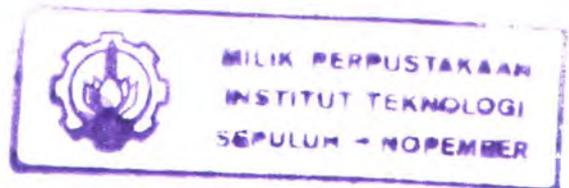


21.362/117/14/05



# ANALISIS TAHANAN KATAMARAN PADA BERBAGAI VARIASI JARAK ANTARA DEMIHULL

## TUGAS AKHIR



Rspe  
623.823  
war  
9-1  
2003

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	26-02-2004
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	219784

Disusun oleh :

**WIDHI NUGRAHA WARDANA**

**NRP. 4196 100 014**

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2003**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS TAHANAN KATAMARAN PADA BERBAGAI VARIASI  
JARAK ANTARA DEMIHULL**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan  
Studi Strata Satu dan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Perkapalan

Surabaya, Juli 2003  
Mengetahui dan Menyetujui ,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



**Ir. I.K.A.P. Utama, M.Sc., Ph.D**  
NIP. 132 007 645

**Ir. P. Adrianto, M.A.Sc.**  
NIP. 130 325 763

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS TAHANAN KATAMARAN PADA BERBAGAI VARIASI  
JARAK ANTARA DEMIHULL**

**TUGAS AKHIR**

Telah Direvisi Sesuai dengan Hasil Sidang Tugas Akhir

pada

**Jurusan Teknik Perkapalan**

**Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**Surabaya, Juli 2003**

**Mengetahui dan Menyetujui,**

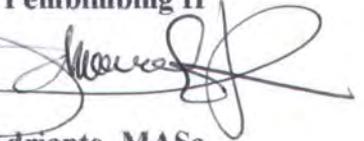
**Dosen Pembimbing I**



**Ir. I.K.A.P. Utama, M.Sc., Ph.D**  
**NIP. 132 007 645**



**Dosen Pembimbing II**



**Ir. P. Adrianto, M.Sc.**  
**NIP. 130 325 763**

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER (ITS)  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

**ABSTRAK**

Sarjana Teknik (S1)

**Analisis Tahanan Katamaran pada Berbagai Variasi Jarak Antara Demihull**

Oleh : Widhi Nugraha Wardana  
Pembimbing I : Ir. I.K.A.P. Utama, M.Sc.,Ph.D.  
Pembimbing II : Ir. Petrus Adrianto, MAsc.

Jarak antara demihull menimbulkan efek interferensi pada tahanan katamaran. Hal ini disebabkan oleh aliran asimetris di sekitar demihull dan interaksi dari sistem gelombang masing – masing demihull. Pada perhitungan tahanan total katamaran yang membagi komponen tahanan menjadi tahanan gesek dan tahanan sisa, efek interferensi diwakili oleh faktor bentuk yang mengandung faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  dan faktor interferensi tahanan sisa  $\tau_R$ .

Percobaan dilaksanakan untuk mengestimasi besarnya faktor interferensi  $\beta$  dan  $\tau_R$  dengan beberapa variasi jarak antara demihull ( $S/L = 0.2, 0.3, 0.4$  dan  $0.5$ ) serta variasi angka Froude ( $F_n = 0.1, 0.2, 0.4$  dan  $0.6$ ).

Terbukti dari hasil percobaan bahwa kecepatan, sampai batas tertentu ( $F_n \leq 0.6$ ), mempengaruhi interferensi katamaran. Sementara itu interferensi maksimum terjadi di  $S/L = 0.2$  dan turun seiring kenaikan  $S/L$  sehingga pada rasio  $S/L = 0.5$  efek interferensi tidak begitu signifikan lagi.

SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY (ITS)  
FACULTY OF OCEAN ENGINEERING  
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE

**ABSTRACT**

*Degree in Engineering (SI)*

***Catamaran Resistance Analysis on Variation of Spacing Between Demihulls***

By : Widhi Nugraha Wardana  
1<sup>st</sup> Supervisor : Ir. I.K.A.P. Utama, M.Sc., Ph.D.  
2<sup>nd</sup> Supervisor : Ir. Petrus Adrianto, MASC.

*The spacing of the two demihulls caused an interference effect on catamaran resistance. This is due to the asymmetric flow around a demihull and interaction between the wave systems of the demihulls. On catamaran resistance calculation using the breakdown of resistance component into frictional resistance and residuary resistance, interference effect was represented by form factor, in which also includes the viscous interference factor  $\beta$  and residuary interference factor  $\tau_R$ .*

*Experimental tests were carried out in order to estimate the values of interference factor  $\beta$  and  $\tau_R$  on several separation to length ratio ( $S/L = 0.2, 0.3, 0.4$  and  $0.5$ ) with variation of Froude numbers ( $Fn = 0.1, 0.2, 0.4$  and  $0.6$ ).*

*The results prove that until certain point ( $Fn \leq 0.6$ ), speed has a significant influence on interference of the catamaran. Meanwhile, the maximum interference occurs in  $S/L = 0.2$  and decreasing with an increase on  $S/L$ , hence in  $S/L = 0.5$  the interference effect become no more significant.*

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang mendalam penulis panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Pengasih atas karunia – Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS.

Laporan ini dibuat berdasarkan hasil percobaan tahanan terhadap model katamaran yang dilakukan di tangki uji Laboratorium Hidrodinamika FTK – ITS.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik oleh penulis tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Ir. I.K.A. Pria Utama , M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Petrus Adrianto, MAsc., selaku Dosen Pembimbing II yang memberikan petunjuk dalam pelaksanaan eksperimen di Laboratorium Hidrodinamika.
3. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS
4. Ir. Paulus Andrianto, selaku Dosen Wali yang juga telah banyak memberi petunjuk dan bimbingan selama penulis menjalani perkuliahan.
5. Pak Condro, Pak Toni, Pak Joko, Pak Yus dan Cak Pur selaku Staf Laboratorium Hidrodinamika atas bimbingan dan kerjasamanya selama pelaksanaan eksperimen.

6. Bapak dan Ibu di rumah serta kakak : Jeni, Hari dan Yos, bersama keluarga mereka masing – masing yang selalu mendukung dalam doa dan dorongan moral serta material sampai terselesainya Tugas Akhir ini.
7. Lusi, Bagas, Hatris, Oka, Fauzan, Dodi, Faisyal, Izul dan semua rekan – rekan angkatan '96 atas bantuannya baik pada saat penyelesaian Tugas Akhir ini maupun selama masa perkuliahan.
8. Teman – teman di Sutorejo : Baglug, Edi, Jingga, Kadek Wija, Arik, Pandu, Yansuko, Konik, Asta, Edo, Wayan, Koming dan Kadek Heri; teman – teman di Mavio : Kajeng, Dharmendra, Gus Dedi dan Athat serta teman – teman di Jl. Anggrek Denpasar. *Good friends we have and good friends we've lost along the way.*
9. Untuk Sari Uttami, terima kasih untuk kesabarannya menjadi pendengar yang baik dan memberikan dorongan moral bagi penulis. *Tu es tres precieux pour moi.*

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini bisa bermanfaat.

Surabaya, Juli 2003

Widhi Nugraha Wardana

## DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b>	i
<b>Abstract</b>	ii
<b>Kata Pengantar</b>	iii
<b>Daftar Isi</b>	v
<b>Daftar Gambar</b>	viii
<b>Daftar Notasi</b>	x
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Metodologi dan Model Analisis	3
1.7. Sistematika Penulisan	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Komponen Tahanan Katamaran	6
2.2. Tahanan Gesek	8
2.2.1. Interferensi Tahanan Kekentalan	11
2.3. Tahanan Sisa	13
2.3.1. Interferensi Tahanan Sisa	13
2.4. Tahanan Gelombang	14

2.4.1. Sistem Gelombang	14
2.4.2. Interferensi Tahanan Gelombang	16
<b>BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PERCOBAAN</b>	
3.1. Persiapan Model Katamaran	18
3.1.1. Deskripsi Model	18
3.1.2. Setting Model	19
3.2. Perangkat Peralatan Percobaan	21
3.2.1. Tangki Percobaan	21
3.2.2. Kereta Tarik	21
3.2.3. Ruang Kontrol	22
3.2.4. Amplifier	23
3.2.5. Stimulasi Turbulensi	23
3.2.6. Load Cell	23
3.3. Prosedur dan Analisis Percobaan	24
3.3.1. Prosedur Kalibrasi	24
3.3.2. Prosedur Percobaan Tahanan	25
3.3.3. Analisis Data Percobaan	25
<b>BAB 4 ANALISIS DAN DISKUSI HASIL EKSPERIMEN</b>	
4.1. Perbandingan Tahanan Demihull dengan Katamaran	27
4.2. Faktor Interferensi Tahanan Katamaran	31
4.2.1. Faktor Interferensi Tahanan Kekentalan	32
4.2.2. Faktor Interferensi Tahanan Sisa	35
4.3. Hasil Penelitian Lain yang telah Dipublikasikan	41

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan 42

5.2. Saran ke depan 44

## **DAFTAR PUSTAKA 45**

## **LAMPIRAN**

Lampiran A Foto Eksperimen

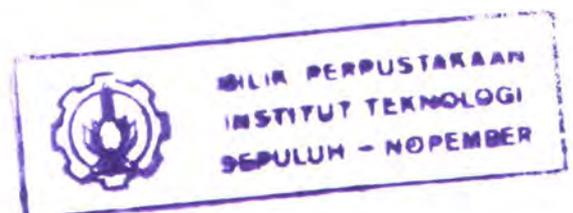
Lampiran B Data Hasil Percobaan

Lampiran C Model Katamaran Wigley – Hull, NPL dan Series 64

Lampiran D Tabel Faktor Interferensi Tahanan Sisa dari Buckland

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Diagram komponen tahanan dalam bentuk koefisien
- Gambar 2.2 Lapisan batas di sepanjang permukaan bidang
- Gambar 2.3 Nilai relatif komponen tahanan katamaran untuk tipe katamaran menggunakan pembagian tahanan  $C_T = C_F + C_R$
- Gambar 2.4 Nilai relatif komponen tahanan katamaran untuk tipe katamaran menggunakan pembagian tahanan  $C_T = C_W + (1+k)C_F$
- Gambar 2.5 Puncak gelombang dari kelompok gelombang Kelvin oleh usikan di P
- Gambar 3.1 Bentuk body plan demihull simetris
- Gambar 3.2 Setting model demihull
- Gambar 3.3 Setting model katamaran
- Gambar 3.4 Diagram pengujian tahanan
- Gambar 4.1 Koefisien tahanan total ( $C_T$ ) 1 demihull dan katamaran pada masing – masing variasi kecepatan
- Gambar 4.2 Koefisien tahanan total ( $C_T$ ) katamaran menggunakan model Wigley hull pada  $S/L = 0.2$
- Gambar 4.3 Koefisien tahanan sisa ( $C_R$ ) 1 demihull dan katamaran pada masing – masing variasi kecepatan
- Gambar 4.4 Koefisien tahanan sisa ( $C_R$ ) katamaran dari hasil penelitian Matsui, dkk

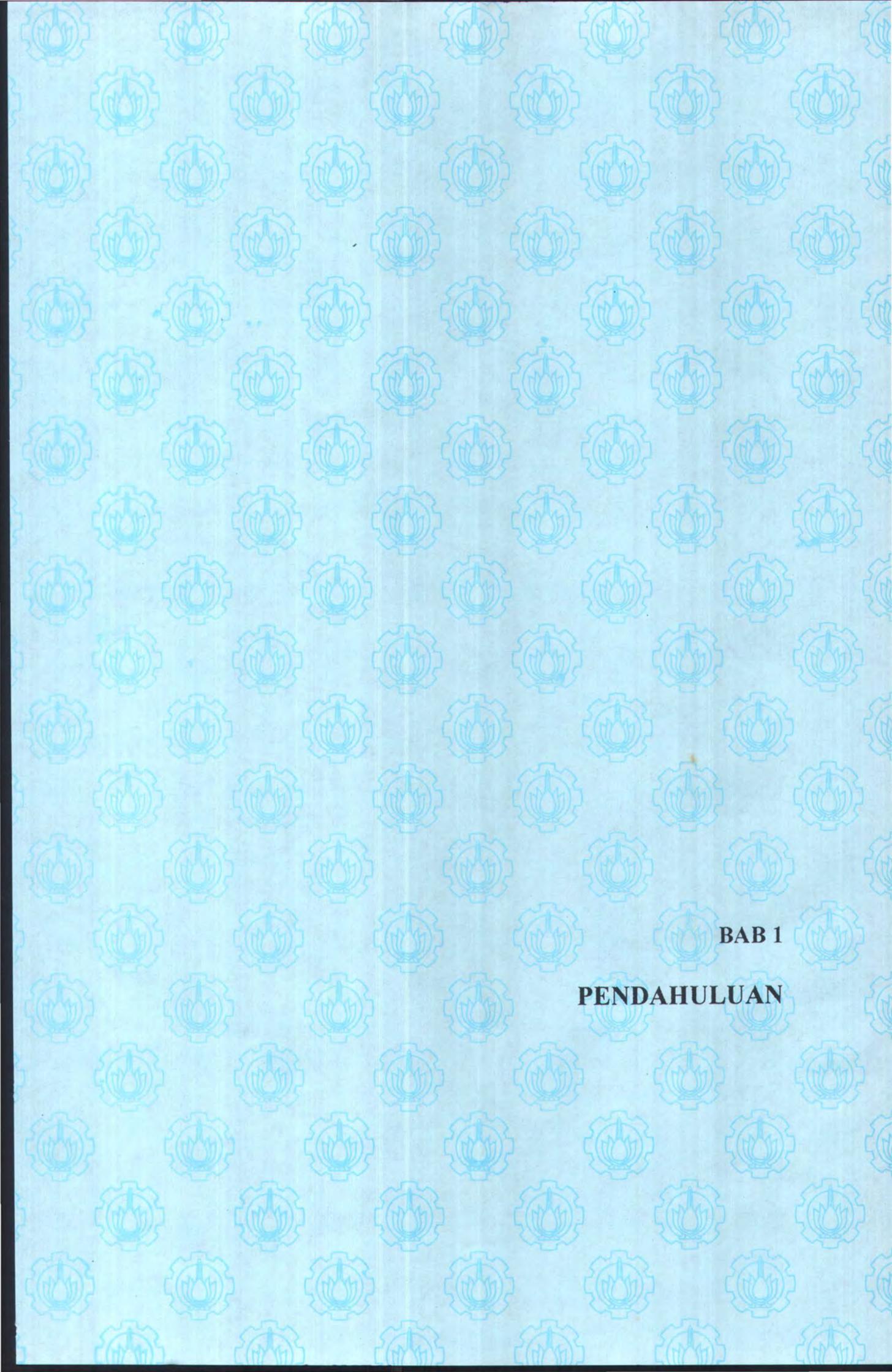


- Gambar 4.5 Faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  terhadap kecepatan
- Gambar 4.6 Faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  terhadap variasi S/L
- Gambar 4.7 Faktor interferensi tahanan sisa  $\tau_R$  terhadap kecepatan
- Gambar 4.8 Faktor interferensi tahanan sisa dari analisis regresi
- Gambar 4.9 Tahanan total katamaran terhadap kecepatan  $v$
- Gambar 4.10 Tahanan total  $R_T$  terhadap kecepatan ( $F_n$ ) dari hasil eksperimen

## DAFTAR NOTASI

$F_n$	Froude Number [ $V/(gL)^{1/2}$ ]
$R_n$	Reynolds Number [ $VL/\nu$ ]
$V$	Kecepatan kapal [m/s]
$A$	Luas permukaan basah, disebut juga sebagai WSA [ $m^2$ ]
$L_{pp}$	Panjang per pendicular [m]
$B$	Lebar demihull katamaran [m]
$T$	Sarat [m]
$S$	Jarak antara demihull katamaran diukur dari center line [m]
$\nabla$	Volume Displasemen [ $m^3$ ]
$L/\nabla^{1/3}$	Rasio panjang – displasemen, menunjukkan kelangsingan kapal
$R_T$	Tahanan total kapal [N]
$C_T$	Koefisien tahanan total [ $R_T/(0.5\rho AV^2)$ ]
$R_R$	Tahanan sisa [N]
$C_R$	Koefisien tahanan sisa [ $R_R/(0.5\rho AV^2)$ ]
$R_W$	Tahanan gelombang [N]
$C_W$	Koefisien tahanan gelombang [ $R_W/(0.5\rho AV^2)$ ]
$C_{F0}$	Koefisien tahanan gesek pelat datar yang ekuivalen [Froude]
$C_F$	Koefisien tahanan gesek [garis korelasi ITTC '57]
$(1+k)$	Faktor bentuk, monohull
$(1+\beta k)$	Faktor bentuk, katamaran
$\beta$	Faktor interferensi tahanan kekentalan

$\tau$	Faktor interferensi tahanan gelombang
$\tau_R$	Faktor interferensi tahanan sisa
$g$	Percepatan gravitasi [ $9.81 \text{ m/s}^2$ ]
$\rho$	Koefisien kerapatan [air tawar untuk model $1000 \text{ kg/m}^3$ , air asin untuk kapal $1025 \text{ kg/m}^3$ ]
$\nu$	Viskositas kinematis [air tawar untuk model $1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ; air asin untuk kapal $1.19 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ]
ITTC	International Towing Tank Conference



BAB 1

**PENDAHULUAN**

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Katamaran adalah bentuk badan kapal yang menggunakan dua lambung (*twin hull*). Bentuk seperti ini menghasilkan kawasan geladak yang lebih luas serta stabilitas melintang yang lebih baik pada kecepatan yang tinggi (*Insel & Molland, 1992*), sehingga sangat baik diterapkan pada kapal – kapal cepat, seperti : kapal wisata (*cruise ship*), yacht, kapal patroli dan SAR serta kapal penumpang / ferry. Bagi operator kapal, dalam hal ini perusahaan pelayaran, penggunaan kapal katamaran memungkinkan penambahan jadwal pelayaran (*round trip*) yang dapat meningkatkan pendapatan perusahaan tersebut.

Walaupun katamaran disukai oleh karena kelebihanannya namun ada aspek tahanan yang harus dipertimbangkan oleh para perancang kapal, yaitu karakteristiknya yang mempunyai tahanan kecil pada kecepatan tinggi sebaliknya tahanannya besar pada kecepatan yang rendah (*Fry & Graul, 1972*). Mengingat besarnya tahanan kapal mempengaruhi daya mesin penggerak yang dibutuhkan maka para perancang kapal katamaran membutuhkan metode estimasi yang tepat untuk menghitung besarnya tahanan katamaran ini melalui riset eksperimental maupun numerik.

Adanya jarak antar hull mempengaruhi tahanan total pada katamaran. Hal ini disebabkan adanya efek interferensi, baik itu interferensi yang disebabkan oleh

aliran asimetris di bagian belakang maupun interferensi gelombang antar demihull.

Pada tugas akhir ini dilakukan sejumlah pengujian terhadap model katamaran di Laboratorium Hidrodinamika FTK – ITS untuk mengidentifikasi dan menjelaskan efek interferensi yang terjadi pada katamaran dengan variasi jarak antar hull, atau lebih dikenal dengan istilah *separation to length ratio* (S/L), pada beberapa variasi kecepatan ( $F_n$ ). Selanjutnya faktor interferensi  $\beta$  dan  $\tau$  akan dianalisis melalui perbandingan tahanan katamaran dengan tahanan monohull.

### 1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan tahanan konfigurasi katamaran (*twin hull*) dengan konfigurasi monohull ?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan terhadap efek interferensi pada katamaran ?
3. Bagaimana pengaruh variasi jarak antar hull (S/L) terhadap efek interferensi pada katamaran ?

