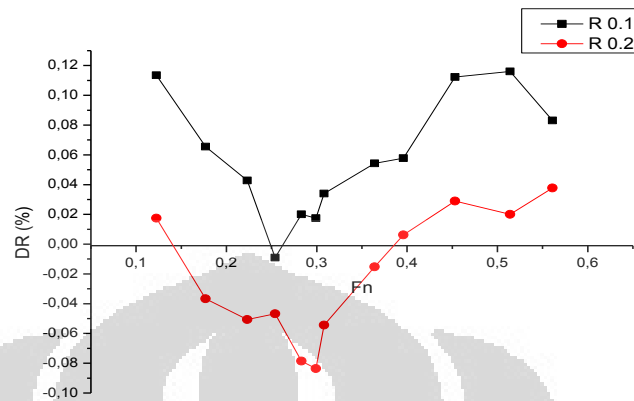
Tabel 4.19 Persentase Perbedaan Koefisien Hambatan

**Jenis Konfigurasi S/L 0.2**

**R/L = 0.1/ 0.15      15.43%**

$$R/L = 0.2/ 0.15 \quad 14.19\%$$

(Pengolahan Penulis, 2012)



Gambar 4.23. Drag Reduction

Berdasarkan pada Tabel 4.19 memperlihatkan perbandingan koefisien hambatan total pada konfigurasi R/L 0.1 terhadap koefisien hambatan total pada konfigurasi R/L 0.15 serta perbandingan koefisien hambatan total pada konfigurasi R/L 0.2 terhadap koefisien hambatan total pada konfigurasi R/L 0.15.

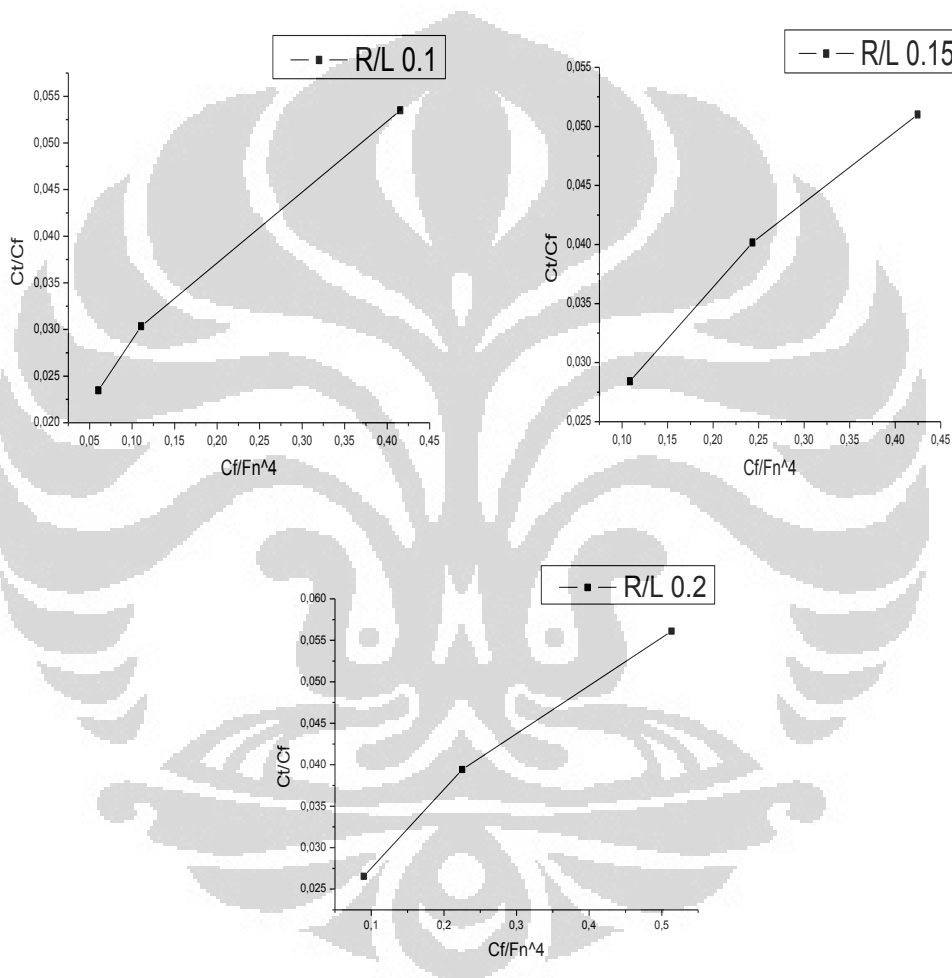
Penurunan nilai koefisien hambatan total seperti yang terjadi pada kasus ini disebabkan oleh beberapa faktor, yakni faktor interferensi hambatan bentuk (*form*), faktor interferensi hambatan gelombang (*wave*), serta faktor interferensi hambatan viskos (*viscous*) yang mempengaruhi besar koefisien hambatan total.

Dalam hal ini faktor interferensi gelombang memberikan pengaruh yang signifikan dalam penurunan besarnya koefisien hambatan total. Konfigurasi *demihull* secara membujur ( $R/L$ ) menimbulkan intereferensi gelombang yang lebih kecil dibandingkan konfigurasi *demihull* yang sejajar. Fenomena ini terjadi akibat adanya formasi pertemuan dua moda gelombang yang saling menguatkan pada konfigurasi *demihull* yang sejajar dan masing-masing berasal dari haluan (*bow*).

Sistem gelombang transversal juga memberikan kontribusi signifikan terhadap besarnya hambatan yang dihasilkan. Pada konfigurasi yang sejajar secara membujur ( $R/L = 0$ ) besarnya hambatan akan dipengaruhi oleh kuatnya

pola gelombang dan fase yang sama. Sedangkan pada konfigurasi  $R/L \neq 0$ , sistem gelombang transversal akan berkurang akibat area interaksi gelombang yang semakin kecil disepanjang *demihull* sehingga hal ini yang menyebabkan nilai hambatan pada konfigurasi *staggered hull* akan mengalami penurunan.

#### 4.4.2.2 Analisa Pengaruh Rasio R/L terhadap Hambatan Gesek ( $C_F$ )



Gambar 4.24. Pengaruh Rasio R/L terhadap Hambatan Gesek

Menurut *William Froude*, tahanan atau hambatan kapal atau model kapal dapat dipisahkan menjadi dua bagian yakni :

1. Hambatan/ Tahanan Gesek, yang disebabkan karena pengaruh gaya viskositas dan gaya inersia dari kapal atau model kapal itu sendiri.

2. Hambatan/ Tahanan Sisa, yang disebabkan karena pengaruh gaya gravitasi dan gaya inersia.

Hal yang mempengaruhi hambatan atau tahanan gesek yang terjadi pada sebuah kapal atau model diantaranya berupa pengaruh bentuk kapal atau model (*form effect*), pengaruh aliran (*flow effect*), dan pengaruh kekasaran permukaan (*roughness effect*). Dari ketiga faktor tersebut, faktor yang sangat mempengaruhi pengujian model kapal asimetrik yang dilakukan penulis merupakan *flow effect*, yang melibatkan faktor interferensi hambatan viskos (*viscous*).

Fenomena *viscous form factor* pada lambung kapal trimaran asimetrik dipengaruhi oleh perubahan aliran air yang membentuk aliran tidak simetris di sekitar lambung trimaran. Hal ini disebabkan oleh efek interaksi antara lambung utama dengan lambung sisi yang membuat kecepatan aliran dan tekanan yang terjadi relatif tidak sama atau tidak simetris dengan garis tengah dari lambung utama.

Gambar 4.22-4.23 menunjukkan grafik perbandingan hambatan gesek yang terjadi pada setiap konfigurasi jarak antar lambung secara membujur (R/L) berdasarkan data eksperimen dan numerik (simulasi Maxsurf). Dari grafik tersebut, nilai koefisien hambatan gesek yang paling kecil pada konfigurasi R/L 0.2, sehingga bisa disimpulkan bahwa semakin besar konfigurasi jarak lambung secara membujur (R/L) maka semakin kecil hambatan geseknya.

Berdasarkan data tersebut, indikasi 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.



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil percobaan ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu sebagai berikut :

- a. Metode numerik memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan metode eksperimen. Perbedaan signifikan terjadi pada bilangan Froude  $> 0.4$  dengan besar persentase 4.67%-5.20% sedangkan pada Froude Number  $> 0.4$  besar perbedaan  $< 4\%$ .
- b. Konfigurasi lambung secara membujur (R/L) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan hambatan. Semakin besar nilai R/L, maka semakin kecil nilai hambatan yang dihasilkan. Presentase perbandingan R/L 0.1/0.15 sebesar 15.43% dan presentase perbandingan R/L 0.2/0.15 adalah 14.19%. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dikatakan bahwa konfigurasi terbaik untuk mendapatkan nilai koefisien hambatan terendah adalah konfigurasi R/L 0.2.