### 1.3. Batasan Masalah

Pada pelaksanaan eksperimen di laboratorium dan pembahasan tugas akhir ini dibuat beberapa batasan untuk penyelesaiannya, yaitu :

1. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan peralatan yang tersedia di Laboratorium Hidrodinamika FTK – ITS dengan asumsi kondisi air tenang dan perairan laut dalam

2. Hanya dibatasi pada lingkup tahanan katamaran sehingga trim dan sinkage tidak diukur serta efeknya terhadap gerakan kapal tidak dibahas lebih lanjut
3. Tidak membahas efek terhadap balok penghubung antar hull (*connecting beam*) dan struktur deck
4. Model hanya bergerak pada arah maju
5. Gesekan antara roda dan rel diabaikan

#### 1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai melalui eksperimen tahanan terhadap model katamaran ini adalah :

1. Mengidentifikasi dan analisis faktor interferensi dari perbandingan tahanan katamaran dengan tahanan monohull
2. Mengidentifikasi dan analisis pengaruh variasi kecepatan terhadap efek interferensi pada katamaran
3. Mengidentifikasi dan analisis pengaruh variasi jarak antar hull (S/L) terhadap efek interferensi pada katamaran

#### 1.4. Manfaat

Manfaat dari eksperimen dan pengerjaan tugas akhir ini adalah memberikan data yang berguna bagi pihak galangan dan perancang kapal katamaran untuk menentukan jarak yang efektif antar hull dari segi tahanan.

### 1.5. Metodologi dan Model Analisis

#### a. Persiapan dan prosedur percobaan :

- Persiapan model katamaran
- Persiapan tangki uji (towing tank) termasuk kalibrasi peralatan
- Percobaan dengan 1 demihull ( $F_n = 0,1, 0,2, 0,4$  dan  $0,6$ )
- Percobaan dengan konfigurasi katamaran pada rasio  $S/L$   $0,2, 0,3, 0,4$  dan  $0,5$  serta beberapa variasi kecepatan ( $F_n = 0,1, 0,2, 0,4$  dan  $0,6$ )

#### b. Perhitungan dan analisis hasil percobaan :

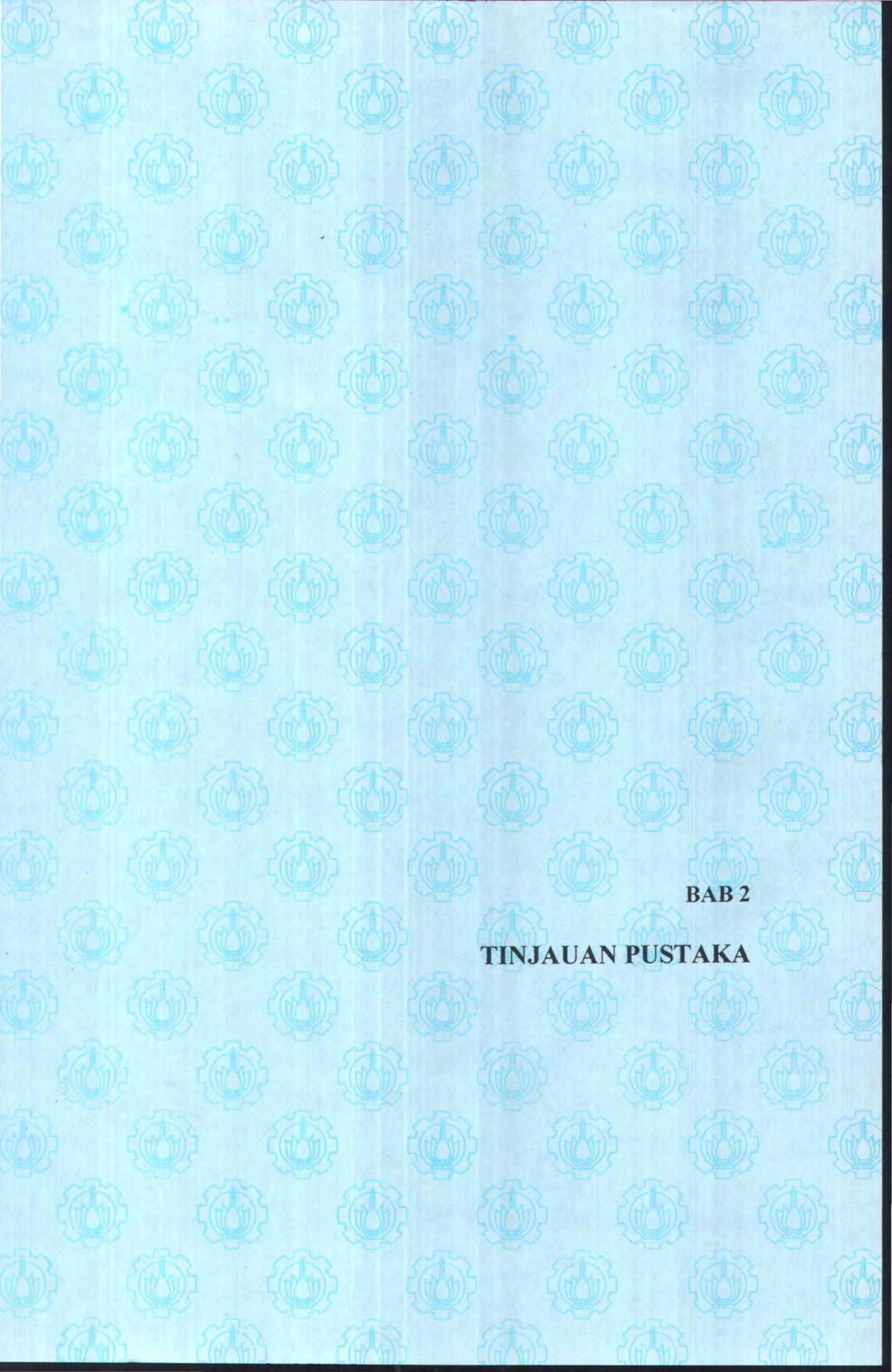
- Membuat plot perbandingan antara tahanan konfigurasi katamaran dengan tahanan demihull yang diisolasi (1 demihull)
- Form factor  $(1+k)$  untuk monohull menggunakan form factor dari hasil penelitian elipsoid di terowongan angin (*Molland dan Utama, 1997*), yang memiliki karakteristik model hampir sama ( $C_B$  elipsoid =  $0.521$  ;  $C_B$  demihull =  $0.539$ ). Sedangkan form factor untuk konfigurasi katamaran diambil harga  $10\%$  dari form factor monohull (*Insel dan Molland, 1992*), dengan demikian tahanan kekentalan untuk masing – masing kondisi bisa diturunkan dari hasil kali form factor dengan tahanan gesek.
- Faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  dicari dari perbandingan tahanan kekentalan konfigurasi katamaran dengan tahanan kekentalan demihull yang diisolasi
- Faktor interferensi tahanan sisa diturunkan dari perbandingan tahanan sisa katamaran dengan tahanan sisa demihull



- Membandingkan faktor interferensi tahanan sisa yang diperoleh dari percobaan dengan faktor interferensi dari analisis regresi yang dilakukan oleh Buckland (1999)
- Analisis dan plot faktor interferensi  $\beta$  dan  $\tau_R$  terhadap kecepatan ( $F_n$ )
- Analisis faktor interferensi  $\beta$  dan  $\tau$  terhadap variasi jarak antara demihull

### 1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini seluruhnya terdiri dari dari 5 bab, yaitu : Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Persiapan dan Prosedur Percobaan, Analisis dan Diskusi Hasil Eksperimen serta Kesimpulan dan Saran. Pendahuluan meliputi latar belakang dan perumusan masalah serta metodologi dalam analisis data. Tinjauan Pustaka memberikan pengertian secara umum komponen tahanan kapal katamaran dan pemahaman mengenai interferensi yang diakibatkan oleh jarak antar hull serta pengaruhnya terhadap tahanan kapal. Deskripsi tentang model yang digunakan, peralatan pengujian, proses setting, kalibrasi dan prosedur percobaan dibahas di bab 3. Kemudian bab 4 berisi tentang Penyajian data hasil eksperimen, penurunan faktor interferensi dari data dan analisis terhadap kecepatan dan variasi jarak antar demihull. Pada bab terakhir ditarik kesimpulan umum mengenai hasil eksperimen dan saran ke depan untuk mencapai hasil yang lebih akurat.



**BAB 2**

**TINJAUAN PUSTAKA**

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

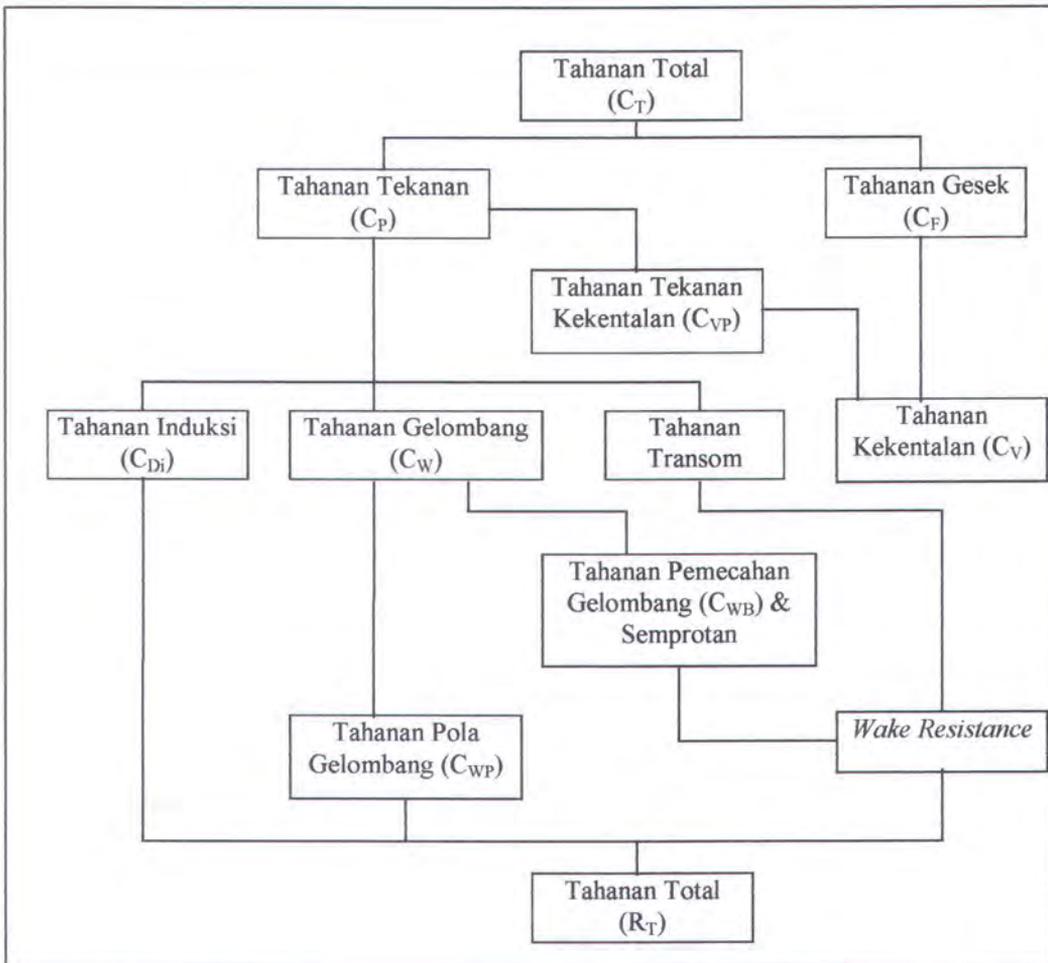
#### 2.1. Komponen Tahanan Katamaran

Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Berdasarkan proses fisiknya, tahanan pada kapal yang bergerak di permukaan dapat dibagi menjadi beberapa bagian. Dengan mengabaikan adanya tahanan udara, maka tahanan kapal disebabkan oleh tegangan normal dan tegangan geser fluida yang bekerja pada badan kapal di bawah permukaan air. Komponen tegangan geser diakibatkan oleh adanya viskositas fluida, sedangkan komponen tegangan normal terdiri dari 2 komponen utama, yaitu *wave making*, dibangkitkan oleh gelombang gravitasi permukaan bebas (*inviscid*) dan komponen *viscous pressure* yang disebabkan oleh *pressure deficit* di bagian stern karena adanya boundary layer. Bentuk stern yang transom menghadirkan kasus yang spesial dan termasuk dalam komponen *pressure drag* dan *induced drag* pada katamaran.

Standar International Towing Tank Conference (ITTC) praktis membagi tahanan total ( $R_T$ ) menjadi tahanan kekentalan ( $R_V$ ) yang terkait dengan Reynolds number dan tahanan gelombang ( $R_W$ ) yang tergantung pada Froude number. Hubungan ini terlihat pada persamaan (1). Tahanan gelombang mengandung

komponen inviscid sedangkan tahanan kekentalan meliputi tahanan akibat tegangan geser (*friction drag*) dan komponen viscous pressure.

$$R_T(F_n, R_e) = R_W(F_n) + R_v(R_e) = R_W(F_n) + (1+k)(F_n)R_F(R_e) \quad (1)$$



Gambar 2.1. Diagram komponen tahanan dalam bentuk koefisien (Harvald, 1983)

Secara praktis tahanan kekentalan biasanya diestimasi menggunakan koefisien tahanan gesek ( $C_F$ ) dari ITTC 1957 correlation line bersama dengan form factor yang sesuai. Di sini  $C_F$  adalah perkiraan untuk gesekan pada

permukaan pelat datar dan form factor sendiri digunakan untuk memperhitungkan bentuk alami badan kapal yang tiga dimensi. Ini termasuk efek bentuk kapal terhadap boundary layer dan juga komponen viscous pressure drag. Perlu dicatat bahwa ITTC – 57 correlation line adalah hasil empiris dan di dalamnya telah mengandung efek dari bentuk badan kapal. Komponen tahanan gelombang biasanya diturunkan dari percobaan model atau menggunakan metode computational fluid dynamics (CFD).

Tahanan total katamaran dalam bentuk koefisien dapat diekspresikan sebagai berikut (Insel dan Molland, 1992) :

$$C_T = (1 + \phi k) \sigma C_F + \tau C_W \quad (2)$$

dimana :

$C_F$  diperoleh dari ITTC 1957 correlation line

$C_W$  adalah koefisien tahanan gelombang untuk demihull yang diisolasi

$(1 + k)$  adalah faktor bentuk untuk demihull yang diisolasi

$\phi$  digunakan untuk memperhitungkan perubahan tekanan di sekitar demihull

$\sigma$  mewakili tambahan kecepatan di antara hull dan dihitung dari penjumlahan tahanan gesek lokal pada seluruh permukaan basah (*wetted surface*)

$\tau$  adalah faktor interferensi tahanan gelombang

Pada kenyataannya faktor  $\phi$  dan  $\sigma$  sulit diukur sehingga untuk kebutuhan praktis kedua faktor tersebut digabung menjadi faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$ ,

dimana  $(1 + \phi k)\sigma = (1 + \beta k)$

sehingga kemudian  $C_{T \text{ cat}} = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W$  (3)

dengan catatan untuk demihull yang diisolasi  $\beta = 1$  dan  $\tau = 1$ .

## 2.2. Tahanan Gesek

Tahanan gesek adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegrasikan tegangan tangensial ke seluruh permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal. Bagi suatu benda yang bergerak di fluida, adanya viskositas fluida 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 lintang kecepatannya sangat besar dibandingkan dengan variasi longitudinalnya, dan tegangan gesernya mempunyai arti yang penting.

Bila di sepanjang suatu pelat datar terdapat aliran yang homogen, maka kecepatan fluida tepat pada permukaannya adalah nol karena adanya gaya gesek yang memperlambat gerakan fluida sehingga terjadi lapisan tipis di dekat pelat tersebut (gambar 2.2). Di dalam lapisan batas kecepatan fluida  $U$  naik dari nol di pelat hingga mencapai harga maksimumnya yang sesuai dengan kecepatan di dalam aliran luar tanpa gesekan  $U_\infty$ . Tebal lapisan batas  $\delta$  adalah jarak dari dan tegak lurus permukaan benda ke titik yang di titik tersebut kecepatan aliran mencapai harga yang sama dengan harga kecepatan aliran tanpa viskositas yang ekuivalen.

Hukum konservasi momentum untuk elemen volume yang berada tepat di belakang pelat menunjukkan bahwa momentum yang hilang per satuan waktu harus sama dengan tahanan yang dialami pelat tersebut. Ini menghasilkan persamaan sebagai berikut untuk elemen volume tersebut :

$$\int_0^{\delta} \rho U (U_{\infty} - U) dy = \int_0^x \tau_0 dx = R \quad (4)$$

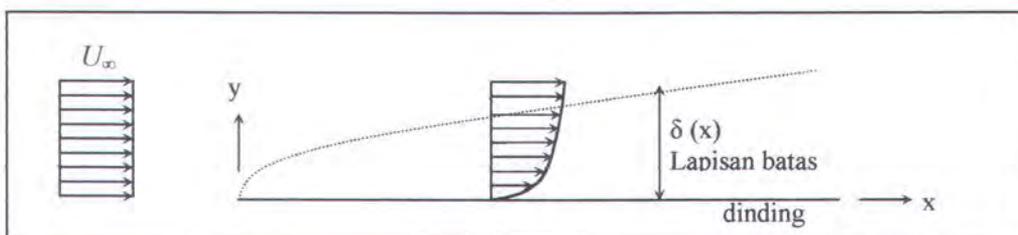
$R$  adalah tahanan pada bagian pelat yang terletak antara 0 dan  $x$ .  $\tau_0$  adalah tegangan geser pada dinding yang sama dengan

$$\tau_0 = \eta \left( \frac{\partial u}{\partial y} \right)_0 \quad (5)$$

angka nol di bawah menunjukkan harga pada dinding yaitu untuk  $y = 0$ . Di sini  $R$  sama dengan tahanan gesek  $R_F$  yang dapat dinyatakan sebagai

$$R_F = C_F \left( \frac{1}{2} \rho V^2 \right) S \quad (6)$$

$C_F$  adalah koefisien tahanan gesek ;  $\rho$  massa jenis ;  $V$  adalah kecepatan pelat relatif terhadap aliran dan  $S$  adalah permukaan basah pelat.



Gambar 2.2. Lapisan batas di sepanjang permukaan bidang

Oleh karena koefisien tahanan gesek  $C_F$  biasanya diperoleh melalui percobaan di tangki uji, maka diperlukan suatu cara yang seragam untuk

menghitung gesekan permukaan dan untuk mengembangkan data yang diperoleh dari model ke ukuran kapal yang sebenarnya. Pada tahun 1957, International Towing Tank Conference memberikan persetujuan pada rumus berikut :

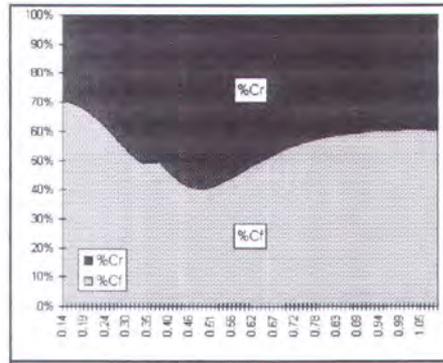
$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \quad (7)$$

Rumus tersebut diberi nama garis korelasi model – kapal, dan bukan merupakan garis tahanan gesek yang mewakili tahanan gesek permukaan datar atau permukaan lengkung. Hughes (1952 dan 1954) memperkenalkan definisi faktor bentuk (*form factor*) untuk menentukan harga  $C_F$  pada permukaan yang tidak datar.

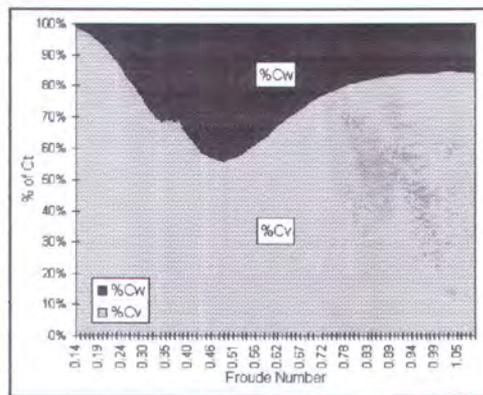
### 2.2.1. Interferensi Tahanan Kekentalan

Pada umumnya pengujian tahanan kapal di towing tank menggunakan pembagian tahanan menjadi tahanan gesek ( $C_F$ ) dan tahanan sisa ( $C_R$ ). Tahanan gesek  $C_F$  ini merujuk ke standar ITTC 1957. Sedangkan tahanan sisa mengandung unsur tekanan (*viscous pressure*) dan efek bentuk pada gesekan permukaan badan kapal. Problem utama pada kapal katamaran kecepatan tinggi ( $F_n > 0,6$ ) adalah, akibat kelangsingannya, tahanan total didominasi oleh komponen tahanan kekentalan (*viscous resistance*). Terlihat pada gambar berikut yang menunjukkan secara relatif besarnya komponen – komponen tahanan katamaran yang berbeda pada skala model (Couser, dkk, 1997). Hal ini tidak menguntungkan sebab, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, gesekan dihitung secara empiris berdasarkan gesekan pelat datar dan kemudian dimodifikasi sedemikian rupa untuk

mendapatkan komponen tahanan kekentalan. Besarnya komponen tahanan ini secara relatif dapat mengurangi ketepatan hasil akhir.



Gambar 2.3. Nilai relatif komponen tahanan katamaran untuk tipe katamaran menggunakan pembagian tahanan  $C_T = C_F + C_R$  (Couser, dkk, 1997)



Gambar 2.4. Nilai relatif komponen tahanan katamaran untuk tipe katamaran menggunakan pembagian tahanan  $C_T = C_W + (1+k)C_F$  (Couser, dkk, 1997)

Dengan demikian cukup jelas bahwa pemilihan faktor bentuk yang sesuai adalah sangat penting agar ekstrapolasi dari hasil pengujian model ke *full scale* menjadi lebih akurat.

Insel dan Molland (1992) melakukan pengukuran tahanan kekentalan pada beberapa bentuk katamaran. Faktor bentuk dari konfigurasi katamaran, untuk

semua jarak antar demihull yang diuji, ditemukan sekitar 10 % lebih besar daripada konfigurasi monohull. Hasil ini mempertegas indikasi adanya interferensi tahanan kekentalan yang diidentifikasi sebagai akibat aliran asimetris di sekeliling demihull katamaran yang berpengaruh terhadap formasi lapisan batas (*boundary layer formation*) dan terbentuknya *vortex* pada aliran viskos. Masih menurut Insel dan Molland, interferensi tahanan kekentalan ditemukan bukannya tergantung kecepatan atau separasi demihull (*S/L ratio*), melainkan sangat dipengaruhi oleh perbandingan antara panjang dan lebar demihull (*L/B*).

### 2.3. Tahanan Sisa

Bagian terbesar dari tahanan sisa adalah komponen tahanan gelombang. Unsur lainnya adalah tahanan tekanan dan tahanan gesek tambahan akibat bentuk benda yang tiga dimensi. Dari kegiatan praktis di laboratorium, tahanan sisa merupakan kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari koefisien tahanan total dengan koefisien tahanan gesek yang menggunakan rumus ITTC correlation line.

#### 2.3.1. Interferensi Tahanan Sisa

Faktor interferensi tahanan sisa,  $\tau_R$ , didefinisikan sebagai rasio antara tahanan sisa katamaran dengan tahanan sisa demihull. Faktor ini tergantung dari kecepatan,  $L/\nabla^{1/3}$  dan jarak antar hull, tetapi tampaknya tidak banyak dipengaruhi oleh bentuk badan kapal tertentu (*Molland, dkk, 2000*). Untuk menyediakan pendekatan praktis, dilakukan analisis regresi dari hasil percobaan beberapa

model katamaran terhadap rasio  $L/\nabla^{1/3}$  pada Froude number tertentu. (Molland, dkk, 2000).

## 2.4. Tahanan Gelombang

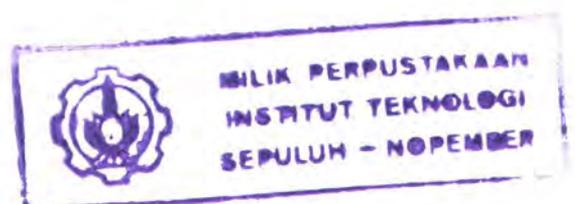
Tahanan gelombang adalah komponen tahanan yang berkaitan dengan pemakaian energi untuk pembentukan gelombang gravitasi atau bekerjanya gaya normal fluida pada seluruh badan kapal. Komponen ini dipisahkan menjadi dua bagian yaitu tahanan pola gelombang ( $R_{wp}$ ) dan tahanan pemecahan gelombang ( $R_{wb}$ ). Umumnya yang diartikan tahanan gelombang dengan mengabaikan tahanan pemecahan gelombang.

Tahanan gelombang terjadi disebabkan oleh tekanan fluida yang bekerja dalam arah normal terhadap lambung kapal.

### 2.4.1. Sistem Gelombang

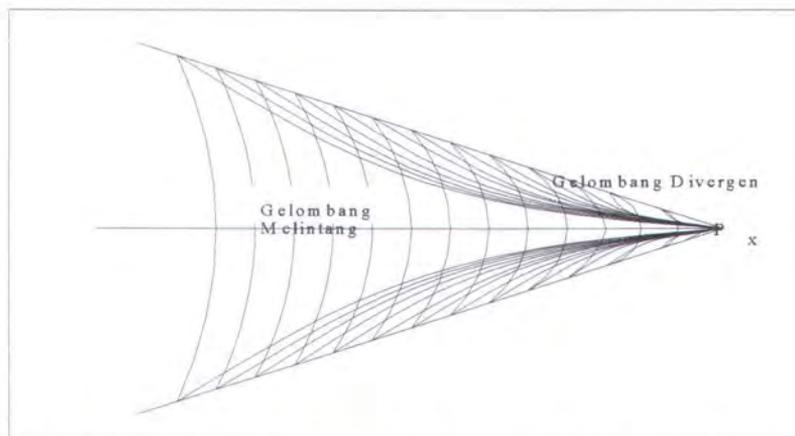
Bila suatu benda digerakkan di dalam fluida ideal maka potensial dan kecepatan partikel di dalam fluida tersebut dari titik ke titik akan berubah. Menurut Bernoulli, tekanan di dalam fluida tersebut dari titik ke titik berubah. Karena itu, benda yang bergerak horizontal di daerah berpermukaan bebas akan menimbulkan usikan terhadap permukaan tersebut. Perubahan tinggi permukaan ini bergerak dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan benda itu sendiri.

Pada tahun 1900 Lord Kelvin melakukan penelitian mengenai terjadinya gelombang. Ia mengamati sebuah titik tekanan tunggal yang bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan air. Gerakan titik tersebut menimbulkan sejumlah



gelombang yang bergabung membentuk pola yang khas. Pola ini terdiri dari sejumlah sistem gelombang melintang (*transverse waves*) dan sistem gelombang divergen yang menyebar dari titik tersebut (*Harvald, 1983*). Gambar 2.5 menunjukkan pola gelombang tersebut.

Pola gelombang Kelvin memberikan gambaran bahwa di depan kapal ada daerah bertekanan tinggi sehingga timbul gelombang haluan yang cukup mencolok. Dekat lambung, garis puncak (*crest line*) gelombang melintang mempunyai kedudukan yang tegak lurus arah gerakan kapal. Begitu mendekati sistem gelombang divergen, garis puncak tersebut berbelok balik dan akhirnya lenyap di dalam sistem divergen. Pada bahu lambung dan juga buritan terbentuk sistem gelombang yang merupakan resultan dari sistem gelombang melintang dan dan divergen.



Gambar 2.5. Puncak gelombang dari kelompok gelombang Kelvin oleh usikan di P

Dalam banyak hal, sistem gelombang resultan dapat dianggap terbentuk dari empat komponen :

1. Sistem gelombang haluan, disebabkan adanya daerah tekanan tinggi di sekitar haluan.
2. Sistem gelombang bahu haluan, disebabkan karena adanya daerah bertekanan rendah di sekitar bahu tersebut.
3. Sistem gelombang bahu buritan, disebabkan adanya daerah tekanan rendah di sekitar bahu buritan.
4. Sistem gelombang buritan, disebabkan karena adanya daerah tekanan tinggi di buritan.

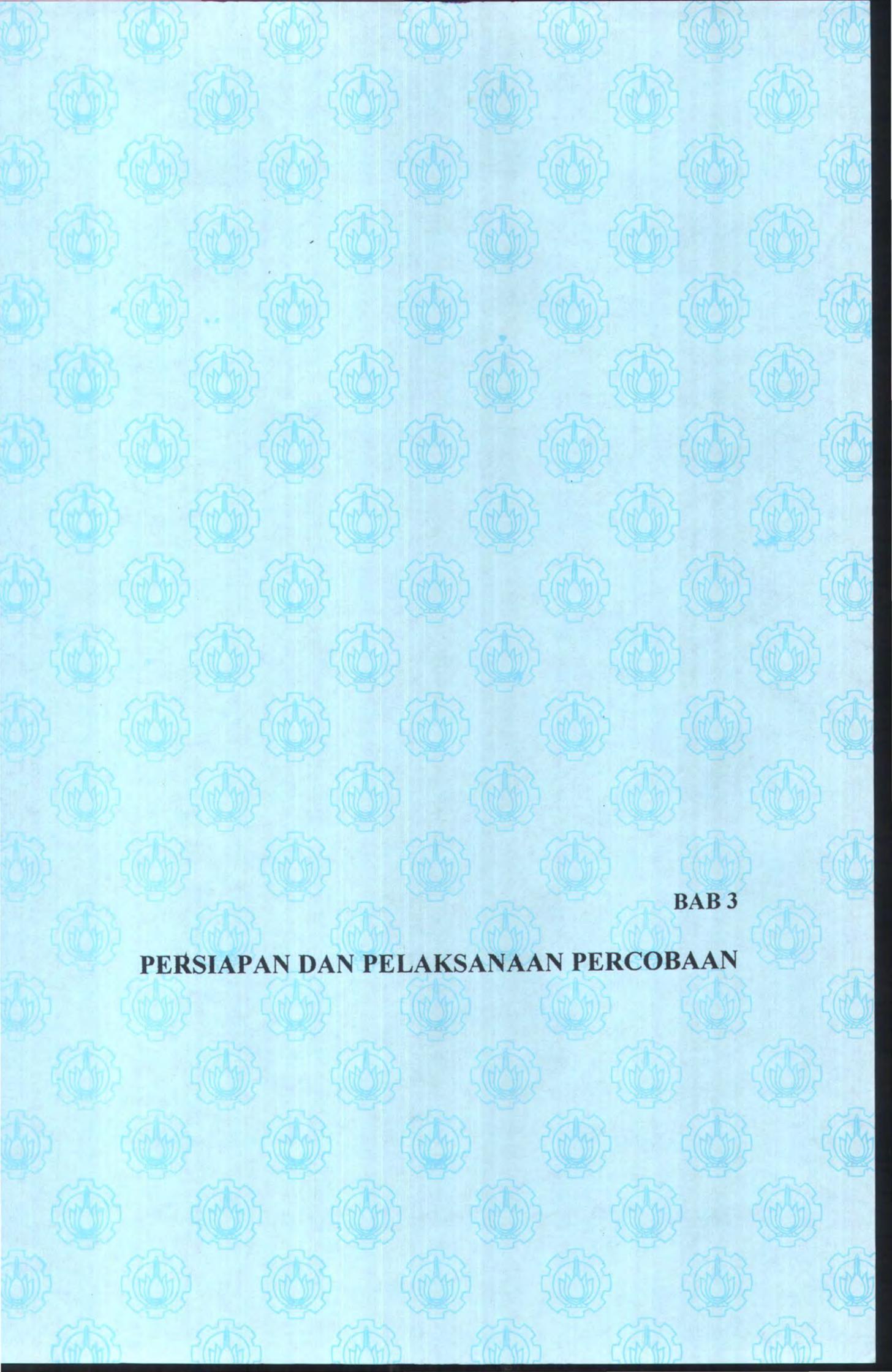
Keempat komponen sistem gelombang tersebut dapat saling melakukan interferensi yang kurang menguntungkan.

#### **2.4.2. Interferensi Tahanan Gelombang**

Interferensi tahanan gelombang terbentuk oleh superposisi dari dua sistem gelombang yang terjadi di tiap demihull. Dua sistem gelombang tersebut bisa saling memperkuat sehingga terjadi suatu tahanan gelombang yang besar, atau akan saling menghilangkan sehingga mereduksi tahanan gelombang. Interferensi gelombang yang menguntungkan terjadi pada  $0,3 < F_n < 0,4$  dimana variasi ini tergantung pada desain kelangsingan kapal (Everest, 1968). Pengurangan tahanan gelombang oleh interferensi bisa mencapai lebih dari 50 % untuk pemilihan kondisi yang tepat. Menurut Insel dan Molland (1992), faktor interferensi ini merupakan perbandingan koefisien tahanan gelombang katamaran ( $C_{Wcat}$ ) dengan

koefisien tahanan gelombang demihull yang diisolasi ( $C_{Wmono}$ ), yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{C_{Wcat}}{C_{Wmono}} = \frac{[C_T - (1 + \beta k)C_F]_{cat}}{[C_T - (1 + k)C_F]_{mono}} \quad (8)$$



**BAB 3**

**PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PERCOBAAN**

## BAB 3

### PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PERCOBAAN

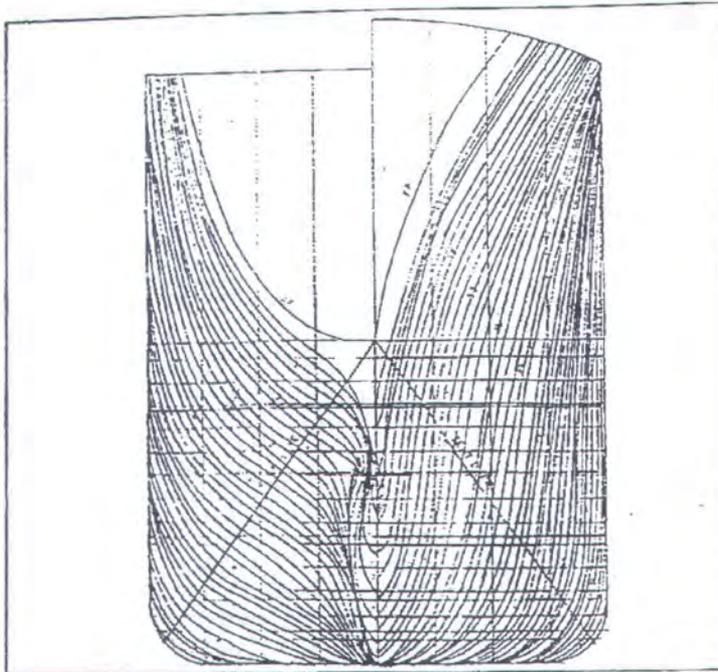
#### 3.1. Persiapan Model Katamaran

##### 3.1.1. Deskripsi Model

Model demihull simetris memiliki ukuran utama sebagai berikut :

Lpp	=	160 cm
B	=	18,3 cm
T	=	13,71 cm
Displacement	=	21,296 kg
Cb	=	0,539
Cp	=	0,549
WSA	=	4970,15 cm <sup>2</sup>
B/H	=	1,33
Sudut masuk	=	9°

Bentuk *body plan* dari demihull model adalah seperti pada Gambar 3.1. Bentuk bagian belakang model adalah transom. Model dibuat rata pada bagian atas dengan anggapan tidak terjadi gelombang yang mencapai bagian geladak model. Model ini murni dibuat untuk model katamaran dengan tipe ASR Model 5060 yang terdiri dari 2 demihull simetris.



Gb. 3.1 Bentuk body plan demihull simetris

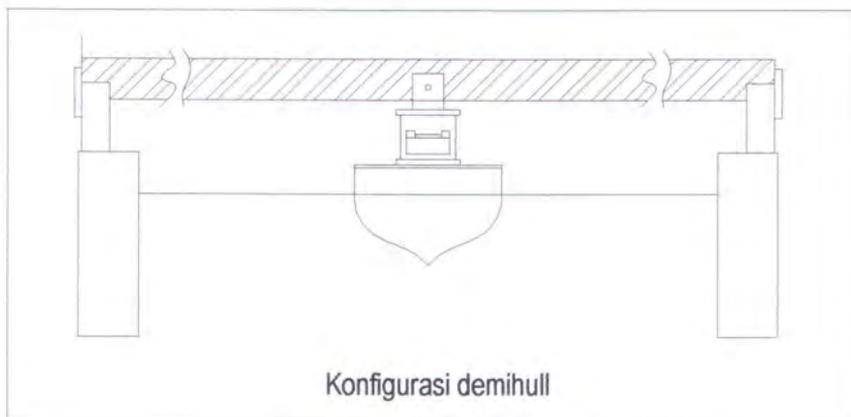
### 3.1.2. Setting Model

Pada percobaan model ini dilakukan 2 jenis setting model yaitu : kondisi demihull yang diisolasi (1 demihull) dan kondisi demihull ganda untuk konfigurasi katamaran normal.

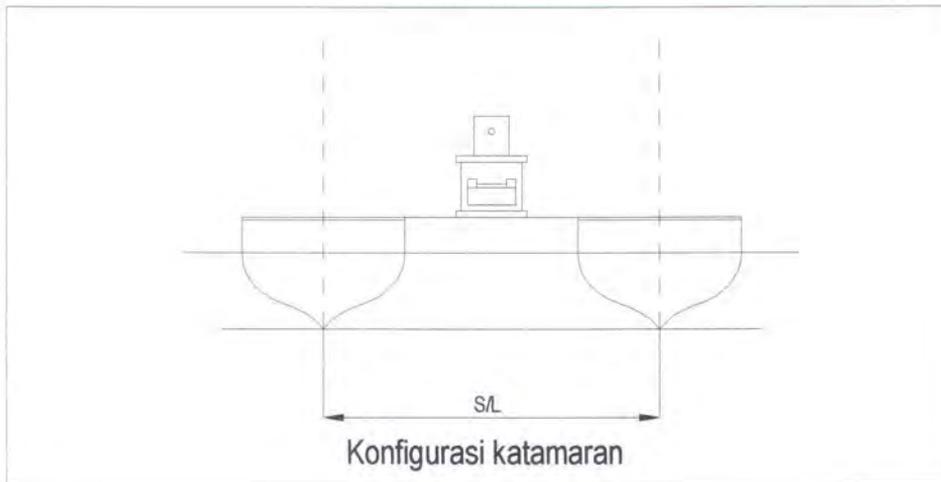
Pada penarikan demihull tunggal seperti pada Gambar 3.2., model diletakkan di tengah lebar tangki agar pengaruh dinding tangki terhadap gelombang pantul yang terjadi sekecil mungkin. Model berada dalam keadaan datar dimana hal itu bisa dilakukan dengan mengatur pemberat. Untuk mencapai kondisi sarat dan *even keel*, model diisi pemberat berupa baja sesuai dengan displasemen model serta sarat model pada *even keel*. Untuk menentukan ballast secara lebih cepat adalah dengan menimbang berat model dalam kondisi kosong

(tanpa pemberat), sehingga diketahui selisih berat displasemen dengan berat kosong model. Load cell diletakkan pada midship dan tepat di tengah – tengah lebar kapal. Sedangkan pada ujung depan dan belakang model dipasang holder untuk menjaga agar gerakan model tetap lurus.