#### **5.2 Saran**

Penelitian ini berada pada rasio S/L 0.2 dan Fn 0 – 0.5. Untuk itu, perlu dicoba penelitian dengan variasi S/L, variasi bentuk (asimetris) lain dalam rentang nilai Fn yang lebar.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Drewry Shipping Consultants (1997), *FAST FERRIES: Shaping the Ferry Market for the 21st Century*. Drewry Shipping Consultants Ltd., London.
- Eko Sasmito Hadi (2009). *Komparasi Hull Performance pada Konsep Design Kapal Ikan Multi Fungsi dengan Lambung Katamaran*, Majalah Kapal Vol VI no3. Fakultas Teknik – Universitas Diponegoro– Indonesia.
- 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.
- 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 12th 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.
- 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

### Hasil Eksperimen Kapal Model Fisik (Loadcell)

Time[sec]	R/L 0.1			R/L 0.15			R/L 0.2		
0.0010000	0,0082397	0,0076294	0,0061035	0,0067139	0,0061035	0,0061035	0,0054932	0,0085449	0,0082397
0.0020000	0,0082397	0,0079346	0,0067139	0,0070190	0,0079346	0,0057983	0,0061035	0,0042725	0,0079346
0.0030000	0,0076294	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0057983	0,0048828	0,0057983	0,0073242	0,0061035
0.0040000	0,0073242	0,0057983	0,0067139	0,0051880	0,0070190	0,0024414	0,0076294	0,0079346	0,0051880
0.0050000	0,0076294	0,0070190	0,0057983	0,0061035	0,0079346	0,0061035	0,0073242	0,0064087	0,0054932
0.0060000	0,0073242	0,0064087	0,0073242	0,0057983	0,0036621	0,0054932	0,0076294	0,0070190	0,0051880
0.0070000	0,0061035	0,0061035	0,0070190	0,0070190	0,0079346	0,0061035	0,0079346	0,0061035	0,0045776
0.0080000	0,0061035	0,0070190	0,0064087	0,0070190	0,0067139	0,0067139	0,0091553	0,0054932	0,0048828
0.0090000	0,0054932	0,0057983	0,0079346	0,0076294	0,0061035	0,0027466	0,0079346	0,0036621	0,0051880
0.0100000	0,0018311	0,0064087	0,0076294	0,0070190	0,0064087	0,0070190	0,0073242	0,0054932	0,0054932
0.0110000	0,0067139	0,0073242	0,0033569	0,0045776	0,0067139	0,0067139	0,0082397	0,0048828	0,0064087
0.0120000	0,0064087	0,0064087	0,0073242	0,0061035	0,0064087	0,0067139	0,0057983	0,0051880	0,0064087
0.0130000	0,0061035	0,0064087	0,0076294	0,0024414	0,0054932	0,0070190	0,0064087	0,0057983	0,0076294
0.0140000	0,0067139	0,0021362	0,0079346	0,0054932	0,0061035	0,0067139	0,0061035	0,0067139	0,0064087
0.0150000	0,0064087	0,0070190	0,0076294	0,0070190	0,0051880	0,0057983	0,0048828	0,0054932	0,0042725
0.0160000	0,0070190	0,0082397	0,0073242	0,0064087	0,0064087	0,0073242	0,0018311	0,0064087	0,0073242
0.0170000	0,0073242	0,0064087	0,0073242	0,0073242	0,0057983	0,0073242	0,0051880	0,0070190	0,0079346
0.0180000	0,0067139	0,0067139	0,0079346	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0054932	0,0076294	0,0082397
0.0190000	0,0076294	0,0088501	0,0067139	0,0070190	0,0054932	0,0054932	0,0057983	0,0079346	0,0082397
0.0200000	0,0079346	0,0051880	0,0030518	0,0067139	0,0070190	0,0067139	0,0061035	0,0085449	0,0082397
0.0210000	0,0082397	0,0079346	0,0064087	0,0064087	0,0067139	0,0057983	0,0054932	0,0097656	0,0082397
0.0220000	0,0085449	0,0073242	0,0073242	0,0064087	0,0061035	0,0036621	0,0061035	0,0079346	0,0061035
0.0230000	0,0076294	0,0027466	0,0067139	0,0070190	0,0070190	0,0061035	0,0067139	0,0085449	0,0067139
0.0240000	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0082397	0,0061035	0,0051880	0,0070190	0,0091553	0,0061035
0.0250000	0,0070190	0,0061035	0,0061035	0,0073242	0,0073242	0,0067139	0,0076294	0,0073242	0,0057983
0.0260000	0,0079346	0,0036621	0,0067139	0,0061035	0,0079346	0,0021362	0,0079346	0,0051880	0,0048828
0.0270000	0,0073242	0,0067139	0,0076294	0,0057983	0,0064087	0,0054932	0,0076294	0,0061035	0,0051880
0.0280000	0,0061035	0,0057983	0,0067139	0,0064087	0,0076294	0,0067139	0,0085449	0,0045776	0,0045776
0.0290000	0,0064087	0,0067139	0,0070190	0,0061035	0,0067139	0,0061035	0,0045776	0,0051880	0,0051880

0.0300000	0,0067139	0,0064087	0,0073242	0,0067139	0,0070190	0,0054932	0,0067139	0,0064087	0,0064087
0.0310000	0,0054932	0,0057983	0,0033569	0,0064087	0,0067139	0,0030518	0,0076294	0,0054932	0,0061035
0.0320000	0,0064087	0,0027466	0,0070190	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0070190	0,0057983	0,0021362
0.0330000	0,0054932	0,0061035	0,0082397	0,0061035	0,0027466	0,0070190	0,0045776	0,0064087	0,0067139
0.0340000	0,0079346	0,0067139	0,0082397	0,0070190	0,0051880	0,0073242	0,0064087	0,0061035	0,0039673
0.0350000	0,0073242	0,0073242	0,0076294	0,0064087	0,0051880	0,0073242	0,0051880	0,0064087	0,0067139
0.0360000	0,0064087	0,0076294	0,0073242	0,0061035	0,0057983	0,0079346	0,0051880	0,0070190	0,0045776
0.0370000	0,0076294	0,0076294	0,0070190	0,0057983	0,0054932	0,0073242	0,0064087	0,0070190	0,0082397
0.0380000	0,0061035	0,0067139	0,0082397	0,0070190	0,0057983	0,0064087	0,0054932	0,0079346	0,0094604
0.0390000	0,0039673	0,0076294	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0061035	0,0057983	0,0091553	0,0073242
0.0400000	0,0079346	0,0085449	0,0076294	0,0073242	0,0045776	0,0073242	0,0057983	0,0076294	0,0082397
0.0410000	0,0085449	0,0064087	0,0064087	0,0070190	0,0070190	0,0064087	0,0070190	0,0085449	0,0067139
0.0420000	0,0076294	0,0067139	0,0061035	0,0070190	0,0073242	0,0045776	0,0061035	0,0085449	0,0036621
0.0430000	0,0082397	0,0076294	0,0064087	0,0070190	0,0061035	0,0054932	0,0064087	0,0073242	0,0070190
0.0440000	0,0073242	0,0064087	0,0070190	0,0070190	0,0073242	0,0054932	0,0067139	0,0070190	0,0030518
0.0450000	0,0073242	0,0061035	0,0064087	0,0073242	0,0067139	0,0024414	0,0070190	0,0076294	0,0054932
0.0460000	0,0070190	0,0067139	0,0067139	0,0073242	0,0076294	0,0061035	0,0088501	0,0061035	0,0054932
0.0470000	0,0076294	0,0036621	0,0061035	0,0076294	0,0045776	0,0064087	0,0082397	0,0054932	0,0048828
0.0480000	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0054932	0,0073242	0,0057983	0,0085449	0,0042725	0,0054932
0.0490000	0,0067139	0,0067139	0,0057983	0,0073242	0,0070190	0,0061035	0,0082397	0,0051880	0,0051880
0.0500000	0,0061035	0,0030518	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0073242	0,0085449	0,0045776	0,0051880
0.0510000	0,0054932	0,0057983	0,0070190	0,0064087	0,0073242	0,0061035	0,0073242	0,0057983	0,0057983
0.0520000	0,0070190	0,0054932	0,0082397	0,0061035	0,0057983	0,0064087	0,0073242	0,0054932	0,0067139
0.0530000	0,0057983	0,0036621	0,0073242	0,0064087	0,0057983	0,0067139	0,0067139	0,0048828	0,0067139
0.0540000	0,0067139	0,0061035	0,0067139	0,0054932	0,0048828	0,0073242	0,0070190	0,0057983	0,0064087
0.0550000	0,0057983	0,0070190	0,0073242	0,0064087	0,0054932	0,0079346	0,0064087	0,0061035	0,0073242
0.0560000	0,0030518	0,0054932	0,0085449	0,0076294	0,0054932	0,0061035	0,0051880	0,0067139	0,0073242
0.0570000	0,0085449	0,0076294	0,0079346	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0048828	0,0079346	0,0094604
0.0580000	0,0067139	0,0079346	0,0070190	0,0079346	0,0057983	0,0067139	0,0033569	0,0067139	0,0076294
0.0590000	0,0064087	0,0076294	0,0061035	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0061035	0,0079346	0,0091553
0.0600000	0,0073242	0,0073242	0,0070190	0,0070190	0,0061035	0,0057983	0,0057983	0,0082397	0,0079346
0.0610000	0,0073242	0,0073242	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0079346	0,0073242
0.0620000	0,0076294	0,0042725	0,0064087	0,0073242	0,0070190	0,0064087	0,0061035	0,0079346	0,0073242