Pada penarikan kedua yang melibatkan 2 model demihull untuk konfigurasi katamaran, digunakan papan multipleks sebagai pengikat antara dua demihull sekaligus berfungsi sebagai acuan variasi jarak antar demihull. Seperti halnya pada penarikan demihull yang diisolasi, maka pada penarikan dua demihull ini load cell juga diletakkan tepat di tengah – tengah papan multipleks, dan di ujung depan dan belakangnya masing – masing dipasang holder. Model diletakkan di tengah lebar tangki untuk mengurangi pengaruh dinding tangki.



Gambar 3.2. Setting model demihull



Gambar 3.3. Setting model katamaran

## 3.2. Perangkat Peralatan Percobaan

### 3.2.1. Tangki Percobaan

Tangki uji (*towing tank*) berbentuk persegi panjang terbuat dari beton dengan pasak bumi dan mempunyai ukuran utama sebagai berikut :

Panjang	:	50,0 meter
Lebar	:	3,0 meter
Tinggi	:	2,0 meter
Kedalaman air	:	1,8 meter

Tangki uji dilengkapi dengan *trimming tank* untuk setting model dan juga peredam gelombang agar air kembali tenang dengan lebih cepat.

### 3.2.2. Kereta Tarik

Kereta tarik terbuat dari bahan aluminium yang dilengkapi dengan 7 buah roda dari bahan sintetis. Kereta digerakkan 4 motor linier yang menghasilkan

kecepatan maksimum  $4 \text{ m/dt}$ . Pengambilan data diambil pada saat kereta penarik mencapai kecepatan relative konstan pada kecepatan yang diinginkan. Kecepatan rata-rata yang dihasilkan dari pembacaan tampilan (pengatur kereta tarik) hasilnya diinputkan secara manual (diketik) kedalam computer untuk digabung dengan data dari hasil loadcell. Hasil keseluruhan berupa data tahanan yang bisa dihitung melalui computer.

### 3.2.3. Ruang Kontrol

Semua pengoperasian sewaktu percobaan dilakukan di ruang kontrol, yang terdiri dari

1. Perangkat Komputer

Perangkat komputer yang digunakan adalah *Hewlett Packard Personal Computer* untuk mengendalikan kegiatan percobaan melalui suatu paket program.

2. ADC / DAC

*Analog to Digital Converter (ADC)* dan *Digital to Analog Converter (DAC)* berfungsi untuk mengubah data analog dari transducer menjadi data digital. Dengan perangkat ini dibantu dengan program komputer dapat menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk digital atau grafik melalui printer. Pada percobaan ini perangkat yang digunakan adalah *ADC 16 Channel* yang menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk digital.

### 3. Speedometer / Distancemeter

Tipe yang digunakan adalah *universal counter time RACAL – DANA 9902*, secara digital alat ini dapat menunjukkan kecepatan kereta setiap saat. Pengukuran akan dilakukan pada saat *speedometer* menunjukkan kereta telah mencapai kecepatan konstan. Selain itu alat ini juga dapat mengukur jarak yang telah ditempuh mulai dari *start* penarikan.

#### 3.2.4. Amplifier

Amplifier digunakan untuk membangkitkan sinyal – sinyal tegangan input yang dihasilkan oleh load cell. Sinyal tegangan tersebut kemudian dihubungkan ke terminal A/D (*analog – digital*) yang berada di ruang kontrol untuk diubah menjadi data digital.

#### 3.2.5. Stimulasi Turbulensi

Pada percobaan model diasumsikan aliran yang terjadi turbulen, akan tetapi karena angka Reynold yang relatif kecil maka aliran yang terjadi di sekitar model cenderung laminar. Untuk menimbulkan turbulensi dibutuhkan stimulator. Pada percobaan ini stimulator yang digunakan adalah pasir laut (mempunyai diameter kecil) yang ditempelkan di dekat lapisan batas model.

#### 3.2.6. Load cell

Load cell berfungsi untuk mengukur besar tahanan yang diperoleh pada model katamaran akibat penarikan oleh motor linier. Prinsip kerja dari load cell adalah

berdasarkan hukum Hooke yang terdiri dari 4 strain gauge di dalamnya (H.B. Messtechnik, 1980) dimana 2 strain gauge mengalami tarik dan 2 strain gauge mengalami tekan. Akibat beban, pegas mengalami regangan yang dinyatakan dalam angka strain. Regangan ini akan dicatat besarnya sebagai gaya yang terjadi pada load cell. Hasil tahanan dari load cell ini dihubungkan dengan amplifier penguat tegangan, dikirimkan ke ADC (*Analog to Digital Converter*). Data digital ini kemudian diolah oleh program komputer menghasilkan data tahanan total ( $R_T$ ), koefisien tahanan total ( $C_T$ ), koefisien tahanan sisa ( $C_R$ ), Froude number (Fn) dan Reynolds number (Rn). Untuk harga koefisien gesek ( $C_F$ ) dihitung menggunakan ITTC 1957.

### **3.3. Prosedur dan Analisis Percobaan**

#### **3.3.1. Prosedur Kalibrasi**

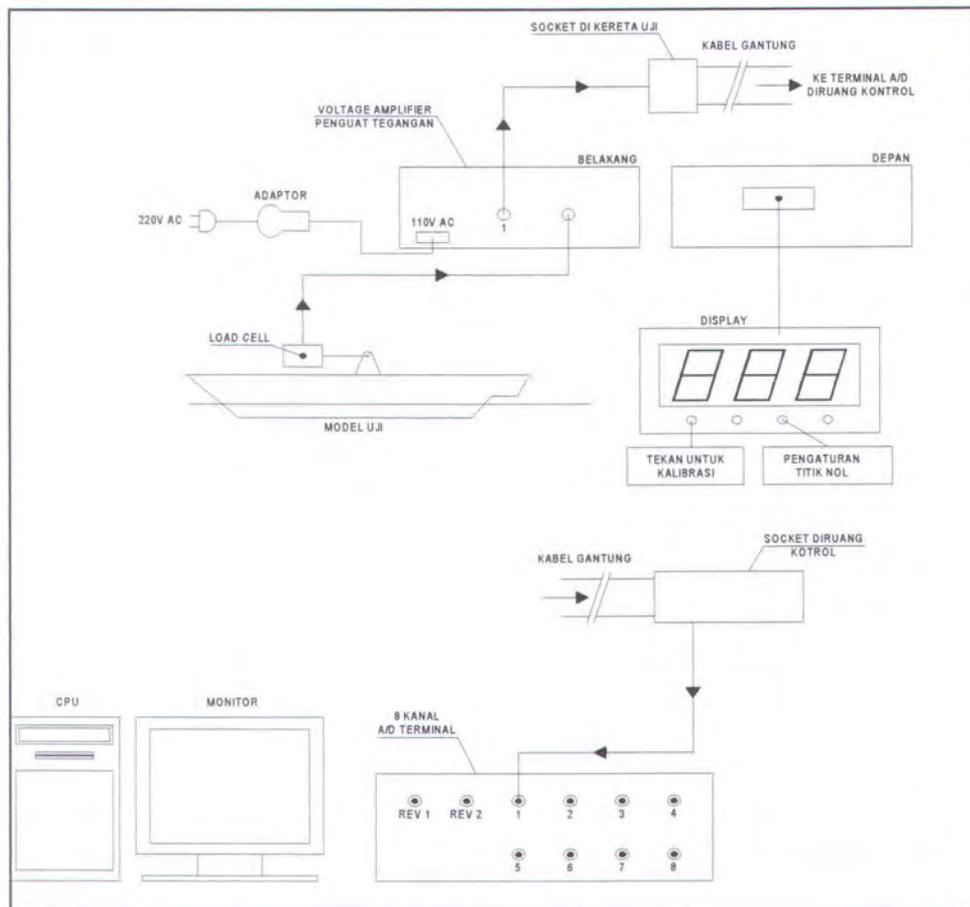
- Melakukan zero set untuk A/DC dan amplifier. Hal ini bertujuan untuk mencari titik nol kalibrasi.
- Melakukan kalibrasi beban. Menekan tombol kalibrasi, pada saat tombol ditekan seolah-olah load cell diberi beban sebesar 2,5 kg.
- Pada pembacaan tampilan akan didapat nilai tegangan dalam volt, sehingga konstanta kalibrasi dapat ditentukan.

### 3.3.2. Prosedur Percobaan Tahanan

Percobaan terdiri dari dua tahap yaitu percobaan dengan konfigurasi monohull (demihull yang diisolasi) dan percobaan dengan konfigurasi katamaran normal. Pada masing – masing tahap percobaan dilakukan variasi kecepatan sebagai berikut (dalam  $F_n$ ) : 0,1 , 0,2 , 0,4 dan 0,6. Sedangkan untuk percobaan konfigurasi katamaran variasi jarak yang dilakukan adalah 0,2L , 0,3L , 0,4L dan 0,5L. Perekaman data dilakukan bila kecepatan telah relatif konstan pada kecepatan yang ditinjau. Mengingat percobaan katamaran ini adalah penarikan dalam kecepatan tinggi maka waktu jeda yang dibutuhkan tiap kali penarikan dilakukan adalah 20 – 25 menit. Hal ini dimaksudkan agar air di kolam uji tenang kembali.

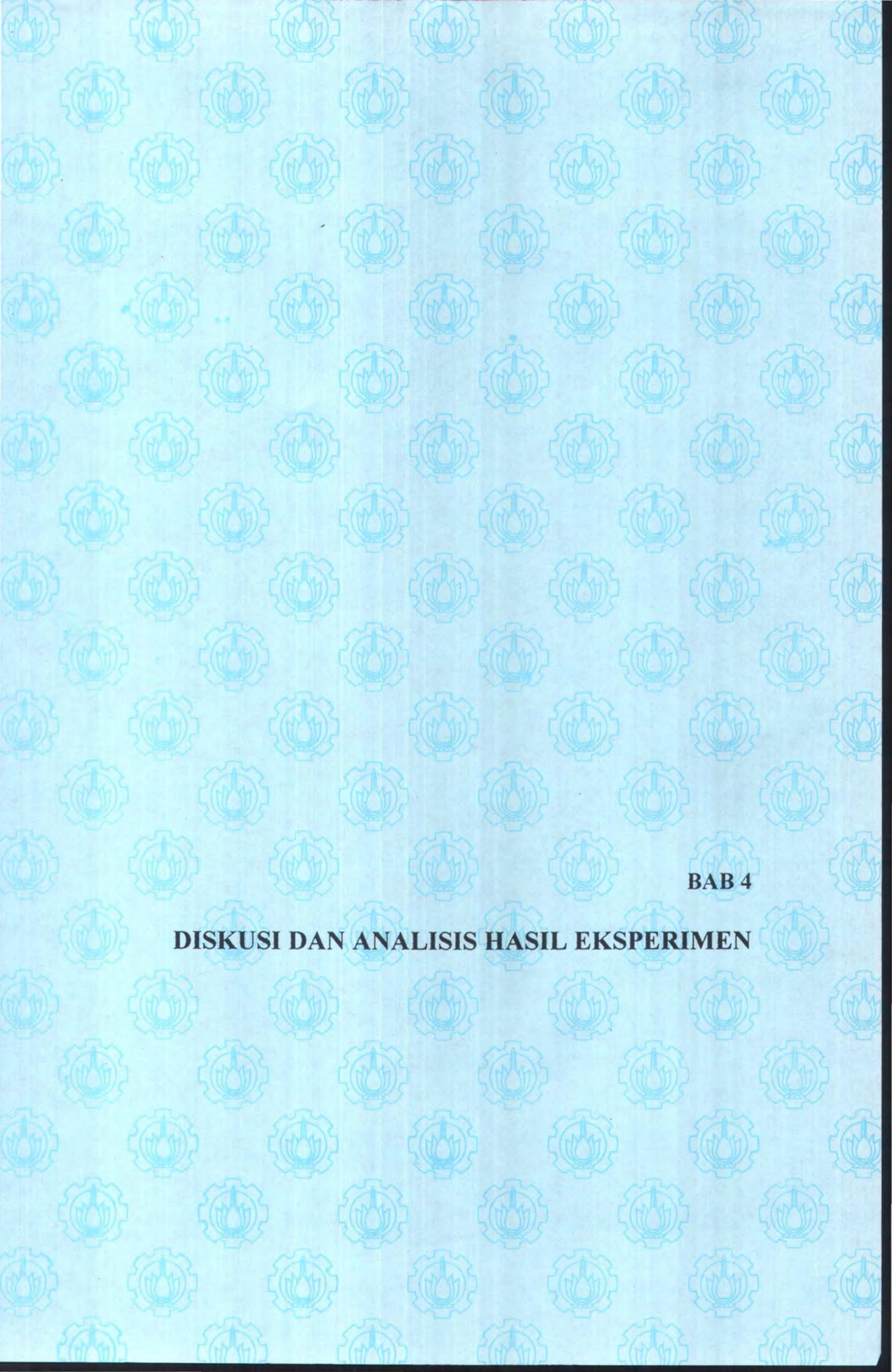
### 3.3.3. Analisis Data Percobaan

Setelah percobaan tahanan model selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah melakukan analisis terhadap data yang diperoleh selama pengujian dan menurunkan faktor interferensi dari data – data tersebut.



Gambar 3.4. Diagram pengujian tahanan





**BAB 4**

**DISKUSI DAN ANALISIS HASIL EKSPERIMEN**

## BAB 4

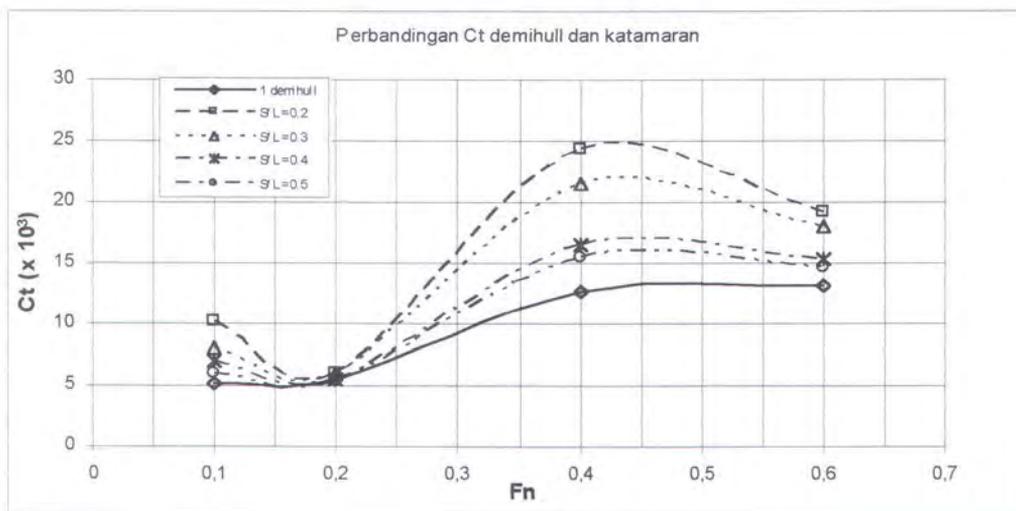
### ANALISIS DAN DISKUSI HASIL EKSPERIMEN

#### 4.1. Perbandingan Tahanan Demihull dengan Katamaran

Melalui percobaan yang telah dilakukan diperoleh data – data koefisien tahanan total ( $C_T$ ) dan koefisien tahanan sisa ( $C_R$ ). Selanjutnya untuk menyelidiki efek interferensi antar demihull pada konfigurasi katamaran, koefisien tahanan total dari demihull yang diisolasi dibandingkan dengan hasil pengukuran dari katamaran. Pemilihan  $C_T$  sebagai faktor pembanding selain lebih efektif, disebabkan bentuknya yang non dimensi, juga memudahkan pada tahap validasi karena sebagian besar penelitian – penelitian yang telah dipublikasikan cenderung menggunakan  $C_T$  (Insel dan Molland, 1992). Jika yang digunakan sebagai pembanding adalah data tahanan total ( $R_T$ ), maka perubahan luas permukaan basah (WSA) juga harus diperhatikan dimana dari observasi visual terlihat pada penarikan kecepatan tinggi haluan kapal telah terangkat (dapat dilihat pada foto eksperimen). Walaupun dari hasil penelitian diketahui perubahan WSA hanya membawa sedikit perubahan pada tahanan total sehingga praktis dapat diabaikan (Arysandhi, 2001), namun penggunaan data  $C_T$  terasa lebih tepat karena lebih mewakili kondisi yang dialami oleh badan kapal yang bergerak di air. Sedangkan  $R_T$  sendiri lebih banyak didominasi oleh faktor kuadrat kecepatan. Perbandingan koefisien tahanan total demihull yang diisolasi dengan tahanan katamaran pada masing – masing variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 4.1, dan plotnya dapat dilihat pada gambar 4.1.

Fn	Ct Demihull	Ct Katamaran			
		S/L = 0.2	S/L = 0.3	S/L = 0.4	S/L = 0.5
0.1	5.181	10.246	8.057	7.023	5.999
0.2	5.487	6.013	5.944	5.482	5.363
0.4	12.707	24.252	21.576	16.419	15.534
0.6	13.126	19.166	18.033	15.375	14.648

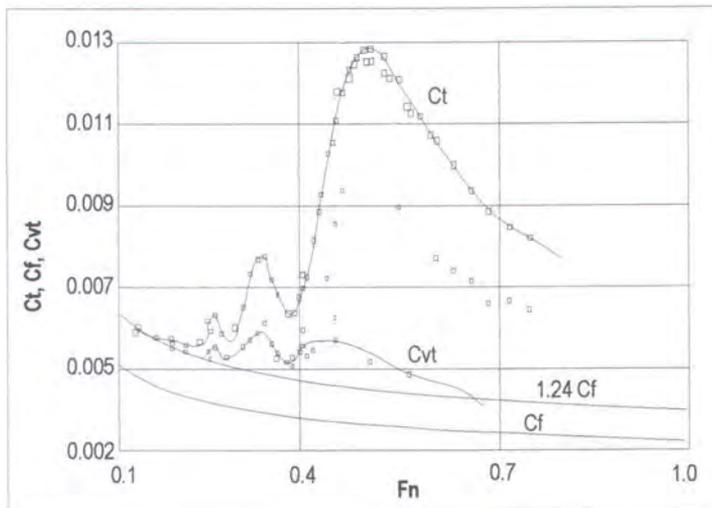
Tabel 4.1. Koefisien tahanan total 1 demihull dan katamaran



Gambar 4.1. Koefisien tahanan total ( $C_T$ ) 1 demihull dan katamaran pada masing – masing variasi kecepatan

Pada gambar 4.1. dapat dilihat untuk semua variasi S/L terjadi lonjakan kenaikan  $C_T$  (*hump*) dibandingkan demihull yang diisolasi, merupakan indikasi awal terjadinya efek interferensi. Interferensi maksimum terjadi pada  $S/L = 0.2$  dan berangsur – angsur turun sehingga pada  $S/L = 0.5$  pengaruh interferensi tidak begitu signifikan lagi, ditandai dengan trend grafik  $C_T$  yang mendekati trend grafik tahanan dari 1 demihull. Untuk masing – masing variasi S/L interferensi

mencapai maksimum pada kisaran  $Fn = 0.4 - 0.5$ , kemudian efek tersebut berkurang sehingga pada kisaran  $Fn = 0.6$  harga  $C_T$  mendekati konstan.