0.0630000	0,0076294	0,0067139	0,0045776	0,0070190	0,0064087	0,0054932	0,0073242	0,0076294	0,0067139
0.0640000	0,0082397	0,0067139	0,0064087	0,0045776	0,0048828	0,0048828	0,0064087	0,0064087	0,0061035
0.0650000	0,0076294	0,0048828	0,0076294	0,0064087	0,0070190	0,0051880	0,0070190	0,0067139	0,0048828
0.0660000	0,0070190	0,0061035	0,0057983	0,0042725	0,0073242	0,0021362	0,0079346	0,0064087	0,0048828
0.0670000	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0073242	0,0070190	0,0061035	0,0079346	0,0045776	0,0048828
0.0680000	0,0048828	0,0033569	0,0061035	0,0061035	0,0076294	0,0061035	0,0091553	0,0057983	0,0051880
0.0690000	0,0070190	0,0067139	0,0070190	0,0073242	0,0067139	0,0064087	0,0079346	0,0051880	0,0061035
0.0700000	0,0067139	0,0070190	0,0067139	0,0070190	0,0067139	0,0061035	0,0085449	0,0048828	0,0061035
0.0710000	0,0070190	0,0030518	0,0073242	0,0064087	0,0054932	0,0057983	0,0070190	0,0054932	0,0051880
0.0720000	0,0073242	0,0067139	0,0073242	0,0057983	0,0061035	0,0057983	0,0070190	0,0051880	0,0064087
0.0730000	0,0073242	0,0067139	0,0076294	0,0061035	0,0057983	0,0064087	0,0061035	0,0067139	0,0064087
0.0740000	0,0067139	0,0070190	0,0067139	0,0057983	0,0051880	0,0073242	0,0045776	0,0045776	0,0067139
0.0750000	0,0061035	0,0079346	0,0073242	0,0057983	0,0057983	0,0076294	0,0048828	0,0057983	0,0045776
0.0760000	0,0073242	0,0079346	0,0070190	0,0051880	0,0054932	0,0073242	0,0048828	0,0067139	0,0070190
0.0770000	0,0076294	0,0045776	0,0076294	0,0064087	0,0057983	0,0045776	0,0054932	0,0073242	0,0042725
0.0780000	0,0070190	0,0079346	0,0070190	0,0073242	0,0045776	0,0073242	0,0054932	0,0073242	0,0085449
0.0790000	0,0082397	0,0079346	0,0070190	0,0070190	0,0064087	0,0064087	0,0067139	0,0088501	0,0085449
0.0800000	0,0079346	0,0085449	0,0073242	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0061035	0,0082397	0,0073242
0.0810000	0,0076294	0,0073242	0,0067139	0,0054932	0,0070190	0,0051880	0,0057983	0,0088501	0,0073242
0.0820000	0,0079346	0,0079346	0,0064087	0,0064087	0,0070190	0,0061035	0,0061035	0,0082397	0,0073242
0.0830000	0,0076294	0,0064087	0,0061035	0,0061035	0,0064087	0,0021362	0,0064087	0,0079346	0,0070190
0.0840000	0,0070190	0,0073242	0,0067139	0,0070190	0,0061035	0,0045776	0,0067139	0,0076294	0,0070190
0.0850000	0,0070190	0,0057983	0,0067139	0,0070190	0,0042725	0,0067139	0,0067139	0,0076294	0,0054932
0.0860000	0,0064087	0,0057983	0,0067139	0,0067139	0,0073242	0,0057983	0,0079346	0,0061035	0,0051880
0.0870000	0,0061035	0,0054932	0,0057983	0,0076294	0,0076294	0,0067139	0,0079346	0,0064087	0,0048828
0.0880000	0,0048828	0,0064087	0,0057983	0,0067139	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0051880	0,0051880
0.0890000	0,0021362	0,0045776	0,0070190	0,0079346	0,0070190	0,0067139	0,0073242	0,0051880	0,0048828
0.0900000	0,0064087	0,0067139	0,0067139	0,0061035	0,0067139	0,0057983	0,0042725	0,0051880	0,0064087
0.0910000	0,0067139	0,0064087	0,0070190	0,0057983	0,0070190	0,0061035	0,0061035	0,0064087	0,0054932
0.0920000	0,0076294	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0027466	0,0067139	0,0067139	0,0048828	0,0048828
0.0930000	0,0073242	0,0067139	0,0076294	0,0024414	0,0051880	0,0057983	0,0064087	0,0061035	0,0076294
0.0940000	0,0067139	0,0067139	0,0082397	0,0057983	0,0054932	0,0073242	0,0067139	0,0018311	0,0064087
0.0950000	0,0064087	0,0045776	0,0079346	0,0064087	0,0064087	0,0070190	0,0064087	0,0067139	0,0082397

0.0960000	0,0079346	0,0079346	0,0042725	0,0057983	0,0051880	0,0073242	0,0054932	0,0064087	0,0076294
0.0970000	0,0076294	0,0079346	0,0073242	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0054932	0,0085449	0,0070190
0.0980000	0,0076294	0,0076294	0,0073242	0,0057983	0,0048828	0,0064087	0,0054932	0,0082397	0,0085449
0.0990000	0,0079346	0,0079346	0,0070190	0,0073242	0,0064087	0,0024414	0,0064087	0,0079346	0,0085449
0.1000000	0,0088501	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0064087	0,0061035	0,0061035	0,0057983	0,0079346
0.1010000	0,0073242	0,0076294	0,0054932	0,0067139	0,0057983	0,0061035	0,0054932	0,0088501	0,0076294
0.1020000	0,0045776	0,0064087	0,0061035	0,0057983	0,0073242	0,0054932	0,0064087	0,0076294	0,0073242
0.1030000	0,0076294	0,0067139	0,0073242	0,0073242	0,0064087	0,0057983	0,0051880	0,0033569	0,0057983
0.1040000	0,0073242	0,0067139	0,0057983	0,0079346	0,0079346	0,0054932	0,0057983	0,0076294	0,0054932
0.1050000	0,0079346	0,0061035	0,0045776	0,0067139	0,0079346	0,0048828	0,0079346	0,0064087	0,0051880
0.1060000	0,0076294	0,0061035	0,0064087	0,0076294	0,0079346	0,0054932	0,0076294	0,0054932	0,0061035
0.1070000	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0073242	0,0079346	0,0057983	0,0091553	0,0054932	0,0051880
0.1080000	0,0061035	0,0061035	0,0061035	0,0070190	0,0054932	0,0076294	0,0082397	0,0051880	0,0070190
0.1090000	0,0070190	0,0057983	0,0067139	0,0070190	0,0070190	0,0064087	0,0079346	0,0045776	0,0051880
0.1100000	0,0079346	0,0076294	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0073242	0,0073242	0,0048828	0,0030518
0.1110000	0,0064087	0,0070190	0,0061035	0,0057983	0,0054932	0,0064087	0,0073242	0,0061035	0,0061035
0.1120000	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0061035	0,0061035	0,0067139	0,0061035	0,0021362	0,0039673
0.1130000	0,0064087	0,0073242	0,0073242	0,0067139	0,0054932	0,0064087	0,0064087	0,0057983	0,0067139
0.1140000	0,0070190	0,0073242	0,0085449	0,0054932	0,0061035	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0064087
0.1150000	0,0070190	0,0076294	0,0076294	0,0070190	0,0064087	0,0073242	0,0051880	0,0064087	0,0067139
0.1160000	0,0070190	0,0067139	0,0042725	0,0070190	0,0054932	0,0070190	0,0051880	0,0064087	0,0076294
0.1170000	0,0070190	0,0076294	0,0067139	0,0073242	0,0064087	0,0064087	0,0054932	0,0064087	0,0079346
0.1180000	0,0076294	0,0079346	0,0073242	0,0067139	0,0054932	0,0067139	0,0061035	0,0082397	0,0082397
0.1190000	0,0076294	0,0097656	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0057983	0,0057983	0,0073242	0,0073242
0.1200000	0,0079346	0,0079346	0,0064087	0,0070190	0,0064087	0,0076294	0,0064087	0,0085449	0,0085449
0.1210000	0,0067139	0,0079346	0,0067139	0,0073242	0,0061035	0,0057983	0,0057983	0,0082397	0,0070190
0.1220000	0,0073242	0,0045776	0,0061035	0,0064087	0,0070190	0,0057983	0,0061035	0,0082397	0,0067139
0.1230000	0,0036621	0,0070190	0,0064087	0,0030518	0,0067139	0,0048828	0,0073242	0,0073242	0,0076294
0.1240000	0,0076294	0,0070190	0,0057983	0,0070190	0,0061035	0,0057983	0,0073242	0,0073242	0,0048828
0.1250000	0,0070190	0,0045776	0,0070190	0,0070190	0,0082397	0,0045776	0,0070190	0,0057983	0,0054932
0.1260000	0,0064087	0,0057983	0,0064087	0,0076294	0,0079346	0,0057983	0,0076294	0,0061035	0,0051880
0.1270000	0,0030518	0,0064087	0,0057983	0,0076294	0,0067139	0,0061035	0,0079346	0,0057983	0,0024414
0.1280000	0,0061035	0,0045776	0,0048828	0,0057983	0,0070190	0,0064087	0,0091553	0,0064087	0,0054932

0.1290000	0,0067139	0,0067139	0,0061035	0,0061035	0,0070190	0,0064087	0,0082397	0,0048828	0,0054932
0.1300000	0,0061035	0,0070190	0,0054932	0,0061035	0,0064087	0,0073242	0,0076294	0,0051880	0,0051880
0.1310000	0,0045776	0,0027466	0,0064087	0,0061035	0,0061035	0,0070190	0,0073242	0,0061035	0,0061035
0.1320000	0,0067139	0,0061035	0,0045776	0,0061035	0,0051880	0,0067139	0,0088501	0,0045776	0,0057983
0.1330000	0,0064087	0,0070190	0,0076294	0,0064087	0,0061035	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0067139
0.1340000	0,0061035	0,0036621	0,0073242	0,0045776	0,0051880	0,0070190	0,0061035	0,0054932	0,0057983
0.1350000	0,0067139	0,0067139	0,0076294	0,0061035	0,0064087	0,0064087	0,0054932	0,0061035	0,0064087
0.1360000	0,0064087	0,0076294	0,0073242	0,0042725	0,0064087	0,0073242	0,0057983	0,0064087	0,0073242
0.1370000	0,0076294	0,0082397	0,0076294	0,0073242	0,0057983	0,0061035	0,0076294	0,0073242	0,0079346
0.1380000	0,0076294	0,0088501	0,0036621	0,0057983	0,0057983	0,0061035	0,0057983	0,0079346	0,0094604
0.1390000	0,0088501	0,0079346	0,0064087	0,0070190	0,0033569	0,0067139	0,0051880	0,0079346	0,0079346
0.1400000	0,0076294	0,0079346	0,0070190	0,0042725	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0079346	0,0076294
0.1410000	0,0076294	0,0076294	0,0064087	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0076294	0,0064087
0.1420000	0,0085449	0,0073242	0,0061035	0,0064087	0,0042725	0,0061035	0,0061035	0,0079346	0,0085449
0.1430000	0,0070190	0,0033569	0,0054932	0,0067139	0,0064087	0,0048828	0,0057983	0,0039673	0,0076294
0.1440000	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0045776	0,0064087	0,0048828	0,0064087	0,0076294	0,0045776
0.1450000	0,0067139	0,0064087	0,0054932	0,0073242	0,0085449	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0039673
0.1460000	0,0067139	0,0045776	0,0067139	0,0070190	0,0079346	0,0061035	0,0070190	0,0036621	0,0048828
0.1470000	0,0073242	0,0067139	0,0073242	0,0067139	0,0070190	0,0057983	0,0076294	0,0048828	0,0051880
0.1480000	0,0057983	0,0057983	0,0076294	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0085449	0,0045776	0,0051880
0.1490000	0,0061035	0,0070190	0,0079346	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0082397	0,0057983	0,0061035
0.1500000	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0070190	0,0061035	0,0073242	0,0070190	0,0054932	0,0061035
0.1510000	0,0073242	0,0064087	0,0061035	0,0064087	0,0061035	0,0067139	0,0073242	0,0057983	0,0054932
0.1520000	0,0057983	0,0036621	0,0073242	0,0064087	0,0024414	0,0039673	0,0070190	0,0064087	0,0061035
0.1530000	0,0067139	0,0064087	0,0073242	0,0073242	0,0042725	0,0070190	0,0061035	0,0054932	0,0064087
0.1540000	0,0070190	0,0061035	0,0073242	0,0057983	0,0051880	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0064087
0.1550000	0,0070190	0,0061035	0,0070190	0,0067139	0,0051880	0,0073242	0,0057983	0,0057983	0,0067139
0.1560000	0,0070190	0,0079346	0,0070190	0,0064087	0,0057983	0,0076294	0,0061035	0,0070190	0,0079346
0.1570000	0,0073242	0,0076294	0,0073242	0,0064087	0,0064087	0,0085449	0,0030518	0,0070190	0,0045776
0.1580000	0,0070190	0,0088501	0,0067139	0,0067139	0,0057983	0,0070190	0,0048828	0,0076294	0,0082397
0.1590000	0,0073242	0,0079346	0,0061035	0,0057983	0,0036621	0,0064087	0,0054932	0,0097656	0,0088501
0.1600000	0,0082397	0,0082397	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0070190	0,0057983	0,0085449	0,0073242
0.1610000	0,0070190	0,0042725	0,0067139	0,0076294	0,0064087	0,0054932	0,0064087	0,0082397	0,0094604