Gambar 4.2. Koefisien tahanan total ( $C_T$ ) katamaran menggunakan model Wigley hull pada  $S/L = 0.2$  (Insel dan Molland, 1992)

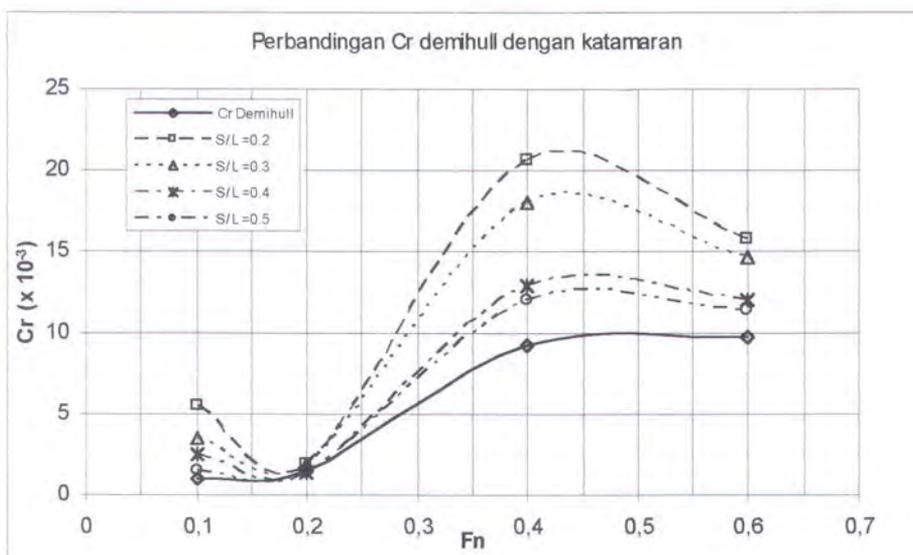
Gambar 4.2. merupakan hasil penelitian yang dilakukan oleh Insel dan Molland (1992) terhadap model Wigley hull pada  $S/L = 0.2$ . Kedua gambar di atas memiliki kecenderungan yang sama, yaitu terjadinya *resistance hump* (punuk) dan *hollow* (rongga). Pada gambar 4.1. hump terjadi pada  $Fn = 0.35$  sampai  $0.5$  dan hollow terjadi pada  $Fn = 0.15$  sampai  $0.2$ . Sedangkan pada gambar 4.2 terlihat dua kali terjadinya hump yaitu pada  $Fn = 0.3$  sampai  $0.35$  dan  $Fn = 0.4$  sampai  $0.6$ , hollow terjadi pada  $Fn$  berkisar antara  $0.2$  sampai  $0.3$  dan pada  $Fn = 0.35$  sampai  $0.4$ .

Adanya hump dan hollow terlihat jelas pada plot tahanan kapal – kapal cepat dan pada kasus katamaran ini terjadinya hump dan hollow adalah akibat dari superposisi dari dua sistem gelombang pada masing – masing demihull (Harvald,

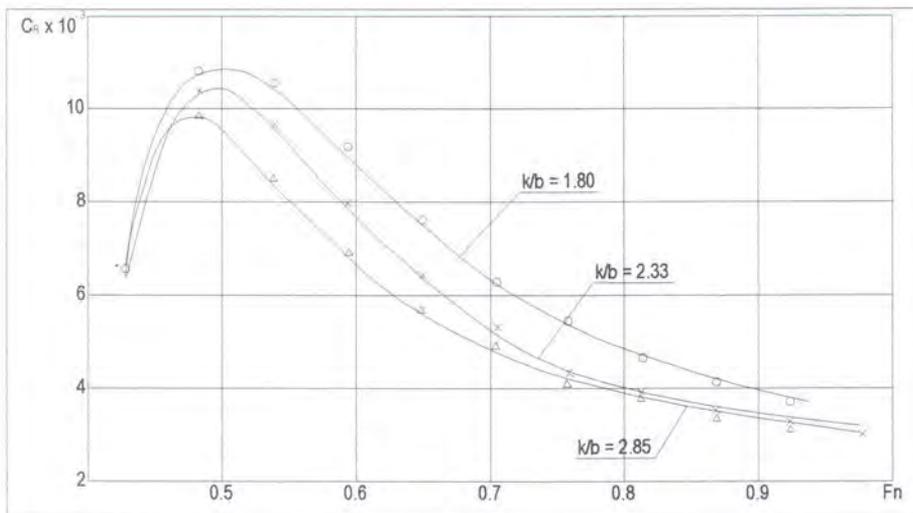
1983). Dua sistem gelombang tersebut dapat saling melakukan interferensi satu sama lain, dimana hump terjadi karena dua sistem gelombang tersebut saling memperkuat dan berakibat pada tahanan gelombang yang besar. Interferensi yang menguntungkan adalah jika dua sistem gelombang itu saling menghapus sehingga mereduksi tahanan gelombang, kejadian ini ditandai oleh adanya hollow. Di sepanjang range kecepatan, interferensi yang ditunjukkan oleh adanya hump dan hollow bervariasi, tergantung pada desain bentuk badan kapal (Everest, 1968).

Fn	Cr Demihull	Cr Katamaran			
		S/L = 0.2	S/L = 0.3	S/L = 0.4	S/L = 0.5
0.1	0.983	5.502	3.457	2.494	1.488
0.2	1.440	1.886	1.852	1.415	1.314
0.4	9.239	20.628	17.977	12.902	12.033
0.6	9.812	15.719	14.623	11.989	11.331

Tabel 4.2. Koefisien tahanan sisa ( $C_R$ ) 1 demihull dan katamaran



Gambar 4.3. Koefisien tahanan sisa ( $C_R$ ) 1 demihull dan katamaran pada masing – masing variasi kecepatan



Gambar 4.4. Koefisien tahanan sisa ( $C_R$ ) katamaran dari hasil penelitian Matsui, dkk (1993)

Pada gambar 4.3 jelas terlihat trend  $C_R$  yang sama dengan plot  $C_T$ , oleh karena  $C_F$  dihitung berdasarkan ITTC 1957 sehingga mempunyai nilai konstan di sepanjang range kecepatan. Dari plot  $C_R$  ini lebih jelas terlihat *resistance hump* yang menunjukkan fenomena interferensi antara demihull. Untuk semua variasi  $S/L$ , interferensi maksimum terjadi di  $Fn = 0.4$  sampai  $0.45$ . Sebagai pembandingan, gambar 4.4 adalah plot  $C_R$  dari hasil penelitian Matsui, dkk (1993), yang memiliki kemiripan trend  $C_R$  dengan gambar 4.3. Notasi  $k/b$  yang digunakan oleh Matsui, dkk merujuk pada rasio  $S/L$ . Interferensi maksimum pada gambar 4.4 terlihat pada sekitar  $Fn = 0.5$ , dan setelah itu grafik  $C_R$  cenderung mendekati nilai konstan.

Pengaruh interferensi yang paling menguntungkan diperoleh katamaran pada kondisi dimana kedua demihull memiliki sistem gelombang divergen yang kuat, sebaliknya jika sistem gelombang melintang yang kuat maka interferensi gelombang akan bersifat merugikan (Everest, 1968). Dengan demikian, mengingat

yang saling menguatkan sehingga menyebabkan efek interferensi maksimum. Di luar range kecepatan tersebut, khususnya pada  $Fn > 0.5$  sistem gelombang yang terjadi adalah sistem gelombang divergen yang menimbulkan efek menguntungkan dengan berkurangnya interferensi seiring bertambahnya jarak antara demihull.

## 4.2. Faktor Interferensi Tahanan Katamaran

### 4.2.1. Faktor Interferensi Tahanan Kekentalan

Keterbatasan peralatan menyebabkan eksperimen ini tidak bisa memisahkan pembagian komponen tahanan ke dalam tahanan kekentalan dan tahanan gelombang sehingga analisis faktor interferensi tahanan kekentalan dapat dilakukan mengikuti metode Insel – Molland (1992).

Seperti towing tank pada umumnya, pengujian tahanan yang dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika FTK – ITS ini juga menggunakan metode dari Froude yang membagi komponen tahanan menjadi :

$$C_T = C_F + C_R \quad (1)$$

Pada kasus katamaran, Insel – Molland (1992) mengusulkan tahanan total sebagai

$$C_T = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W \quad (2)$$

Persamaan ini menunjukkan dengan lebih baik pembagian fisik dari komponen – komponen tahanan katamaran.  $C_F$  pada persamaan (1) bukanlah tahanan gesek pelat datar yang ekuivalen dengan panjang kapal seperti yang mula – mula diusulkan oleh Froude, tetapi tahanan gesek yang diturunkan dari garis korelasi model – kapal yang diusulkan oleh ITTC, demikian pula halnya dengan  $C_F$  pada

persamaan (2). Sehingga untuk katamaran, persamaan (1) dan persamaan (2) dapat ditulis ulang sebagai berikut :

$$C_T = (1 + \beta k) C_F + \tau_R C_R \quad (3)$$

$C_F$  = koefisien tahanan gesek dari ITTC 1957

$$= 0.075 / (\log_{10} Rn - 2)^2$$

$1 + k$  = form factor

$\beta$  = faktor interferensi tahanan kekentalan ;  $\beta = 1$  untuk demihull yang diisolasi

$C_R$  = koefisien tahanan sisa demihull

$\tau_R$  = faktor interferensi tahanan sisa (*Buckland, 1999*), didefinisikan sebagai rasio antara tahanan sisa katamaran dengan monohull

( $\tau_R = 1$  untuk demihull yang diisolasi)

Untuk menurunkan faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  dari hasil eksperimen maka *form factor* untuk masing – masing konfigurasi monohull dan katamaran harus diketahui terlebih dahulu. Faktor bentuk ( $1+k$ ) untuk monohull diambil harga 1.22 dari hasil penelitian elipsoid di terowongan angin (*Molland dan Utama, 1997*), yang memiliki karakteristik ukuran model yang hampir sama. Sedangkan untuk katamaran, hasil di terowongan angin dan penelitian yang dilakukan di towing tank (*Insel dan Molland, 1992*) sama – sama menemukan harga faktor bentuk yang 10 % lebih besar dari konfigurasi monohull. Dengan demikian tahanan kekentalan didapat dari hasil perkalian tahanan gesek dengan faktor bentuk untuk masing – masing konfigurasi.

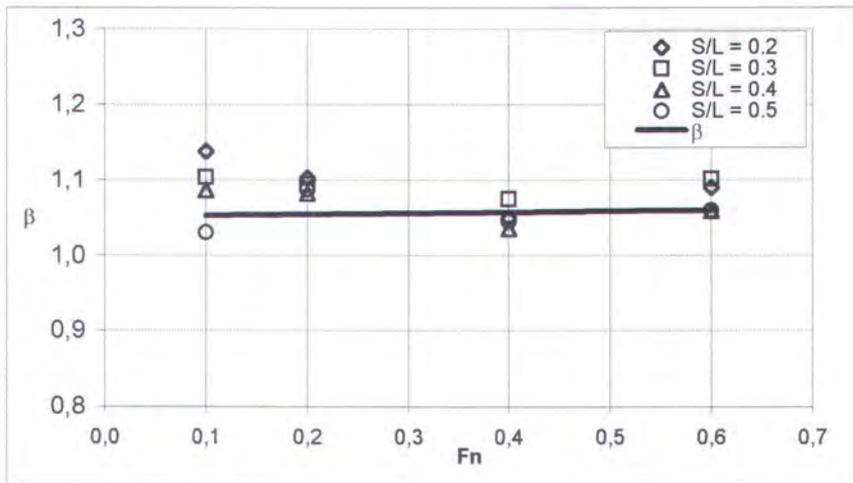
Pada gambar 4.5 harga  $\beta$  relatif konstan di sepanjang range kecepatan sehingga dilakukan pendekatan trend linier dan hal ini menunjukkan bahwa  $\beta$  secara efektif tidak dipengaruhi oleh variasi kecepatan. Pendekatan trend linier juga dilakukan pada grafik  $\beta$  terhadap S/L (gambar 4.6) dimana variasi S/L ternyata hanya memberikan sedikit pengaruh kenaikan  $\beta$  pada penurunan S/L.

Fn	Cv monohull	Cv katamaran			
		S/L = 0.2	S/L = 0.3	S/L = 0.4	S/L = 0.5
0.1	5.122	6.263	6.072	5.978	5.955
0.2	4.937	5.448	5.402	5.369	5.345
0.4	4.231	4.784	4.751	4.642	4.621
0.6	4.043	4.550	4.501	4.470	4.378

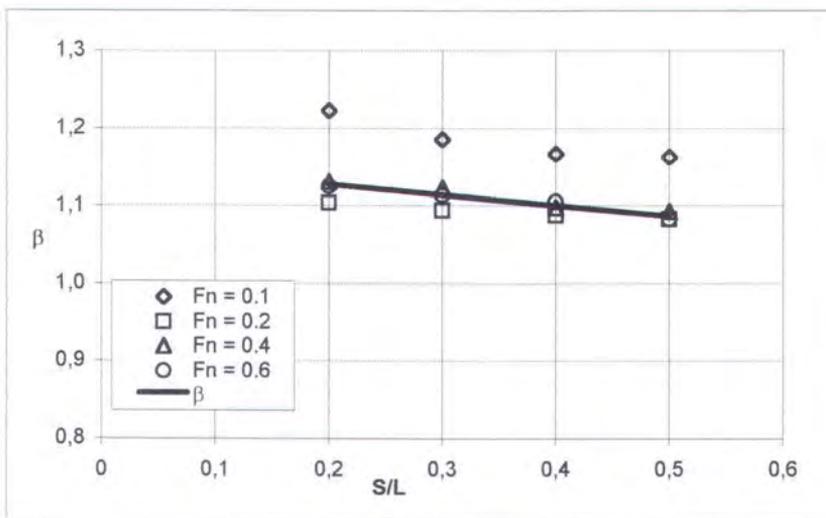
Tabel 4.3. Koefisien tahanan kekentalan untuk monohull dan katamaran dengan  $(1+k) = 1.22$  (untuk monohull) dan  $1.32$  (untuk katamaran)

Fn	$\beta$			
	S/L = 0.2	S/L = 0.3	S/L = 0.4	S/L = 0.5
0.1	1.223	1.186	1.167	1.163
0.2	1.103	1.094	1.087	1.083
0.4	1.131	1.123	1.097	1.092
0.6	1.125	1.113	1.105	1.083

Tabel 4.4. Faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  pada berbagai variasi S/L



Gambar 4.5. Faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  terhadap kecepatan ( $F_n$ )



Gambar 4.6. Faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  terhadap variasi  $S/L$

#### 4.2.2. Faktor Interferensi Tahanan Sisa

Secara umum, tahanan sisa didominasi oleh komponen tahanan gelombang (Harvald, 1983). Komponen lainnya adalah pressure drag ( $C_p$ ) serta efek bentuk kapal yang tiga dimensi (Couser, dkk, 1997). Dengan diwakilinya efek bentuk kapal dalam form factor (persamaan 3), maka diharapkan analisis terhadap

kapal dalam form factor (persamaan 3), maka diharapkan analisis terhadap tahanan sisa dan faktor interferensi tahanan sisa ( $\tau_R$ ) dapat memberikan pengertian secara garis besar tentang interferensi tahanan gelombang antar demihull. Dari persamaan 3,  $\tau_R$  didefinisikan sebagai :

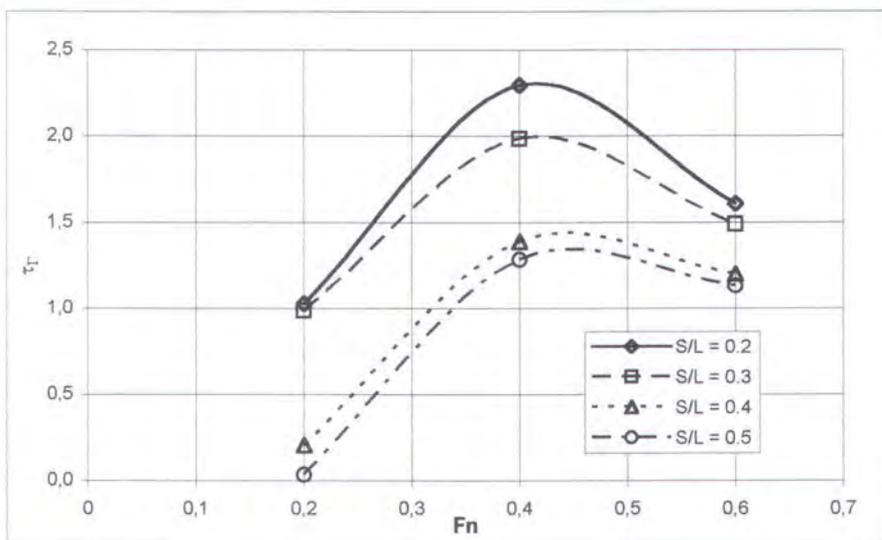
$$\begin{aligned}\tau_R &= C_{R \text{ cat}} / C_{R \text{ mono}} \\ &= [C_T - (1 + \beta k) C_{F \text{ cat}}] / [C_T - (1 + k) C_{F \text{ mono}}] \quad (4)\end{aligned}$$

$\tau_R$			
S/L = 0.2	S/L = 0.3	S/L = 0.4	S/L = 0.5
67.022	33.395	17.576	0.752
1.029	0.987	0.206	0.033
2.297	1.985	1.389	1.287
1.609	1.490	1.201	1.131

Tabel 4.5. Faktor interferensi tahanan sisa pada masing – masing S/L

Nilai  $\tau_R$  pada  $Fn = 0.1$  sangat besar dan tampak tidak realistis, diakibatkan oleh tahanan sisa monohull yang sangat kecil sedangkan tahanan sisa konfigurasi katamaran pada kecepatan yang ditinjau tersebut cukup besar. Kemungkinan penyebabnya adalah pada saat penarikan monohull aliran yang terjadi didominasi oleh aliran laminar, mengingat kecepatan penarikan yang rendah. Kemudian besarnya tahanan sisa pada konfigurasi katamaran dapat disebabkan oleh adanya gelombang pantul dari dinding tangki percobaan. Pembuktian terhadap analisis ini diperoleh dari hasil penelitian tentang efek blockage di Laboratorium Hidrodinamika FTK – ITS (*Januarti, 2003*). Dengan ukuran model yang cukup

tinggi. Rasio blockage disini adalah definisi yang diberikan untuk perbandingan antara luasan penampang melintang model dengan penampang melintang tangki uji (Durgun dan Kafali, 1991). Rasio blockage yang tinggi sampai batas tertentu ( $F_n = 0.1 - 0.5$ ) mengakibatkan penambahan kecepatan dan tahanan. Pada penarikan kecepatan tinggi, efek yang ditimbulkan akibat blockage ini dapat diabaikan dengan asumsi pada saat gelombang pantul ke dinding tangki terjadi, model telah melewati titik tersebut. Tetapi pada kecepatan rendah ditambah dengan lebar konfigurasi katamaran yang memperkecil jarak antara model ke tangki, efek gelombang pantul ini menjadi cukup signifikan. Oleh karena itu, hasil pengukuran tahanan sisa untuk  $F_n = 0.1$  tidak bisa diikutsertakan dalam analisis interferensi tahanan sisa.