0.1620000	0,0070190	0,0067139	0,0033569	0,0079346	0,0061035	0,0048828	0,0045776	0,0079346	0,0073242
0.1630000	0,0073242	0,0070190	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0054932	0,0057983	0,0073242	0,0064087
0.1640000	0,0045776	0,0070190	0,0079346	0,0067139	0,0070190	0,0061035	0,0067139	0,0079346	0,0054932
0.1650000	0,0067139	0,0054932	0,0057983	0,0073242	0,0073242	0,0061035	0,0070190	0,0070190	0,0064087
0.1660000	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0085449	0,0076294	0,0039673	0,0045776	0,0061035	0,0051880
0.1670000	0,0057983	0,0030518	0,0067139	0,0070190	0,0079346	0,0021362	0,0064087	0,0051880	0,0021362
0.1680000	0,0073242	0,0067139	0,0064087	0,0079346	0,0061035	0,0061035	0,0088501	0,0061035	0,0054932
0.1690000	0,0061035	0,0076294	0,0061035	0,0064087	0,0054932	0,0057983	0,0076294	0,0051880	0,0064087
0.1700000	0,0064087	0,0064087	0,0067139	0,0073242	0,0070190	0,0070190	0,0067139	0,0051880	0,0057983
0.1710000	0,0061035	0,0064087	0,0070190	0,0057983	0,0064087	0,0057983	0,0067139	0,0070190	0,0061035
0.1720000	0,0051880	0,0067139	0,0079346	0,0045776	0,0054932	0,0030518	0,0070190	0,0054932	0,0064087
0.1730000	0,0064087	0,0036621	0,0079346	0,0057983	0,0054932	0,0070190	0,0067139	0,0057983	0,0064087
0.1740000	0,0076294	0,0067139	0,0070190	0,0061035	0,0054932	0,0070190	0,0064087	0,0064087	0,0067139
0.1750000	0,0057983	0,0076294	0,0079346	0,0061035	0,0054932	0,0073242	0,0070190	0,0064087	0,0073242
0.1760000	0,0067139	0,0030518	0,0085449	0,0045776	0,0057983	0,0076294	0,0054932	0,0064087	0,0070190
0.1770000	0,0076294	0,0085449	0,0073242	0,0061035	0,0057983	0,0076294	0,0057983	0,0073242	0,0085449
0.1780000	0,0073242	0,0082397	0,0061035	0,0021362	0,0057983	0,0076294	0,0057983	0,0076294	0,0073242
0.1790000	0,0076294	0,0091553	0,0067139	0,0067139	0,0024414	0,0061035	0,0061035	0,0082397	0,0082397
0.1800000	0,0079346	0,0073242	0,0079346	0,0064087	0,0064087	0,0067139	0,0048828	0,0079346	0,0073242
0.1810000	0,0076294	0,0085449	0,0061035	0,0067139	0,0061035	0,0048828	0,0057983	0,0085449	0,0082397
0.1820000	0,0070190	0,0033569	0,0064087	0,0070190	0,0073242	0,0061035	0,0064087	0,0073242	0,0064087
0.1830000	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0073242	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0054932	0,0064087
0.1840000	0,0045776	0,0067139	0,0070190	0,0070190	0,0067139	0,0054932	0,0073242	0,0073242	0,0054932
0.1850000	0,0073242	0,0067139	0,0054932	0,0070190	0,0064087	0,0054932	0,0070190	0,0067139	0,0054932
0.1860000	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0076294	0,0070190	0,0076294	0,0079346	0,0033569	0,0051880
0.1870000	0,0057983	0,0054932	0,0073242	0,0064087	0,0073242	0,0057983	0,0076294	0,0057983	0,0054932
0.1880000	0,0042725	0,0057983	0,0070190	0,0067139	0,0073242	0,0064087	0,0061035	0,0054932	0,0061035
0.1890000	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0073242	0,0057983	0,0079346	0,0015259	0,0051880
0.1900000	0,0067139	0,0076294	0,0064087	0,0057983	0,0061035	0,0061035	0,0085449	0,0051880	0,0061035
0.1910000	0,0061035	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0061035	0,0061035	0,0073242	0,0051880	0,0061035
0.1920000	0,0073242	0,0061035	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0045776	0,0042725	0,0030518	0,0064087
0.1930000	0,0064087	0,0076294	0,0076294	0,0057983	0,0054932	0,0073242	0,0067139	0,0064087	0,0061035
0.1940000	0,0064087	0,0073242	0,0076294	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0061035	0,0061035	0,0073242



0.1950000	0,0067139	0,0073242	0,0045776	0,0064087	0,0054932	0,0079346	0,0054932	0,0051880	0,0061035
0.1960000	0,0067139	0,0076294	0,0067139	0,0073242	0,0057983	0,0070190	0,0051880	0,0073242	0,0076294
0.1970000	0,0076294	0,0082397	0,0076294	0,0073242	0,0061035	0,0079346	0,0061035	0,0067139	0,0085449
0.1980000	0,0070190	0,0079346	0,0070190	0,0070190	0,0061035	0,0067139	0,0048828	0,0076294	0,0082397
0.1990000	0,0076294	0,0073242	0,0073242	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0054932	0,0079346	0,0088501
0.2000000	0,0045776	0,0076294	0,0061035	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0057983	0,0085449	0,0079346
0.2010000	0,0064087	0,0079346	0,0057983	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0054932	0,0091553	0,0091553
0.2020000	0,0079346	0,0079346	0,0057983	0,0070190	0,0082397	0,0057983	0,0057983	0,0076294	0,0067139
0.2030000	0,0067139	0,0070190	0,0061035	0,0064087	0,0070190	0,0054932	0,0048828	0,0070190	0,0061035
0.2040000	0,0057983	0,0067139	0,0064087	0,0070190	0,0070190	0,0057983	0,0070190	0,0073242	0,0048828
0.2050000	0,0073242	0,0070190	0,0061035	0,0070190	0,0067139	0,0057983	0,0045776	0,0067139	0,0027466
0.2060000	0,0073242	0,0057983	0,0057983	0,0076294	0,0054932	0,0061035	0,0073242	0,0061035	0,0042725
0.2070000	0,0067139	0,0064087	0,0061035	0,0061035	0,0073242	0,0067139	0,0076294	0,0039673	0,0048828
0.2080000	0,0045776	0,0073242	0,0076294	0,0070190	0,0070190	0,0067139	0,0079346	0,0042725	0,0051880
0.2090000	0,0064087	0,0073242	0,0061035	0,0076294	0,0073242	0,0061035	0,0082397	0,0051880	0,0054932
0.2100000	0,0067139	0,0070190	0,0079346	0,0064087	0,0057983	0,0061035	0,0082397	0,0045776	0,0054932
0.2110000	0,0061035	0,0057983	0,0064087	0,0061035	0,0064087	0,0067139	0,0073242	0,0057983	0,0061035
0.2120000	0,0024414	0,0030518	0,0088501	0,0054932	0,0061035	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0057983
0.2130000	0,0061035	0,0067139	0,0076294	0,0057983	0,0030518	0,0070190	0,0073242	0,0057983	0,0061035
0.2140000	0,0067139	0,0070190	0,0036621	0,0057983	0,0051880	0,0073242	0,0073242	0,0061035	0,0067139
0.2150000	0,0073242	0,0073242	0,0076294	0,0033569	0,0036621	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0076294
0.2160000	0,0079346	0,0073242	0,0070190	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0051880	0,0073242	0,0082397
0.2170000	0,0073242	0,0079346	0,0082397	0,0064087	0,0057983	0,0067139	0,0051880	0,0073242	0,0085449
0.2180000	0,0073242	0,0070190	0,0073242	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0027466	0,0079346	0,0079346
0.2190000	0,0073242	0,0079346	0,0067139	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0057983	0,0088501	0,0079346
0.2200000	0,0094604	0,0079346	0,0067139	0,0057983	0,0070190	0,0067139	0,0061035	0,0091553	0,0085449
0.2210000	0,0076294	0,0042725	0,0061035	0,0079346	0,0067139	0,0042725	0,0057983	0,0082397	0,0064087
0.2220000	0,0073242	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0067139	0,0048828	0,0067139	0,0082397	0,0039673
0.2230000	0,0079346	0,0079346	0,0061035	0,0067139	0,0033569	0,0067139	0,0061035	0,0061035	0,0064087
0.2240000	0,0085449	0,0067139	0,0057983	0,0076294	0,0070190	0,0006104	0,0064087	0,0076294	0,0018311
0.2250000	0,0073242	0,0064087	0,0082397	0,0073242	0,0073242	0,0057983	0,0064087	0,0067139	0,0048828
0.2260000	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0073242	0,0073242	0,0054932	0,0076294	0,0064087	0,0048828
0.2270000	0,0061035	0,0067139	0,0070190	0,0073242	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0057983	0,0051880