Gambar 4.7. Faktor interferensi tahanan sisa  $\tau_R$  terhadap kecepatan

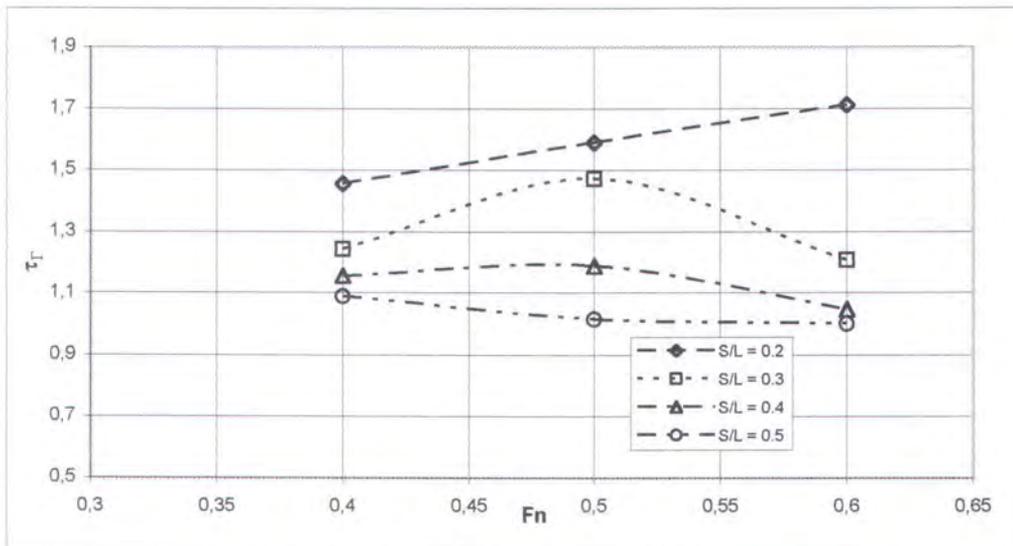
Faktor interferensi tahanan sisa  $\tau_R$  maksimum di  $S/L = 0.2$  pada  $F_n$  berkisar antara 0.4 sampai 0.45, karakteristik ini juga dijumpai di grafik  $C_R$ .

Faktor interferensi tahanan sisa  $\tau_R$  maksimum di  $S/L = 0.2$  pada  $Fn$  berkisar antara 0.4 sampai 0.45, karakteristik ini juga dijumpai di grafik  $C_R$ . Perbedaan trend grafik  $\tau_R$  untuk  $S/L = 0.2$  dan 0.3 dengan grafik  $\tau_R$  untuk  $S/L = 0.4$  dan 0.5 adalah karena perbedaan amplitudo (Insel dan Molland, 1992), hal ini cukup beralasan jika melihat pada masing – masing variasi  $S/L$ ,  $\tau_R$  mengalami penurunan dan cenderung mendekati nilai konstan di  $Fn = 0,5$  sampai 0,6. Untuk lebih membuktikannya maka di penelitian – penelitian yang akan datang diperlukan pengambilan data yang lebih banyak pada range kecepatan rendah ( $Fn < 0,1$ ).

Hasil penelitian tahanan sisa terhadap bentuk body plan katamaran versi NPL dan Series 64 menemukan dengan jelas bahwa faktor interferensi tahanan sisa tergantung dari jarak antar hull,  $L/\nabla^{1/3}$  dan kecepatan, tetapi tampaknya tidak banyak dipengaruhi oleh bentuk body plan kapal yang berbeda (Molland, dkk, 2000). Sehingga untuk parameter  $L/\nabla^{1/3}$ ,  $S/L$  dan  $Fn$  yang telah diketahui, faktor interferensi tahanan sisa diturunkan dari analisis regresi sebagai berikut :

$Fn$	$S/L = 0.2$	$S/L = 0.3$	$S/L = 0.4$	$S/L = 0.5$
0.4	1.456	1.243	1.155	1.089
0.5	1.59	1.472	1.188	1.014
0.6	1.711	1.208	1.046	1.001

Tabel 4.6. Faktor interferensi tahanan sisa,  $\tau_R = a(L/\nabla^{1/3})^n$  (Molland, dkk, 2000)



Gambar 4.8. Faktor interferensi tahanan sisa dari analisis regresi (Molland, dkk, 2000)

Dari gambar 4.7, pada  $Fn \geq 0.4$ ,  $\tau_R$  untuk  $S/L = 0.3$  dan  $0.4$  memperlihatkan trend yang sama dengan  $\tau_R$  untuk  $S/L = 0.3$  dan  $0.4$  pada gambar 4.8. Perbedaannya terletak pada nilai maksimum, dimana pada gambar 4.7, nilai maksimum  $\tau_R$  terjadi di kisaran  $Fn = 0.4 - 0.5$  sedangkan pada gambar 4.8,  $\tau_R$  mencapai maksimum di  $Fn = 0.5$ . Demikian juga dengan plot  $\tau_R$  untuk  $S/L = 0.5$  pada gambar 4.7 cenderung turun dan mendekati nilai konstan, sama seperti yang diperlihatkan oleh plot  $\tau_R$  untuk  $S/L = 0.5$  pada gambar 4.8. Perbedaan yang cukup jelas antara plot  $\tau_R$  dari gambar 4.7 dengan gambar 4.8 terjadi untuk  $S/L = 0.2$ . Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan fase dan amplitudo akibat perbedaan kelangsingan model untuk masing – masing plot (Insel dan Molland, 1992). Untuk analisis lebih lanjut mengenai hal ini diperlukan data pada kecepatan yang lebih tinggi lagi (range  $Fn \geq 0.6$ ) sehingga fase dan amplitudo

untuk tiap S/L dapat jelas terlihat. Dengan analisis perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa untuk kebutuhan praktis seperti estimasi daya penggerak, cukup memerlukan data tahanan sisa konfigurasi monohull saja, bersama dengan  $\tau_R$  dari analisis regresi (Molland, dkk, 2000).

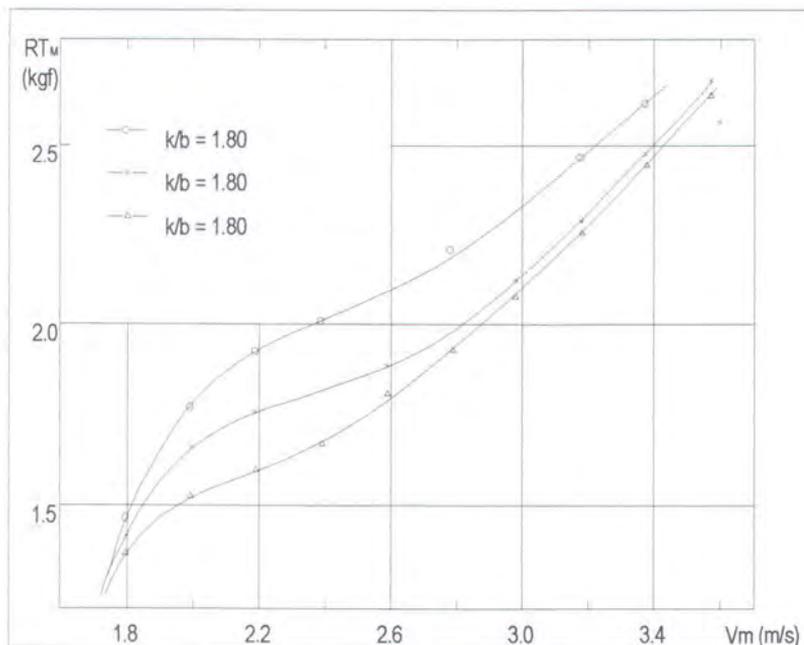
Jika diperhatikan, plot untuk  $\tau_R$  sangat berbeda dengan plot  $\beta$  yang memiliki trend konstan. Ini berarti efek interferensi yang terjadi antara dua demihull lebih didominasi oleh interferensi tahanan gelombang. Penelitian yang lebih detail mengenai interferensi tahanan kekentalan antara demihull dilaksanakan di terowongan angin (Molland dan Utama, 1997), tujuan pelaksanaan di terowongan angin adalah untuk mengisolasi komponen kekentalan. Hasil penelitian tersebut dengan jelas menunjukkan kehadiran efek interferensi kekentalan, dimana level interferensi secara efektif konstan di sepanjang range S/L dan kecepatan. Oleh karena itu, sampai suatu batas tertentu ( $Fn \leq 0.6$ ) efek interferensi yang mempengaruhi tahanan katamaran sangat tergantung dari interferensi sistem gelombang antara demihull seperti yang telah didiskusikan sebelumnya. Di luar range itu ( $Fn > 0.6$ ), interferensi tahanan gelombang menjadi tidak signifikan sehingga interferensi antara dua demihull lebih didominasi oleh interferensi tahanan kekentalan (Couser, dkk, 1997).

Sementara itu, karena  $\tau_R$  cenderung turun dan mendekati konstan pada  $Fn$  antara 0.5 sampai 0.6, maka untuk kecepatan yang lebih tinggi lagi ( $Fn > 0.6$ ),  $\tau_R$  secara efektif dapat diabaikan. Informasi ini penting dalam desain katamaran mengingat  $\beta$  juga konstan di sepanjang range kecepatan, sehingga untuk desain katamaran berkecepatan tinggi ( $Fn > 0.6$ ) pemilihan jarak antar hull dapat

didasarkan pada kriteria yang lain, seperti performa seakeeping dan deck load, tanpa menimbulkan pengaruh yang besar dalam tahanan di air tenang.

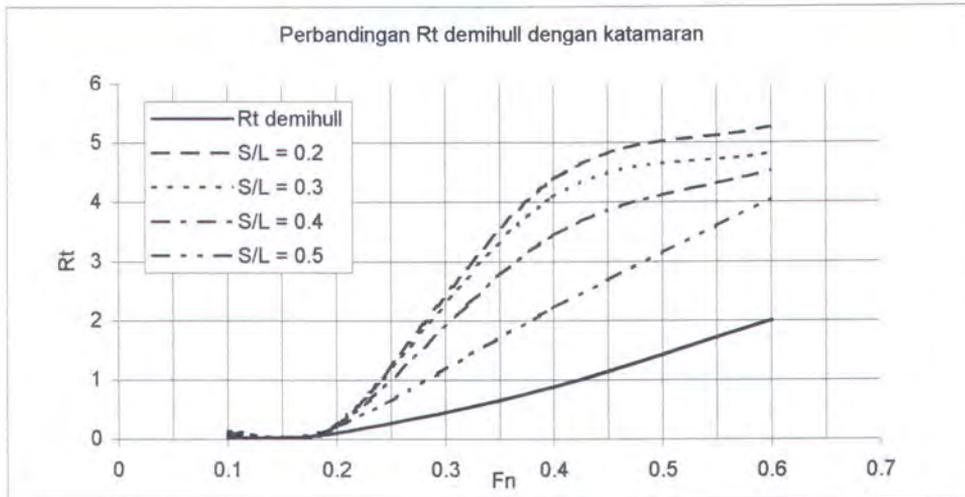
### 4.3. Hasil Penelitian Lain yang telah Dipublikasikan

Dari berbagai diskusi sebelumnya telah dibandingkan masing – masing komponen tahanan dari eksperimen yang dilakukan dengan hasil – hasil penelitian lain yang telah dipublikasikan. Untuk studi perbandingan selanjutnya, berikut ini adalah hasil penelitian tahanan total ( $R_T$ ) dari Matsui, dkk (1993).



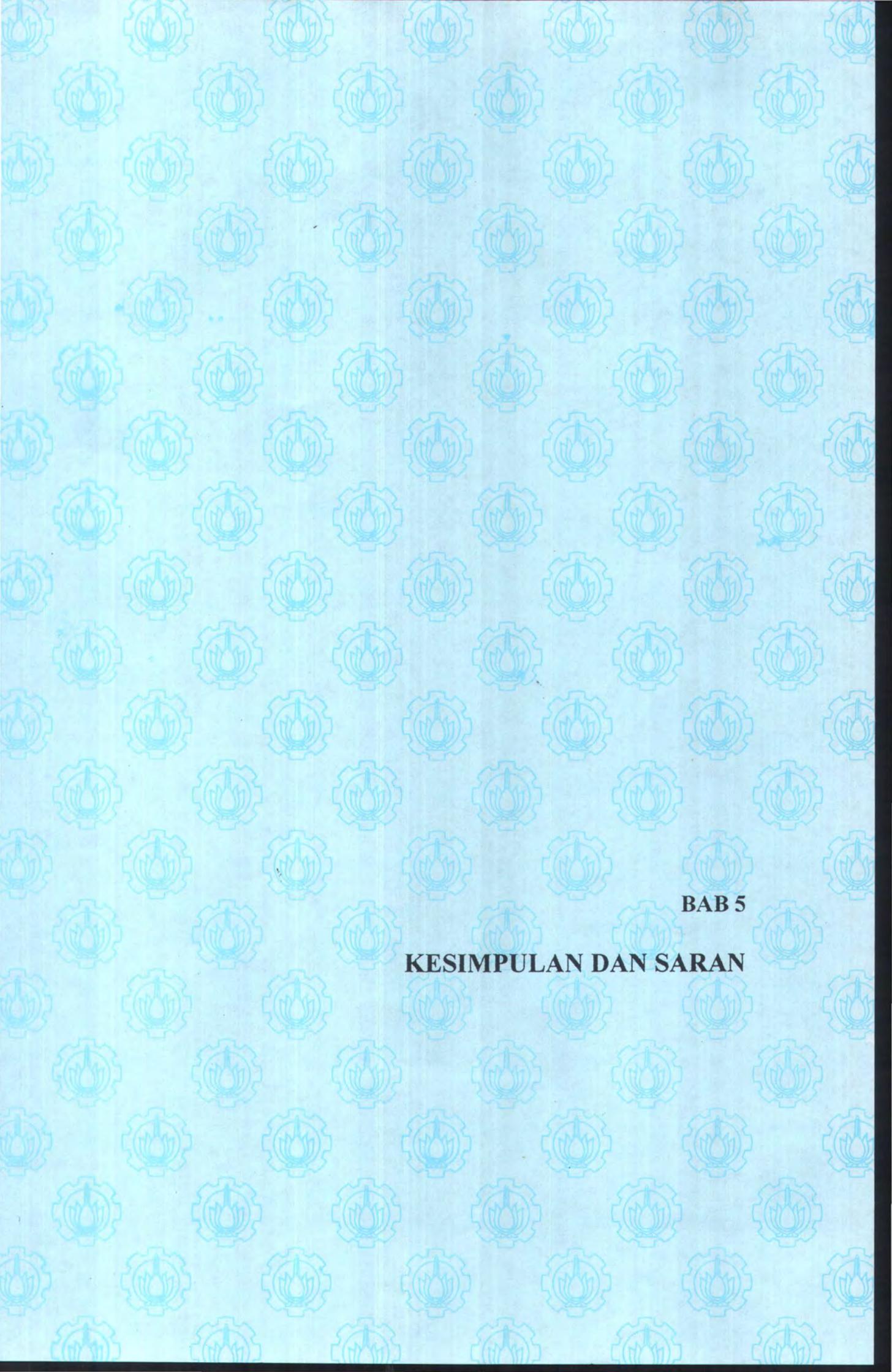
Gambar 4.9. Tahanan total katamaran terhadap kecepatan  $v$





Gambar 4.10. Tahanan total  $R_T$  terhadap kecepatan ( $F_n$ ) dari hasil eksperimen

Pada gambar 4.8, terjadi interferensi yang maksimum pada  $v = 1.8$  sampai  $2.6$  m/dt ditandai dengan adanya hump. Setelah itu trend tahanan cenderung mendekati trend linier, yang berarti efek interferensi tidak begitu signifikan mempengaruhi nilai tahanan total. Pada gambar 4.9 juga ditemukan kejadian yang sama dimana hump terjadi di antara  $F_n = 0.35$  sampai  $0.5$  ( $v = 1.4 - 2$  m/dt). Kemudian pada  $F_n > 0.6$  ( $v = 2.4$  m/dt) trend tahanan mendekati trend linier yang ditunjukkan oleh plot tahanan total pada  $S/L = 0.5$ . Walaupun ada perbedaan mengenai posisi terjadinya hump terhadap kecepatan, tetapi secara garis besar antara plot  $R_T$  dari eksperimen yang telah dilakukan dengan plot yang disajikan oleh Matsui, dkk (1993) memiliki kecenderungan trend yang sama. Sedikit perbedaan tentang letak dan besarnya hump adalah karena karakteristik kelangsingan model yang digunakan oleh Matsui, dkk (1993) dengan model yang digunakan pada penelitian ini berbeda.



**BAB 5**

**KESIMPULAN DAN SARAN**

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Perbandingan koefisien tahanan total ( $C_T$ ) katamaran dengan demihull menunjukkan dengan jelas adanya fenomena interferensi antar demihull dan terlihat bahwa interferensi dipengaruhi oleh faktor kecepatan dan variasi jarak antara kedua demihull.
2. Efek interferensi maksimum terjadi di  $S/L = 0.2$  dan semakin berkurang seiring dengan penambahan  $S/L$ , hingga pada  $S/L = 0.5$  pengaruh interferensi tidak begitu signifikan lagi.
3. Terhadap kecepatan, interferensi mencapai nilai maksimum di kisaran  $Fn = 0.4 - 0.45$  kemudian berangsur – angsur turun mendekati trend tahanan demihull pada range  $Fn \geq 0.6$ .
4. Faktor interferensi tahanan kekentalan  $\beta$  berada pada level yang konstan di sepanjang range kecepatan dan hanya sedikit menunjukkan kenaikan pada penurunan  $S/L$ .
5. Faktor interferensi tahanan sisa  $\tau_R$  secara umum memiliki gambaran yang sama dengan  $\tau_R$  dari penelitian lain yang telah dipublikasikan (*Molland , dkk, 2000*) dimana  $\tau_R$  maksimum terjadi di range  $Fn = 0.4 - 0.5$  kemudian turun dan cenderung konstan pada  $Fn \geq 0.6$ .
6. Sampai suatu batas tertentu ( $Fn \leq 0.6$ ) tahanan katamaran sangat dipengaruhi oleh interferensi positif antara sistem gelombang masing –

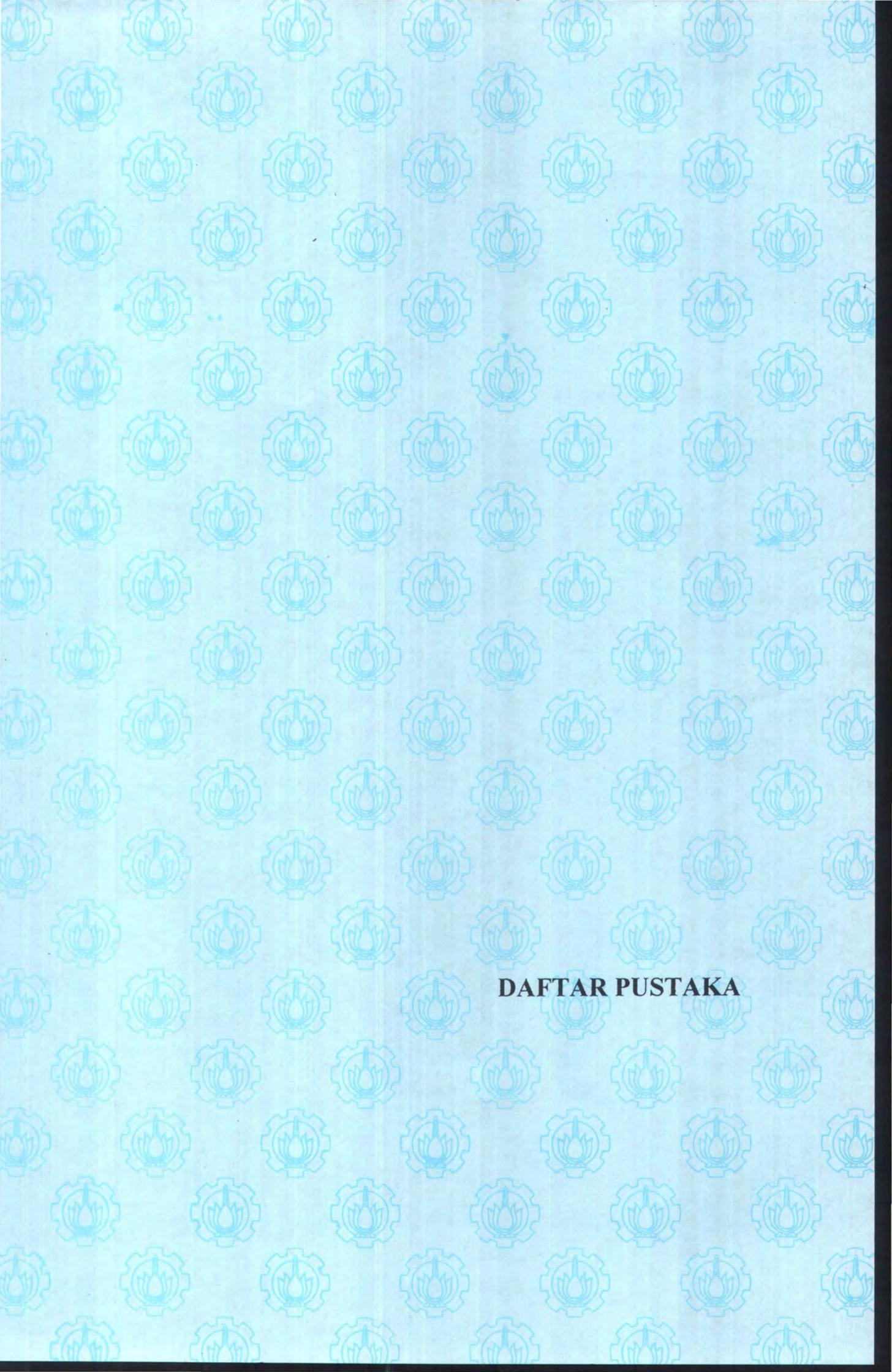
masing demihull. Di luar range tersebut ( $F_n > 0.6$ ), interferensi lebih didominasi oleh interferensi tahanan kekentalan.