0.2280000	0,0042725	0,0061035	0,0064087	0,0057983	0,0070190	0,0054932	0,0079346	0,0061035	0,0054932
0.2290000	0,0070190	0,0061035	0,0033569	0,0067139	0,0073242	0,0067139	0,0079346	0,0048828	0,0057983
0.2300000	0,0054932	0,0033569	0,0064087	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0076294	0,0051880	0,0061035
0.2310000	0,0057983	0,0067139	0,0073242	0,0057983	0,0064087	0,0061035	0,0085449	0,0064087	0,0064087
0.2320000	0,0079346	0,0061035	0,0067139	0,0067139	0,0061035	0,0067139	0,0076294	0,0061035	0,0067139
0.2330000	0,0079346	0,0070190	0,0073242	0,0057983	0,0030518	0,0039673	0,0076294	0,0057983	0,0057983
0.2340000	0,0061035	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0051880	0,0073242	0,0061035	0,0064087	0,0064087
0.2350000	0,0070190	0,0070190	0,0073242	0,0061035	0,0048828	0,0070190	0,0048828	0,0054932	0,0073242
0.2360000	0,0070190	0,0070190	0,0076294	0,0057983	0,0067139	0,0067139	0,0054932	0,0064087	0,0057983
0.2370000	0,0076294	0,0073242	0,0079346	0,0067139	0,0051880	0,0061035	0,0051880	0,0079346	0,0064087
0.2380000	0,0073242	0,0082397	0,0036621	0,0057983	0,0064087	0,0073242	0,0051880	0,0070190	0,0085449
0.2390000	0,0076294	0,0070190	0,0067139	0,0067139	0,0076294	0,0064087	0,0061035	0,0082397	0,0082397
0.2400000	0,0042725	0,0079346	0,0067139	0,0057983	0,0057983	0,0061035	0,0070190	0,0094604	0,0039673
0.2410000	0,0076294	0,0082397	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0067139	0,0036621	0,0079346	0,0073242
0.2420000	0,0073242	0,0033569	0,0057983	0,0061035	0,0079346	0,0061035	0,0061035	0,0076294	0,0070190
0.2430000	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0057983	0,0085449	0,0061035
0.2440000	0,0036621	0,0076294	0,0064087	0,0085449	0,0067139	0,0051880	0,0027466	0,0073242	0,0057983
0.2450000	0,0079346	0,0036621	0,0061035	0,0070190	0,0057983	0,0054932	0,0064087	0,0057983	0,0045776
0.2460000	0,0057983	0,0061035	0,0064087	0,0079346	0,0054932	0,0061035	0,0079346	0,0067139	0,0045776
0.2470000	0,0054932	0,0067139	0,0057983	0,0070190	0,0079346	0,0079346	0,0076294	0,0051880	0,0061035
0.2480000	0,0024414	0,0067139	0,0067139	0,0045776	0,0073242	0,0070190	0,0076294	0,0054932	0,0054932
0.2490000	0,0064087	0,0064087	0,0079346	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0070190	0,0057983	0,0051880
0.2500000	0,0067139	0,0057983	0,0070190	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0070190	0,0051880	0,0067139
0.2510000	0,0067139	0,0064087	0,0070190	0,0048828	0,0073242	0,0070190	0,0073242	0,0061035	0,0061035
0.2520000	0,0051880	0,0067139	0,0079346	0,0057983	0,0057983	0,0061035	0,0073242	0,0042725	0,0064087
0.2530000	0,0070190	0,0061035	0,0079346	0,0054932	0,0054932	0,0045776	0,0061035	0,0054932	0,0061035
0.2540000	0,0064087	0,0051880	0,0076294	0,0057983	0,0051880	0,0073242	0,0057983	0,0057983	0,0067139
0.2550000	0,0073242	0,0070190	0,0079346	0,0061035	0,0045776	0,0076294	0,0057983	0,0070190	0,0067139
0.2560000	0,0082397	0,0082397	0,0082397	0,0064087	0,0057983	0,0076294	0,0048828	0,0061035	0,0079346
0.2570000	0,0070190	0,0076294	0,0085449	0,0067139	0,0057983	0,0082397	0,0033569	0,0067139	0,0082397
0.2580000	0,0070190	0,0076294	0,0067139	0,0073242	0,0064087	0,0073242	0,0051880	0,0082397	0,0082397
0.2590000	0,0076294	0,0088501	0,0067139	0,0079346	0,0070190	0,0057983	0,0057983	0,0076294	0,0076294
0.2600000	0,0079346	0,0076294	0,0085449	0,0061035	0,0061035	0,0064087	0,0064087	0,0085449	0,0073242

0.2610000	0,0076294	0,0076294	0,0051880	0,0057983	0,0064087	0,0061035	0,0057983	0,0085449	0,0070190
0.2620000	0,0073242	0,0076294	0,0039673	0,0067139	0,0045776	0,0054932	0,0042725	0,0082397	0,0064087
0.2630000	0,0070190	0,0073242	0,0064087	0,0073242	0,0064087	0,0057983	0,0064087	0,0073242	0,0061035
0.2640000	0,0073242	0,0064087	0,0030518	0,0067139	0,0079346	0,0051880	0,0064087	0,0067139	0,0070190
0.2650000	0,0036621	0,0076294	0,0064087	0,0076294	0,0073242	0,0057983	0,0073242	0,0067139	0,0051880
0.2660000	0,0064087	0,0070190	0,0027466	0,0073242	0,0076294	0,0054932	0,0030518	0,0057983	0,0051880
0.2670000	0,0067139	0,0057983	0,0064087	0,0079346	0,0076294	0,0051880	0,0073242	0,0057983	0,0057983
0.2680000	0,0061035	0,0057983	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0045776	0,0064087	0,0042725	0,0045776
0.2690000	0,0061035	0,0057983	0,0067139	0,0073242	0,0067139	0,0064087	0,0085449	0,0048828	0,0067139
0.2700000	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0036621	0,0057983	0,0057983
0.2710000	0,0064087	0,0054932	0,0070190	0,0045776	0,0067139	0,0064087	0,0070190	0,0054932	0,0036621
0.2720000	0,0064087	0,0057983	0,0073242	0,0061035	0,0057983	0,0073242	0,0070190	0,0051880	0,0061035
0.2730000	0,0045776	0,0061035	0,0073242	0,0064087	0,0051880	0,0070190	0,0061035	0,0061035	0,0048828
0.2740000	0,0076294	0,0067139	0,0067139	0,0045776	0,0057983	0,0070190	0,0064087	0,0073242	0,0067139
0.2750000	0,0064087	0,0067139	0,0085449	0,0057983	0,0045776	0,0070190	0,0054932	0,0061035	0,0079346
0.2760000	0,0067139	0,0076294	0,0070190	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0051880	0,0067139	0,0076294
0.2770000	0,0076294	0,0054932	0,0073242	0,0036621	0,0064087	0,0064087	0,0054932	0,0076294	0,0054932
0.2780000	0,0076294	0,0082397	0,0076294	0,0070190	0,0067139	0,0039673	0,0064087	0,0073242	0,0082397
0.2790000	0,0079346	0,0082397	0,0033569	0,0070190	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0085449	0,0079346
0.2800000	0,0079346	0,0073242	0,0061035	0,0064087	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0094604	0,0073242
0.2810000	0,0088501	0,0088501	0,0061035	0,0064087	0,0064087	0,0061035	0,0057983	0,0067139	0,0073242
0.2820000	0,0076294	0,0076294	0,0057983	0,0061035	0,0067139	0,0042725	0,0061035	0,0082397	0,0079346
0.2830000	0,0076294	0,0070190	0,0064087	0,0073242	0,0070190	0,0045776	0,0030518	0,0085449	0,0067139
0.2840000	0,0076294	0,0070190	0,0057983	0,0070190	0,0070190	0,0054932	0,0061035	0,0070190	0,0048828
0.2850000	0,0064087	0,0067139	0,0067139	0,0076294	0,0067139	0,0042725	0,0076294	0,0070190	0,0051880
0.2860000	0,0085449	0,0064087	0,0076294	0,0070190	0,0079346	0,0057983	0,0073242	0,0054932	0,0061035
0.2870000	0,0054932	0,0036621	0,0067139	0,0073242	0,0070190	0,0067139	0,0079346	0,0054932	0,0042725
0.2880000	0,0057983	0,0054932	0,0030518	0,0064087	0,0070190	0,0070190	0,0073242	0,0048828	0,0051880
0.2890000	0,0054932	0,0061035	0,0064087	0,0051880	0,0042725	0,0064087	0,0079346	0,0061035	0,0054932
0.2900000	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0076294	0,0067139	0,0064087	0,0076294	0,0054932	0,0073242
0.2910000	0,0061035	0,0061035	0,0073242	0,0057983	0,0067139	0,0061035	0,0048828	0,0057983	0,0061035
0.2920000	0,0054932	0,0067139	0,0064087	0,0045776	0,0070190	0,0076294	0,0064087	0,0064087	0,0030518
0.2930000	0,0073242	0,0067139	0,0079346	0,0061035	0,0057983	0,0076294	0,0070190	0,0057983	0,0064087