## 5.2. Saran ke depan

Untuk penelitian lanjutan mengenai tahanan katamaran ini, disarankan beberapa faktor berikut :

1. Diperlukan peralatan untuk mengukur tahanan gelombang, sehingga secara fisik lebih mendekati karakteristik tahanan berdasarkan komponen tahanan gelombang dan tahanan kekentalan. Dengan demikian form factor juga bisa langsung diturunkan dari hasil eksperimen.
2. Pengambilan data pada variasi kecepatan yang lebih banyak, terutama pada kecepatan rendah ( $F_n < 0.1$ ) dan kecepatan tinggi sampai  $F_n = 1$  agar analisis menjadi lebih akurat.
3. Akan lebih baik jika percobaan dilakukan dalam towing tank yang lebih lebar atau towing yang sama namun ukuran model yang lebih kecil. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi efek blockage terhadap dinding tangki.
4. Peralatan di laboratorium sebaiknya ditera ulang secara berkala dan juga perlu didiskusikan mengenai sistem pengambilan data dimana sebaiknya load cell tidak diikat/diklem terlebih dahulu, sampai pada saat kecepatan kereta konstan sesuai dengan yang diinginkan barulah load cell terikat secara otomatis ke model.
5. Perlu dipertimbangkan kemungkinan percobaan dengan beberapa model katamaran yang memiliki body plan yang berbeda – beda, dari sini

diharapkan bisa ditarik kesimpulan yang lebih luas mengenai tahanan katamaran.



**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

Couser, P.R., Molland, A.F., Armstrong, N.A. dan Utama, I.K.A.P., *Calm Water Powering Predictions for High Speed Catamarans*, Proceedings FAST, 1997

Everest, J.T., *Some Research on the Hydrodynamics of Catamarans and Multi – Hulled Vessels*, Transactions N.E.C.I.E.S., 1968.

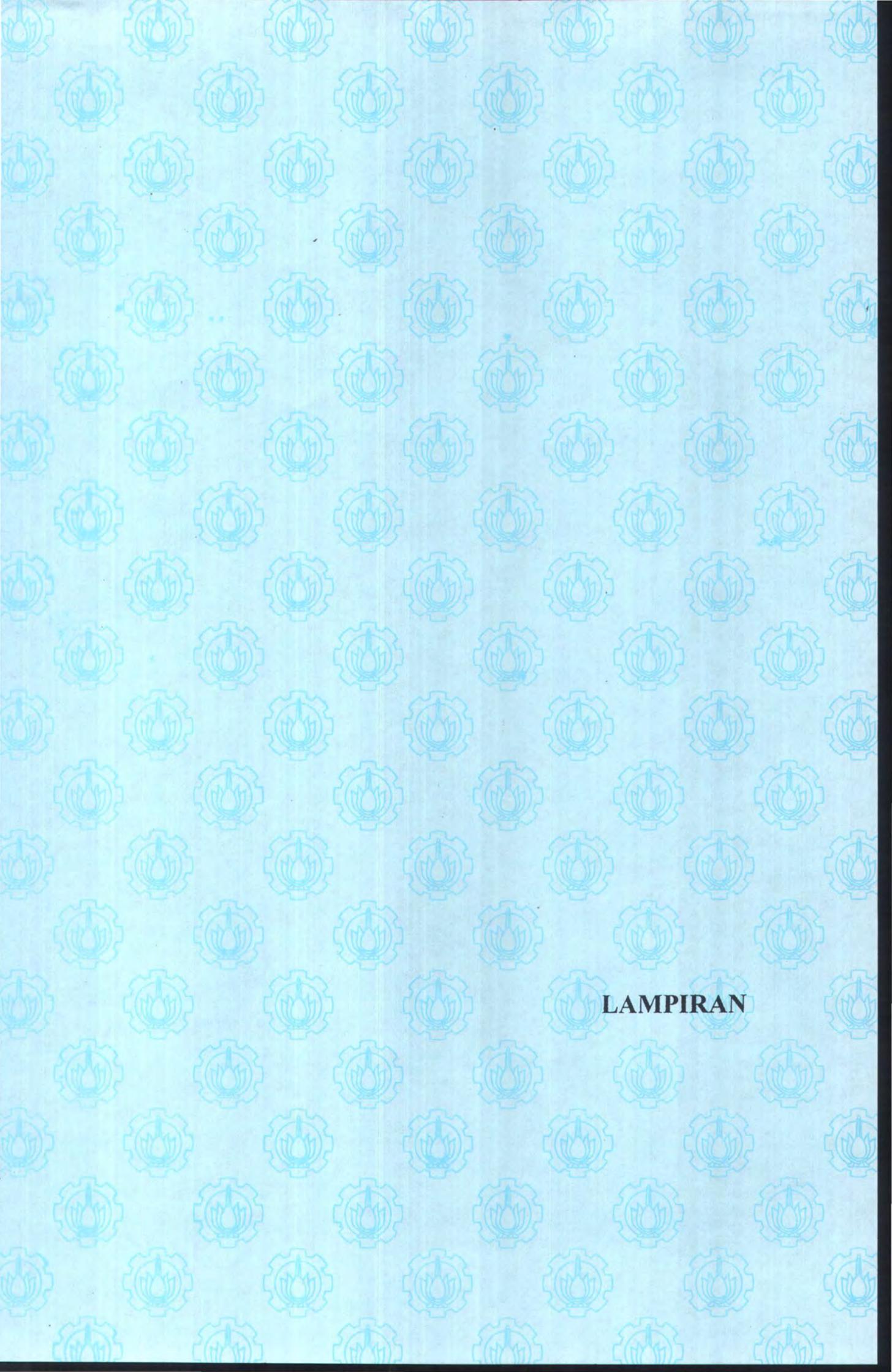
Fry, E.D. dan Graul, T., *Design and Application of Modern High Speed Catamarans*, Marine Technology, 1972.

Harvald, Sv. Aa., Resistance and Propulsion of Ship, John Wiley & Sons, 1983.

Insel, M. dan Molland, A.F., *An Investigation into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans*, Transactions of the Royal Institution of Naval Architects, vol. 34, 1992.

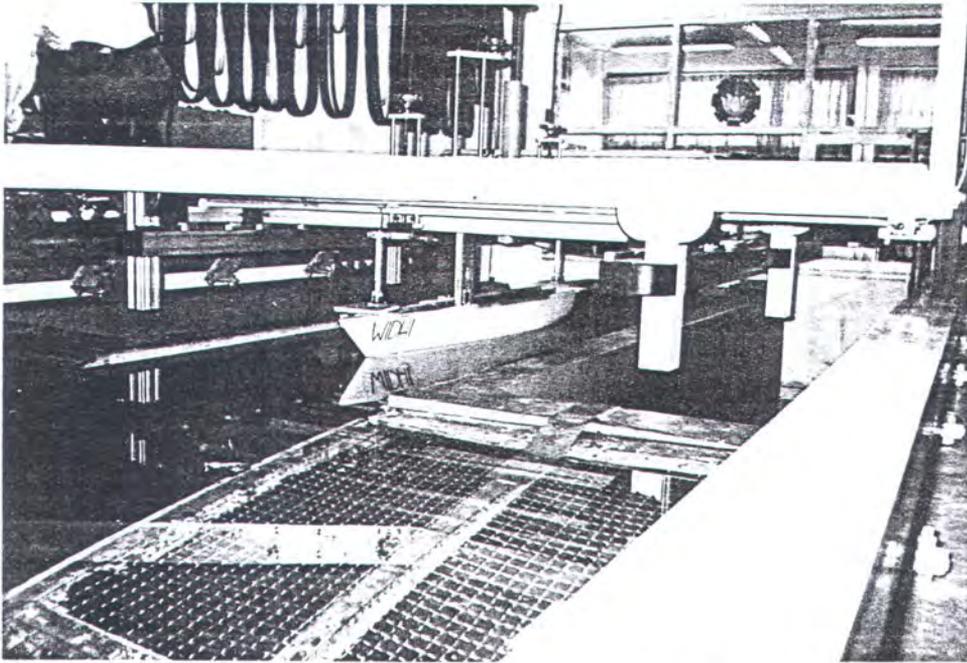
Molland, A.F., Utama, I.K.A.P. dan Buckland, D., *Power Estimation for High Speed Displacement Catamarans*, The 2<sup>nd</sup> Regional Conference on Marine Technology for Sustainable Development in an Archipelago Environment, 2000.

Molland, A.F. dan Utama, I.K.A.P., *Wind Tunnel Investigation of a Pair of Ellipsoids in Close Proximity*, Ship Science Report 98, Department of Ship Science, University of Southampton, 1997.

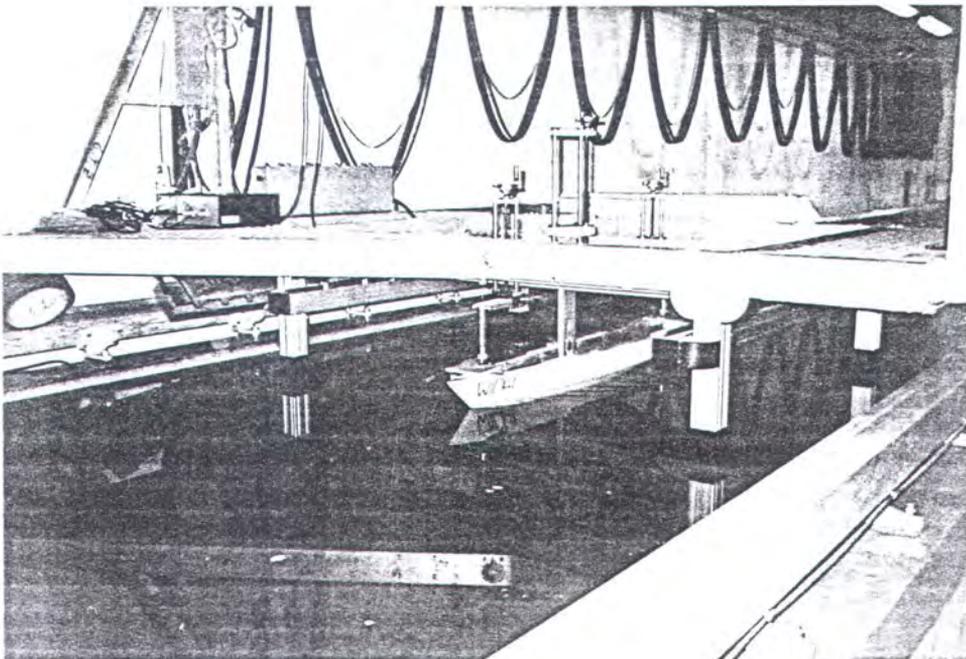


**LAMPIRAN**

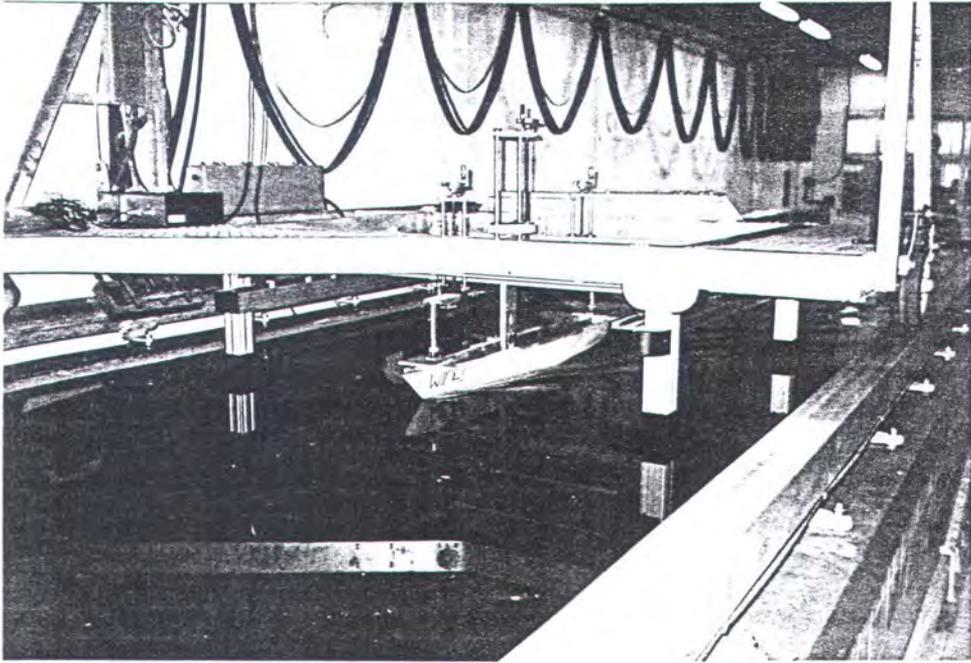
## LAMPIRAN A



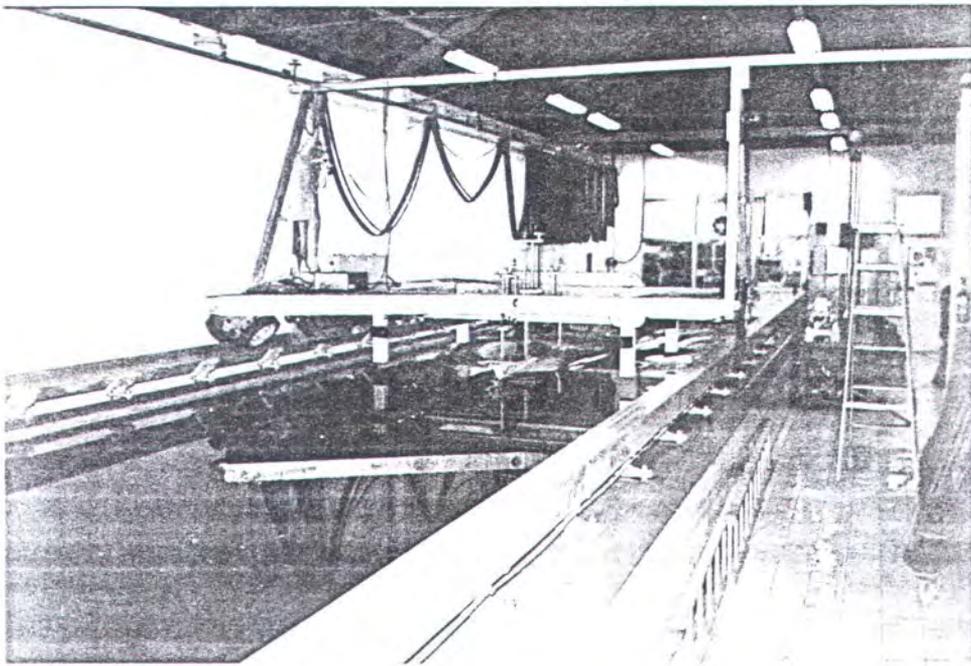
A.1. Setting untuk percobaan 1 demihull



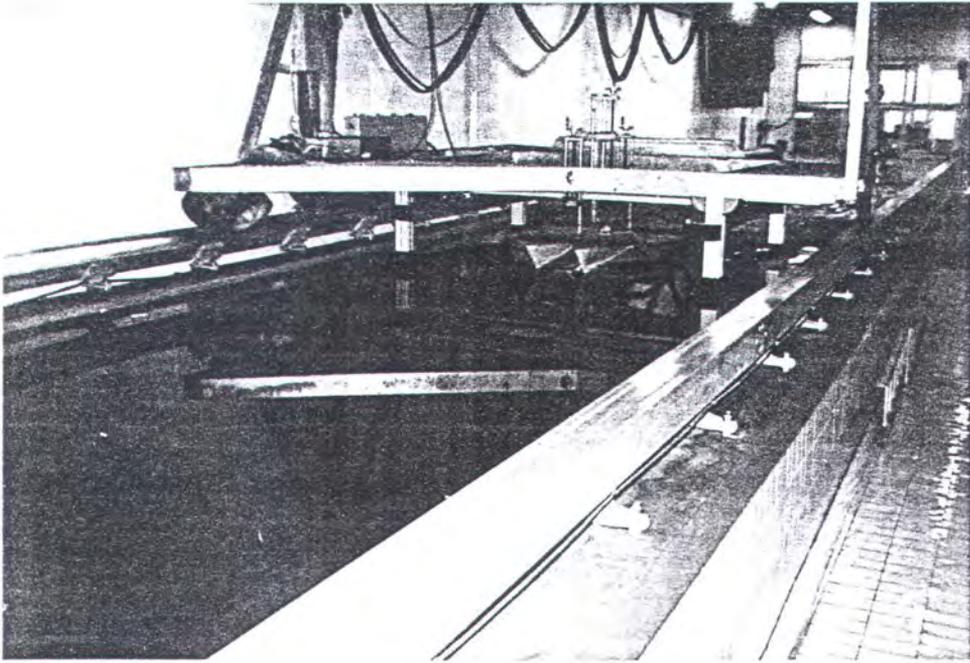
A.2. Percobaan 1 demihull ( $F_n = 0.2$ )



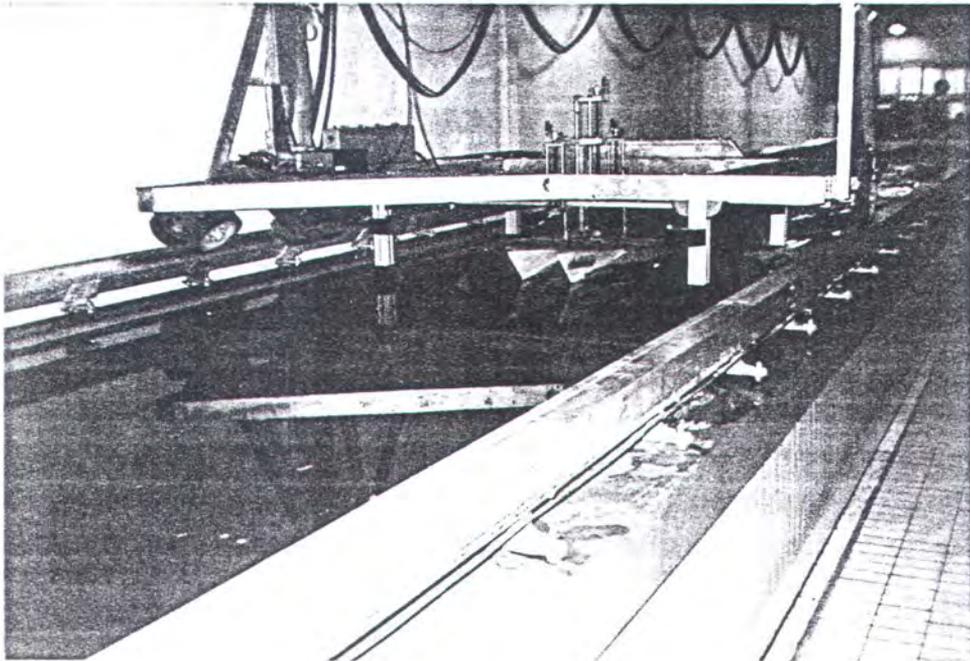
A.3. Percobaan 1 demihull ( $F_n = 0.4$ )