0.2940000	0,0067139	0,0067139	0,0079346	0,0027466	0,0061035	0,0073242	0,0054932	0,0057983	0,0070190
0.2950000	0,0067139	0,0067139	0,0088501	0,0064087	0,0051880	0,0070190	0,0051880	0,0061035	0,0070190
0.2960000	0,0064087	0,0030518	0,0073242	0,0027466	0,0048828	0,0073242	0,0064087	0,0076294	0,0079346
0.2970000	0,0054932	0,0079346	0,0091553	0,0070190	0,0067139	0,0073242	0,0057983	0,0061035	0,0073242
0.2980000	0,0070190	0,0079346	0,0073242	0,0079346	0,0070190	0,0036621	0,0057983	0,0073242	0,0085449
0.2990000	0,0076294	0,0085449	0,0073242	0,0067139	0,0057983	0,0061035	0,0051880	0,0082397	0,0073242
0.3000000	0,0079346	0,0076294	0,0070190	0,0067139	0,0061035	0,0070190	0,0045776	0,0045776	0,0079346
0.3010000	0,0070190	0,0079346	0,0064087	0,0064087	0,0061035	0,0054932	0,0061035	0,0079346	0,0064087
0.3020000	0,0045776	0,0064087	0,0057983	0,0070190	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0079346	0,0067139
0.3030000	0,0073242	0,0079346	0,0061035	0,0073242	0,0073242	0,0045776	0,0064087	0,0079346	0,0070190
0.3040000	0,0067139	0,0085449	0,0018311	0,0073242	0,0073242	0,0051880	0,0076294	0,0064087	0,0054932
0.3050000	0,0079346	0,0036621	0,0064087	0,0070190	0,0067139	0,0054932	0,0079346	0,0064087	0,0061035
0.3060000	0,0073242	0,0067139	0,0057983	0,0070190	0,0064087	0,0051880	0,0073242	0,0061035	0,0039673
0.3070000	0,0061035	0,0061035	0,0064087	0,0070190	0,0070190	0,0033569	0,0079346	0,0054932	0,0051880
0.3080000	0,0067139	0,0070190	0,0067139	0,0070190	0,0067139	0,0061035	0,0082397	0,0054932	0,0057983
0.3090000	0,0045776	0,0064087	0,0054932	0,0067139	0,0067139	0,0061035	0,0076294	0,0018311	0,0057983
0.3100000	0,0070190	0,0051880	0,0076294	0,0061035	0,0036621	0,0070190	0,0076294	0,0054932	0,0064087
0.3110000	0,0064087	0,0057983	0,0073242	0,0054932	0,0061035	0,0033569	0,0073242	0,0054932	0,0061035
0.3120000	0,0064087	0,0061035	0,0076294	0,0064087	0,0061035	0,0064087	0,0070190	0,0061035	0,0061035
0.3130000	0,0054932	0,0064087	0,0070190	0,0054932	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0051880	0,0067139
0.3140000	0,0064087	0,0051880	0,0076294	0,0048828	0,0051880	0,0073242	0,0057983	0,0061035	0,0079346
0.3150000	0,0064087	0,0067139	0,0070190	0,0045776	0,0061035	0,0076294	0,0054932	0,0042725	0,0061035
0.3160000	0,0073242	0,0067139	0,0073242	0,0061035	0,0048828	0,0057983	0,0054932	0,0064087	0,0085449
0.3170000	0,0079346	0,0082397	0,0045776	0,0070190	0,0054932	0,0067139	0,0061035	0,0073242	0,0085449
0.3180000	0,0076294	0,0079346	0,0070190	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0039673	0,0085449
0.3190000	0,0070190	0,0079346	0,0070190	0,0070190	0,0057983	0,0064087	0,0051880	0,0085449	0,0076294
0.3200000	0,0073242	0,0079346	0,0064087	0,0073242	0,0070190	0,0054932	0,0051880	0,0085449	0,0070190
0.3210000	0,0088501	0,0082397	0,0067139	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0091553	0,0073242
0.3220000	0,0070190	0,0070190	0,0054932	0,0061035	0,0061035	0,0057983	0,0064087	0,0085449	0,0076294
0.3230000	0,0076294	0,0079346	0,0064087	0,0076294	0,0070190	0,0054932	0,0067139	0,0067139	0,0067139
0.3240000	0,0070190	0,0070190	0,0064087	0,0061035	0,0067139	0,0057983	0,0064087	0,0073242	0,0057983
0.3250000	0,0045776	0,0054932	0,0067139	0,0079346	0,0073242	0,0061035	0,0045776	0,0067139	0,0064087
0.3260000	0,0070190	0,0064087	0,0042725	0,0082397	0,0070190	0,0057983	0,0070190	0,0067139	0,0051880

0.3270000	0,0061035	0,0054932	0,0064087	0,0064087	0,0067139	0,0057983	0,0079346	0,0057983	0,0018311
0.3280000	0,0073242	0,0070190	0,0030518	0,0061035	0,0073242	0,0064087	0,0076294	0,0045776	0,0051880
0.3290000	0,0079346	0,0057983	0,0064087	0,0070190	0,0045776	0,0057983	0,0097656	0,0057983	0,0054932
0.3300000	0,0057983	0,0067139	0,0070190	0,0045776	0,0064087	0,0073242	0,0076294	0,0051880	0,0073242
0.3310000	0,0061035	0,0061035	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0057983	0,0061035
0.3320000	0,0064087	0,0057983	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0061035
0.3330000	0,0064087	0,0064087	0,0070190	0,0054932	0,0054932	0,0061035	0,0067139	0,0064087	0,0064087
0.3340000	0,0067139	0,0054932	0,0073242	0,0057983	0,0051880	0,0070190	0,0045776	0,0061035	0,0061035
0.3350000	0,0070190	0,0067139	0,0067139	0,0051880	0,0042725	0,0064087	0,0051880	0,0067139	0,0076294
0.3360000	0,0070190	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0057983	0,0042725	0,0054932	0,0054932	0,0085449
0.3370000	0,0082397	0,0073242	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0054932	0,0064087	0,0070190	0,0082397
0.3380000	0,0073242	0,0082397	0,0073242	0,0073242	0,0064087	0,0070190	0,0024414	0,0085449	0,0061035
0.3390000	0,0076294	0,0079346	0,0061035	0,0076294	0,0030518	0,0067139	0,0039673	0,0082397	0,0085449
0.3400000	0,0082397	0,0073242	0,0061035	0,0073242	0,0067139	0,0070190	0,0061035	0,0082397	0,0076294
0.3410000	0,0082397	0,0079346	0,0076294	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0054932	0,0042725	0,0076294
0.3420000	0,0082397	0,0057983	0,0061035	0,0064087	0,0045776	0,0051880	0,0036621	0,0076294	0,0067139
0.3430000	0,0076294	0,0070190	0,0061035	0,0054932	0,0051880	0,0054932	0,0057983	0,0082397	0,0073242
0.3440000	0,0070190	0,0070190	0,0064087	0,0073242	0,0070190	0,0051880	0,0064087	0,0070190	0,0054932
0.3450000	0,0067139	0,0067139	0,0057983	0,0082397	0,0064087	0,0067139	0,0073242	0,0064087	0,0021362
0.3460000	0,0064087	0,0051880	0,0073242	0,0073242	0,0036621	0,0057983	0,0085449	0,0061035	0,0048828
0.3470000	0,0067139	0,0057983	0,0064087	0,0042725	0,0076294	0,0064087	0,0091553	0,0054932	0,0048828
0.3480000	0,0061035	0,0057983	0,0048828	0,0070190	0,0073242	0,0067139	0,0079346	0,0048828	0,0048828
0.3490000	0,0033569	0,0067139	0,0067139	0,0070190	0,0073242	0,0061035	0,0082397	0,0048828	0,0057983
0.3500000	0,0064087	0,0064087	0,0079346	0,0064087	0,0073242	0,0073242	0,0076294	0,0057983	0,0057983
0.3510000	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0061035	0,0064087	0,0057983	0,0076294	0,0054932	0,0057983
0.3520000	0,0061035	0,0070190	0,0036621	0,0042725	0,0057983	0,0067139	0,0067139	0,0057983	0,0054932
0.3530000	0,0054932	0,0064087	0,0073242	0,0057983	0,0061035	0,0067139	0,0064087	0,0054932	0,0064087
0.3540000	0,0064087	0,0061035	0,0082397	0,0054932	0,0057983	0,0067139	0,0064087	0,0073242	0,0057983
0.3550000	0,0070190	0,0057983	0,0067139	0,0064087	0,0054932	0,0082397	0,0030518	0,0067139	0,0076294
0.3560000	0,0067139	0,0079346	0,0073242	0,0067139	0,0061035	0,0079346	0,0048828	0,0057983	0,0073242
0.3570000	0,0039673	0,0079346	0,0073242	0,0067139	0,0073242	0,0079346	0,0048828	0,0061035	0,0082397
0.3580000	0,0076294	0,0045776	0,0079346	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0054932	0,0085449	0,0085449
0.3590000	0,0079346	0,0085449	0,0057983	0,0070190	0,0073242	0,0061035	0,0054932	0,0094604	0,0073242

0.3600000	0,0070190	0,0079346	0,0057983	0,0036621	0,0070190	0,0054932	0,0054932	0,0070190	0,0042725
0.3610000	0,0067139	0,0070190	0,0042725	0,0064087	0,0064087	0,0061035	0,0057983	0,0088501	0,0070190
0.3620000	0,0085449	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0045776	0,0064087	0,0057983	0,0057983	0,0067139
0.3630000	0,0076294	0,0076294	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0057983	0,0079346	0,0054932
0.3640000	0,0076294	0,0036621	0,0064087	0,0076294	0,0064087	0,0036621	0,0073242	0,0073242	0,0054932
0.3650000	0,0039673	0,0048828	0,0061035	0,0082397	0,0076294	0,0057983	0,0070190	0,0061035	0,0054932
0.3660000	0,0064087	0,0070190	0,0057983	0,0070190	0,0079346	0,0061035	0,0079346	0,0051880	0,0048828
0.3670000	0,0064087	0,0045776	0,0061035	0,0064087	0,0070190	0,0064087	0,0079346	0,0054932	0,0045776
0.3680000	0,0061035	0,0067139	0,0073242	0,0070190	0,0070190	0,0061035	0,0091553	0,0054932	0,0054932
0.3690000	0,0073242	0,0057983	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0045776	0,0079346	0,0067139	0,0070190
0.3700000	0,0076294	0,0064087	0,0070190	0,0061035	0,0067139	0,0067139	0,0076294	0,0054932	0,0061035
0.3710000	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0073242	0,0045776	0,0064087	0,0057983	0,0051880	0,0042725
0.3720000	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0036621	0,0064087	0,0064087
0.3730000	0,0070190	0,0030518	0,0082397	0,0054932	0,0064087	0,0073242	0,0067139	0,0070190	0,0054932
0.3740000	0,0067139	0,0067139	0,0070190	0,0064087	0,0051880	0,0067139	0,0064087	0,0061035	0,0073242
0.3750000	0,0070190	0,0064087	0,0070190	0,0064087	0,0051880	0,0061035	0,0051880	0,0067139	0,0082397
0.3760000	0,0082397	0,0076294	0,0061035	0,0064087	0,0054932	0,0070190	0,0024414	0,0057983	0,0067139
0.3770000	0,0079346	0,0076294	0,0082397	0,0033569	0,0070190	0,0076294	0,0042725	0,0076294	0,0082397
0.3780000	0,0076294	0,0070190	0,0076294	0,0064087	0,0064087	0,0067139	0,0054932	0,0054932	0,0088501
0.3790000	0,0076294	0,0079346	0,0039673	0,0067139	0,0061035	0,0054932	0,0054932	0,0070190	0,0085449
0.3800000	0,0076294	0,0079346	0,0054932	0,0064087	0,0067139	0,0076294	0,0064087	0,0079346	0,0076294
0.3810000	0,0045776	0,0076294	0,0073242	0,0073242	0,0076294	0,0061035	0,0067139	0,0082397	0,0067139
0.3820000	0,0076294	0,0079346	0,0067139	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0061035	0,0082397	0,0070190
0.3830000	0,0076294	0,0070190	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0048828	0,0064087	0,0079346	0,0061035
0.3840000	0,0064087	0,0073242	0,0039673	0,0057983	0,0076294	0,0045776	0,0064087	0,0088501	0,0021362
0.3850000	0,0051880	0,0064087	0,0064087	0,0076294	0,0070190	0,0064087	0,0085449	0,0061035	0,0048828
0.3860000	0,0064087	0,0057983	0,0061035	0,0082397	0,0073242	0,0054932	0,0070190	0,0054932	0,0054932
0.3870000	0,0070190	0,0073242	0,0067139	0,0070190	0,0061035	0,0061035	0,0064087	0,0018311	0,0061035
0.3880000	0,0057983	0,0061035	0,0067139	0,0030518	0,0042725	0,0057983	0,0076294	0,0051880	0,0054932
0.3890000	0,0076294	0,0057983	0,0064087	0,0061035	0,0061035	0,0073242	0,0054932	0,0048828	0,0067139
0.3900000	0,0067139	0,0073242	0,0030518	0,0061035	0,0064087	0,0036621	0,0085449	0,0061035	0,0051880
0.3910000	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0064087	0,0067139	0,0073242	0,0076294	0,0048828	0,0061035
0.3920000	0,0061035	0,0054932	0,0057983	0,0054932	0,0057983	0,0067139	0,0073242	0,0061035	0,0057983

0.3930000	0,0061035	0,0061035	0,0073242	0,0064087	0,0054932	0,0073242	0,0067139	0,0064087	0,0067139
0.3940000	0,0073242	0,0067139	0,0073242	0,0054932	0,0054932	0,0076294	0,0070190	0,0070190	0,0067139
0.3950000	0,0070190	0,0064087	0,0073242	0,0061035	0,0057983	0,0079346	0,0051880	0,0061035	0,0073242
0.3960000	0,0064087	0,0076294	0,0076294	0,0064087	0,0057983	0,0070190	0,0054932	0,0073242	0,0079346
0.3970000	0,0039673	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0061035	0,0067139	0,0051880	0,0073242	0,0091553
0.3980000	0,0079346	0,0073242	0,0073242	0,0073242	0,0054932	0,0054932	0,0054932	0,0079346	0,0082397
0.3990000	0,0082397	0,0085449	0,0076294	0,0064087	0,0067139	0,0042725	0,0057983	0,0082397	0,0091553
0.4000000	0,0073242	0,0085449	0,0073242	0,0061035	0,0051880	0,0067139	0,0057983	0,0076294	0,0073242
0.4010000	0,0054932	0,0079346	0,0067139	0,0064087	0,0064087	0,0061035	0,0064087	0,0082397	0,0079346
0.4020000	0,0067139	0,0042725	0,0061035	0,0067139	0,0067139	0,0045776	0,0057983	0,0082397	0,0070190
0.4030000	0,0076294	0,0073242	0,0054932	0,0073242	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0067139	0,0024414
0.4040000	0,0076294	0,0076294	0,0051880	0,0067139	0,0073242	0,0061035	0,0064087	0,0048828	0,0051880
0.4050000	0,0079346	0,0057983	0,0067139	0,0082397	0,0030518	0,0061035	0,0070190	0,0064087	0,0006104
0.4060000	0,0070190	0,0064087	0,0073242	0,0073242	0,0073242	0,0051880	0,0091553	0,0045776	0,0051880
0.4070000	0,0064087	0,0057983	0,0064087	0,0061035	0,0076294	0,0070190	0,0079346	0,0054932	0,0057983
0.4080000	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0067139	0,0045776	0,0064087	0,0082397	0,0048828	0,0051880
0.4090000	0,0045776	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0067139	0,0048828	0,0079346	0,0067139	0,0057983
0.4100000	0,0067139	0,0067139	0,0033569	0,0057983	0,0067139	0,0067139	0,0085449	0,0051880	0,0054932
0.4110000	0,0064087	0,0045776	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0070190	0,0079346	0,0051880	0,0073242
0.4120000	0,0076294	0,0061035	0,0073242	0,0067139	0,0057983	0,0073242	0,0073242	0,0051880	0,0070190
0.4130000	0,0079346	0,0067139	0,0073242	0,0070190	0,0057983	0,0070190	0,0067139	0,0061035	0,0067139
0.4140000	0,0073242	0,0030518	0,0076294	0,0070190	0,0051880	0,0073242	0,0051880	0,0061035	0,0064087
0.4150000	0,0054932	0,0061035	0,0076294	0,0054932	0,0061035	0,0073242	0,0045776	0,0076294	0,0073242
0.4160000	0,0067139	0,0070190	0,0073242	0,0061035	0,0054932	0,0076294	0,0054932	0,0067139	0,0073242
0.4170000	0,0064087	0,0079346	0,0085449	0,0064087	0,0061035	0,0036621	0,0054932	0,0079346	0,0082397
0.4180000	0,0042725	0,0079346	0,0076294	0,0070190	0,0070190	0,0064087	0,0021362	0,0042725	0,0088501
0.4190000	0,0076294	0,0091553	0,0054932	0,0064087	0,0073242	0,0061035	0,0054932	0,0076294	0,0082397
0.4200000	0,0079346	0,0051880	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0082397	0,0073242
0.4210000	0,0070190	0,0073242	0,0067139	0,0070190	0,0061035	0,0057983	0,0061035	0,0088501	0,0073242
0.4220000	0,0079346	0,0076294	0,0061035	0,0070190	0,0064087	0,0054932	0,0067139	0,0073242	0,0064087
0.4230000	0,0076294	0,0073242	0,0057983	0,0061035	0,0067139	0,0057983	0,0070190	0,0073242	0,0054932
0.4240000	0,0073242	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0070190	0,0054932	0,0064087	0,0079346	0,0057983
0.4250000	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0073242	0,0073242	0,0061035	0,0079346	0,0064087	0,0045776

0.4260000	0,0070190	0,0057983	0,0061035	0,0067139	0,0076294	0,0064087	0,0076294	0,0057983	0,0042725
0.4270000	0,0067139	0,0048828	0,0057983	0,0082397	0,0067139	0,0070190	0,0088501	0,0057983	0,0054932
0.4280000	0,0045776	0,0057983	0,0073242	0,0061035	0,0082397	0,0061035	0,0079346	0,0045776	0,0048828
0.4290000	0,0061035	0,0073242	0,0061035	0,0067139	0,0070190	0,0064087	0,0079346	0,0051880	0,0051880
0.4300000	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0070190	0,0061035	0,0064087	0,0079346	0,0054932	0,0061035
0.4310000	0,0064087	0,0061035	0,0067139	0,0076294	0,0064087	0,0073242	0,0085449	0,0048828	0,0057983
0.4320000	0,0073242	0,0070190	0,0085449	0,0064087	0,0021362	0,0076294	0,0067139	0,0061035	0,0064087
0.4330000	0,0076294	0,0064087	0,0073242	0,0021362	0,0061035	0,0073242	0,0067139	0,0051880	0,0061035
0.4340000	0,0067139	0,0067139	0,0082397	0,0048828	0,0039673	0,0085449	0,0051880	0,0042725	0,0067139
0.4350000	0,0057983	0,0085449	0,0079346	0,0061035	0,0021362	0,0073242	0,0057983	0,0064087	0,0082397
0.4360000	0,0070190	0,0070190	0,0076294	0,0064087	0,0054932	0,0076294	0,0064087	0,0061035	0,0079346
0.4370000	0,0085449	0,0073242	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0067139	0,0061035	0,0045776	0,0091553
0.4380000	0,0082397	0,0082397	0,0070190	0,0076294	0,0045776	0,0076294	0,0064087	0,0076294	0,0082397
0.4390000	0,0076294	0,0076294	0,0057983	0,0042725	0,0064087	0,0064087	0,0057983	0,0085449	0,0076294
0.4400000	0,0079346	0,0079346	0,0073242	0,0064087	0,0067139	0,0064087	0,0045776	0,0085449	0,0070190
0.4410000	0,0082397	0,0070190	0,0076294	0,0070190	0,0073242	0,0051880	0,0057983	0,0076294	0,0070190
0.4420000	0,0076294	0,0076294	0,0057983	0,0064087	0,0057983	0,0048828	0,0061035	0,0079346	0,0064087
0.4430000	0,0073242	0,0073242	0,0064087	0,0070190	0,0067139	0,0054932	0,0064087	0,0070190	0,0054932
0.4440000	0,0076294	0,0070190	0,0057983	0,0088501	0,0067139	0,0042725	0,0054932	0,0070190	0,0051880
0.4450000	0,0085449	0,0070190	0,0021362	0,0073242	0,0070190	0,0057983	0,0073242	0,0064087	0,0051880
0.4460000	0,0051880	0,0057983	0,0061035	0,0073242	0,0073242	0,0057983	0,0070190	0,0070190	0,0045776
0.4470000	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0079346	0,0070190	0,0057983	0,0082397	0,0033569	0,0054932
0.4480000	0,0057983	0,0054932	0,0057983	0,0064087	0,0079346	0,0061035	0,0051880	0,0054932	0,0057983
0.4490000	0,0067139	0,0061035	0,0067139	0,0064087	0,0067139	0,0024414	0,0073242	0,0012207	0,0061035
0.4500000	0,0073242	0,0061035	0,0061035	0,0070190	0,0064087	0,0070190	0,0076294	0,0051880	0,0061035
0.4510000	0,0048828	0,0061035	0,0067139	0,0061035	0,0054932	0,0061035	0,0064087	0,0064087	0,0067139
0.4520000	0,0064087	0,0067139	0,0054932	0,0054932	0,0067139	0,0067139	0,0030518	0,0054932	0,0061035
0.4530000	0,0061035	0,0067139	0,0073242	0,0064087	0,0057983	0,0064087	0,0057983	0,0057983	0,0030518
0.4540000	0,0057983	0,0045776	0,0076294	0,0057983	0,0051880	0,0076294	0,0057983	0,0064087	0,0064087
0.4550000	0,0070190	0,0073242	0,0076294	0,0057983	0,0061035	0,0076294	0,0064087	0,0067139	0,0042725
0.4560000	0,0064087	0,0073242	0,0067139	0,0057983	0,0033569	0,0067139	0,0048828	0,0067139	0,0079346
0.4570000	0,0045776	0,0082397	0,0073242	0,0067139	0,0064087	0,0076294	0,0057983	0,0070190	0,0085449
0.4580000	0,0079346	0,0076294	0,0036621	0,0076294	0,0057983	0,0073242	0,0057983	0,0082397	0,0088501



0.4590000	0,0079346	0,0082397	0,0061035	0,0073242	0,0079346	0,0070190	0,0054932	0,0073242	0,0057983
0.4600000	0,0067139	0,0079346	0,0076294	0,0070190	0,0073242	0,0057983	0,0064087	0,0085449	0,0076294
0.4610000	0,0036621	0,0076294	0,0070190	0,0073242	0,0057983	0,0064087	0,0067139	0,0085449	0,0033569
0.4620000	0,0082397	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0076294	0,0061035	0,0073242	0,0064087	0,0064087
0.4630000	0,0079346	0,0079346	0,0054932	0,0067139	0,0079346	0,0045776	0,0064087	0,0079346	0,0021362
0.4640000	0,0070190	0,0064087	0,0064087	0,0082397	0,0067139	0,0021362	0,0067139	0,0036621	0,0051880
0.4650000	0,0039673	0,0064087	0,0076294	0,0082397	0,0082397	0,0061035	0,0064087	0,0061035	0,0015259
0.4660000	0,0064087	0,0073242	0,0064087	0,0073242	0,0082397	0,0054932	0,0076294	0,0054932	0,0045776
0.4670000	0,0064087	0,0064087	0,0061035	0,0064087	0,0073242	0,0057983	0,0079346	0,0051880	0,0051880
0.4680000	0,0057983	0,0054932	0,0067139	0,0067139	0,0070190	0,0045776	0,0079346	0,0048828	0,0051880
0.4690000	0,0048828	0,0067139	0,0073242	0,0076294	0,0061035	0,0064087	0,0079346	0,0051880	0,0064087
0.4700000	0,0064087	0,0057983	0,0064087	0,0061035	0,0064087	0,0064087	0,0073242	0,0057983	0,0048828
0.4710000	0,0064087	0,0054932	0,0061035	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0057983	0,0064087	0,0064087
0.4720000	0,0064087	0,0067139	0,0067139	0,0051880	0,0061035	0,0070190	0,0070190	0,0054932	0,0067139
0.4730000	0,0073242	0,0064087	0,0079346	0,0064087	0,0054932	0,0079346	0,0064087	0,0021362	0,0027466
0.4740000	0,0070190	0,0051880	0,0085449	0,0061035	0,0057983	0,0070190	0,0042725	0,0061035	0,0070190
0.4750000	0,0067139	0,0070190	0,0079346	0,0057983	0,0054932	0,0073242	0,0042725	0,0073242	0,0085449
0.4760000	0,0064087	0,0070190	0,0076294	0,0054932	0,0061035	0,0070190	0,0051880	0,0079346	0,0079346
0.4770000	0,0036621	0,0067139	0,0070190	0,0064087	0,0045776	0,0070190	0,0061035	0,0073242	0,0079346
0.4780000	0,0076294	0,0079346	0,0036621	0,0076294	0,0064087	0,0061035	0,0054932	0,0079346	0,0079346
0.4790000	0,0079346	0,0079346	0,0067139	0,0067139	0,0064087	0,0067139	0,0067139	0,0085449	0,0097656
0.4800000	0,0073242	0,0073242	0,0070190	0,0073242	0,0076294	0,0064087	0,0061035	0,0079346	0,0073242
0.4810000	0,0070190	0,0076294	0,0067139	0,0070190	0,0064087	0,0054932	0,0051880	0,0085449	0,0073242
0.4820000	0,0073242	0,0073242	0,0057983	0,0073242	0,0070190	0,0048828	0,0057983	0,0067139	0,0061035
0.4830000	0,0076294	0,0076294	0,0073242	0,0057983	0,0067139	0,0045776	0,0033569	0,0076294	0,0061035
0.4840000	0,0073242	0,0076294	0,0064087	0,0070190	0,0064087	0,0045776	0,0064087	0,0070190	0,0045776
0.4850000	0,0076294	0,0067139	0,0061035	0,0073242	0,0070190	0,0057983	0,0067139	0,0057983	0,0042725
0.4860000	0,0070190	0,0067139	0,0070190	0,0070190	0,0070190	0,0061035	0,0067139	0,0070190	0,0036621
0.4870000	0,0064087	0,0061035	0,0076294	0,0070190	0,0067139	0,0045776	0,0042725	0,0051880	0,0051880
0.4880000	0,0057983	0,0057983	0,0057983	0,0070190	0,0070190	0,0054932	0,0079346	0,0042725	0,0070190
0.4890000	0,0030518	0,0073242	0,0030518	0,0064087	0,0061035	0,0057983	0,0079346	0,0061035	0,0054932
0.4900000	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0079346	0,0051880	0,0073242
0.4910000	0,0061035	0,0057983	0,0076294	0,0070190	0,0064087	0,0064087	0,0042725	0,0057983	0,0064087

0.4920000	0,0051880	0,0057983	0,0061035	0,0057983	0,0061035	0,0067139	0,0061035	0,0054932	0,0030518
0.4930000	0,0033569	0,0067139	0,0070190	0,0067139	0,0036621	0,0064087	0,0064087	0,0061035	0,0061035
0.4940000	0,0064087	0,0073242	0,0073242	0,0061035	0,0057983	0,0076294	0,0057983	0,0057983	0,0070190
0.4950000	0,0067139	0,0030518	0,0079346	0,0073242	0,0045776	0,0067139	0,0054932	0,0061035	0,0073242
0.4960000	0,0064087	0,0067139	0,0094604	0,0064087	0,0064087	0,0070190	0,0051880	0,0067139	0,0045776
0.4970000	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0064087	0,0018311	0,0073242	0,0051880	0,0070190	0,0082397
0.4980000	0,0073242	0,0039673	0,0088501	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0057983	0,0070190	0,0082397
0.4990000	0,0076294	0,0079346	0,0070190	0,0070190	0,0067139	0,0064087	0,0057983	0,0082397	0,0073242
0.5000000	0,0076294	0,0082397	0,0079346	0,0067139	0,0076294	0,0064087	0,0067139	0,0082397	0,0076294
0.5010000	0,0064087	0,0064087	0,0064087	0,0057983	0,0057983	0,0054932	0,0057983	0,0082397	0,0067139
0.5020000	0,0076294	0,0076294	0,0057983	0,0082397	0,0067139	0,0057983	0,0045776	0,0073242	0,0067139
0.5030000	0,0067139	0,0076294	0,0070190	0,0064087	0,0057983	0,0051880	0,0061035	0,0076294	0,0076294
0.5040000	0,0070190	0,0027466	0,0064087	0,0064087	0,0070190	0,0048828	0,0067139	0,0082397	0,0057983
0.5050000	0,0070190	0,0073242	0,0076294	0,0067139	0,0070190	0,0057983	0,0064087	0,0061035	-0,0009155
0.5060000	0,0079346	0,0070190	0,0064087	0,0061035	0,0073242	0,0054932	0,0076294	0,0051880	0,0051880
0.5070000	0,0070190	0,0045776	0,0067139	0,0067139	0,0039673	0,0064087	0,0085449	0,0061035	0,0054932
0.5080000	0,0076294	0,0061035	0,0070190	0,0073242	0,0073242	0,0057983	0,0082397	0,0051880	0,0057983
0.5090000	0,0067139	0,0061035	0,0064087	0,0064087	0,0057983	0,0057983	0,0088501	0,0057983	0,0061035
0.5100000	0,0064087	0,0070190	0,0064087	0,0079346	0,0070190	0,0073242	0,0085449	0,0061035	0,0051880
0.5110000	0,0057983	0,0061035	0,0064087	0,0061035	0,0064087	0,0061035	0,0070190	0,0051880	0,0067139
0.5120000	0,0076294	0,0064087	0,0088501	0,0070190	0,0061035	0,0067139	0,0070190	0,0057983	0,0057983