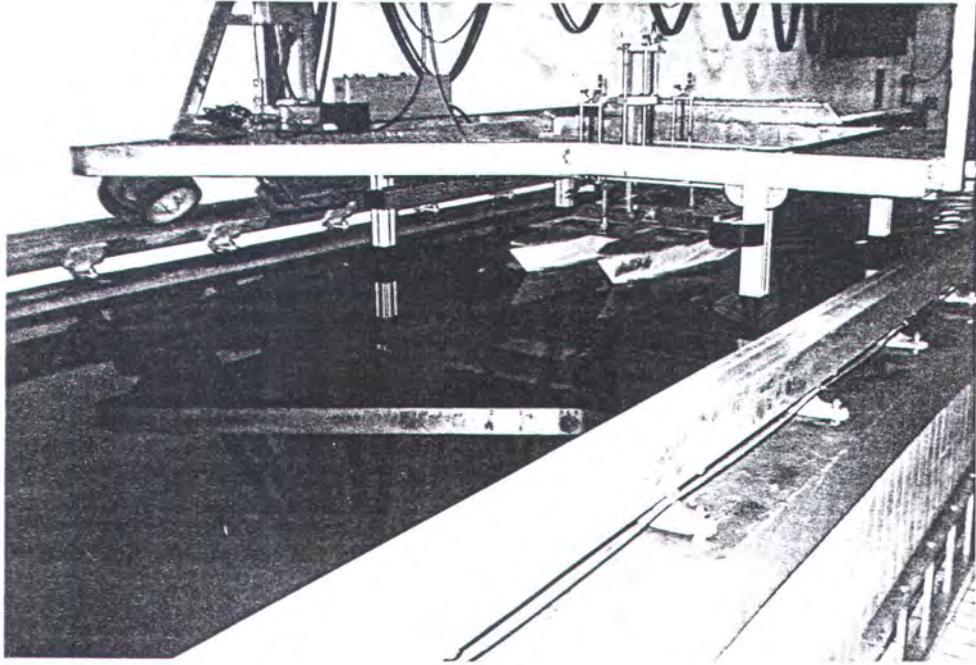
A.4. Percobaan 1 demihull ( $F_n = 0.6$ )



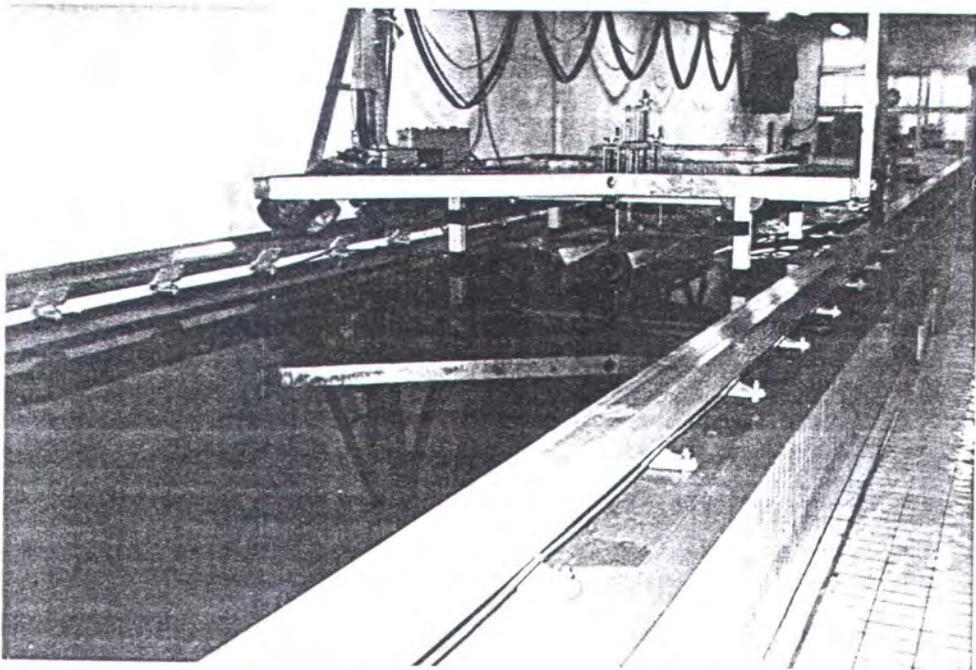
A.5. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.2$  ;  $F_n = 0.4$ )



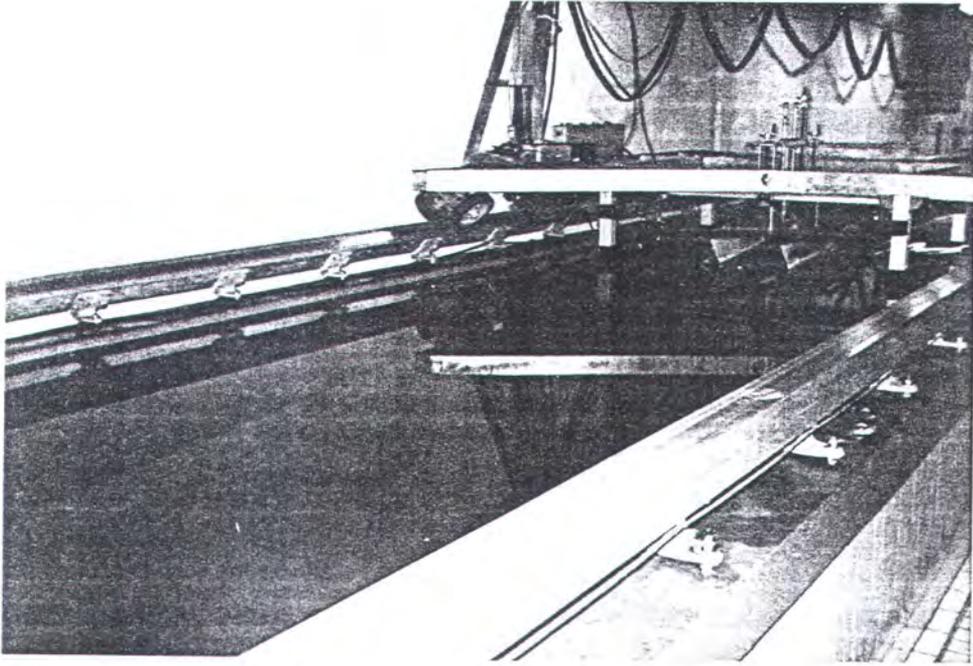
A.6. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.2$  ;  $F_n = 0.6$ )



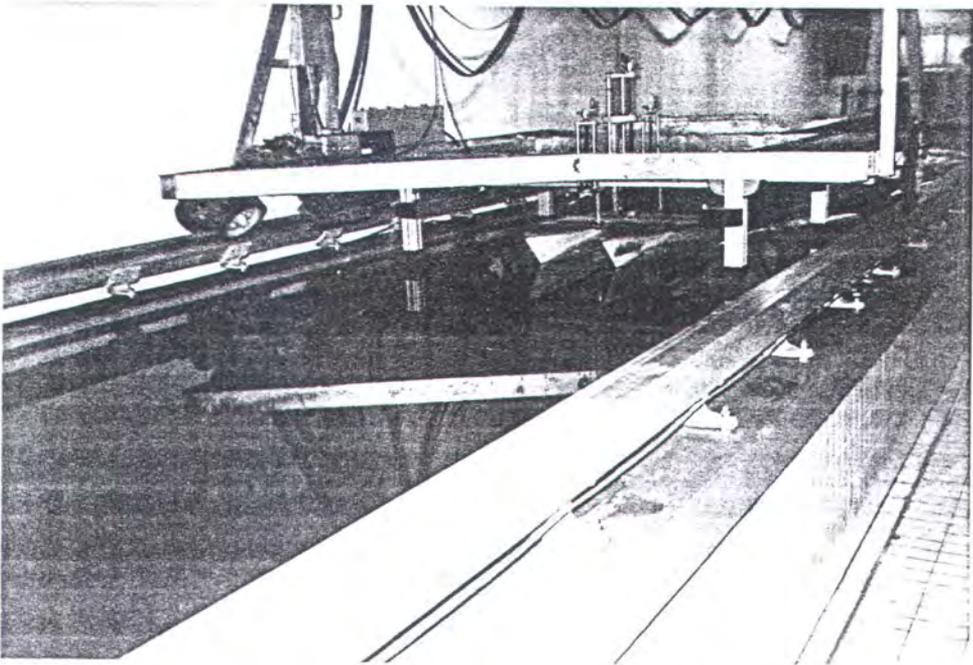
A.7. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.3$  ;  $F_n = 0.2$ )



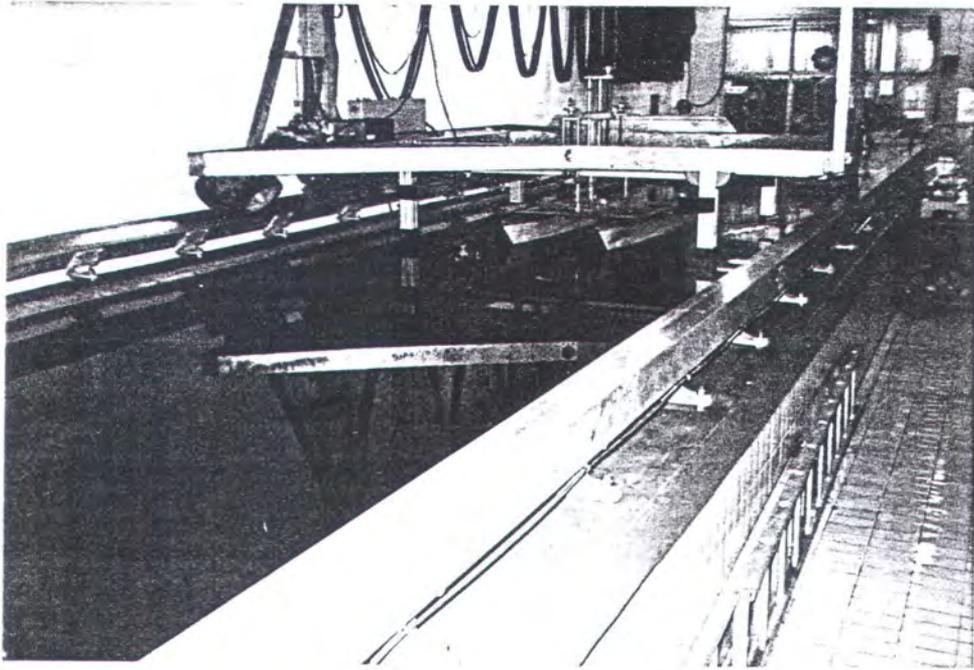
A.8. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.3$  ;  $F_n = 0.4$ )



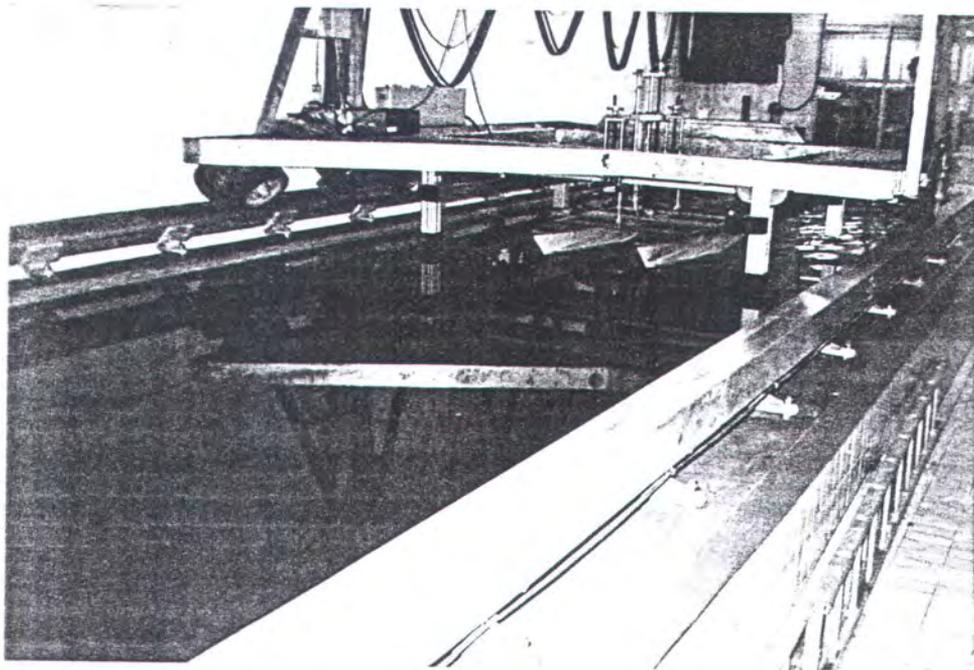
A.9. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.3$  ;  $F_n = 0.6$ )



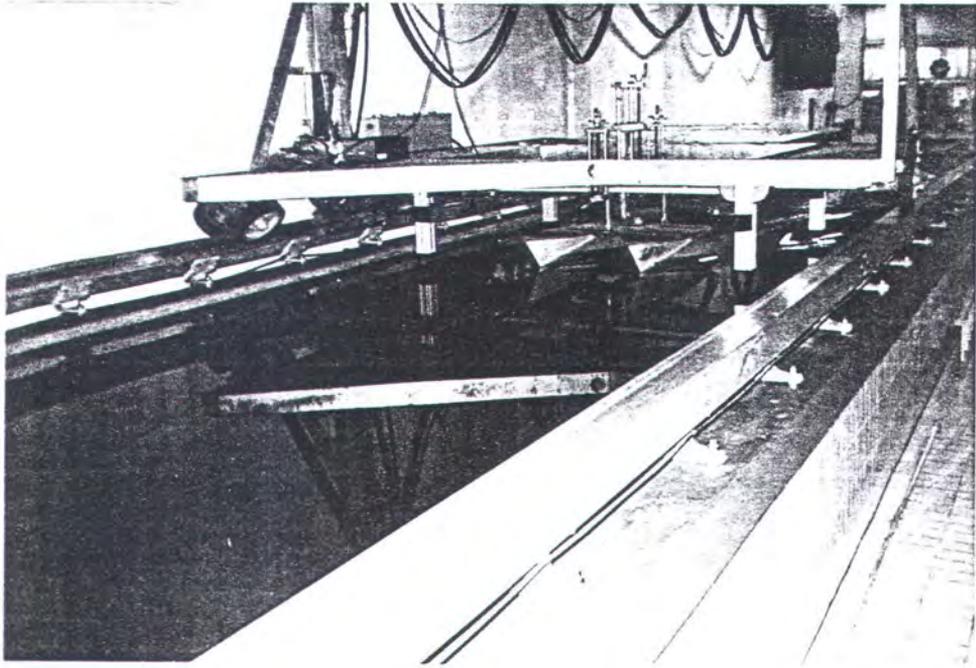
A.10. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.4$  ;  $F_n = 0.6$ )



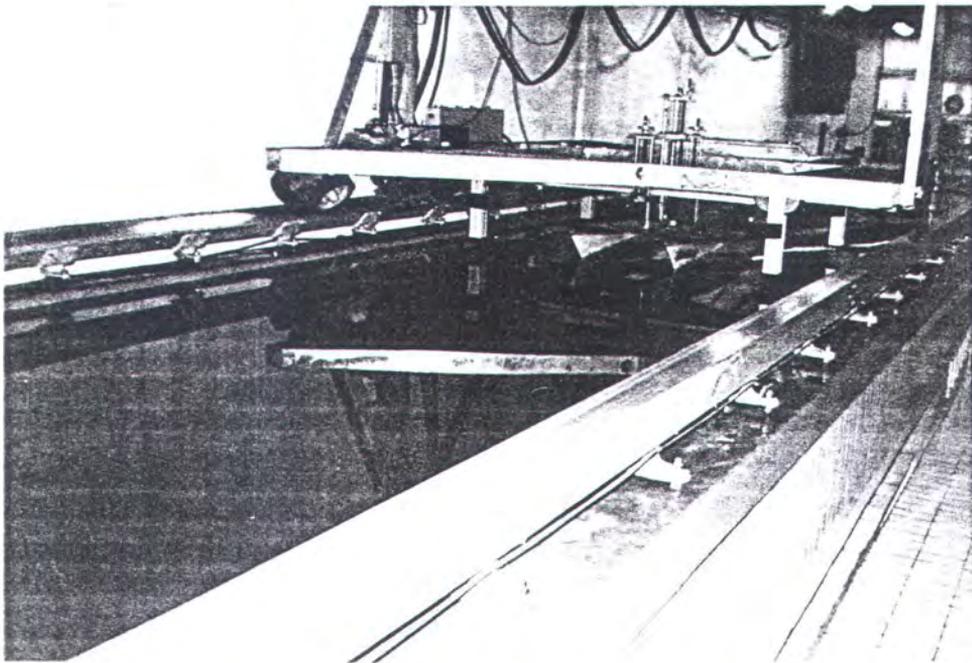
A.11. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.5$  ;  $Fn = 0.1$ )



A.12. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.5$  ;  $Fn = 0.2$ )



A.13. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.5$  ;  $Fn = 0.4$ )



A.14. Percobaan katamaran ( $S/L = 0.5$  ;  $Fn = 0.6$ )

## LAMPIRAN B

Tanggal uji                    19/05/03  
 Kondisi model                monohull  
 Lpp [m]                        :            1,6                            Displacement [m<sup>3</sup>]        :            0,022  
 B [m]                            :            0,183                            WSA [m<sup>2</sup>]                    :            0,497  
 D [m]                            :            0,1371                           C/C (2.5 kg/v)            :            1,9713

Run ke	v (m/s)	Rt (kg)	Rn (x 10 <sup>6</sup> )	Ct (x 10 <sup>-3</sup> )	Cf (x 10 <sup>-3</sup> )	Cr (x 10 <sup>-3</sup> )	Fn
1	0,4320	0,0283	0,9461	5,181	4,198	0,983	0,1008
2	0,8360	0,1085	1,8309	5,487	4,047	1,44	0,1951
3	1,6180	0,8881	3,5436	12,707	3,468	9,239	0,3776
4	2,3240	2,0069	5,0898	13,1259	3,314	9,8119	0,5424

Tanggal uji                    27/02/2003  
 Kondisi model                S/L = 0.2  
 Lpp [m]                        :            1,6                            Displacement [m<sup>3</sup>]        :            0,043  
 B [m]                            :            0,183                            WSA [m<sup>2</sup>]                    :            0,994  
 D [m]                            :            0,1371                           C/C (2.5 kg/v)            :            1,9736

Run ke	v (m/s)	Rt (kg)	Rn (x 10 <sup>6</sup> )	Ct (x 10 <sup>-3</sup> )	Cf (x 10 <sup>-3</sup> )	Cr (x 10 <sup>-3</sup> )	Fn
1	0,4470	0,0727	0,979	10,2464	4,7444	5,502	0,1043
2	0,8720	0,2238	2,0193	6,013	4,127	1,886	0,2035
3	1,8940	4,379	3,6706	24,2521	3,624	20,6281	0,4421
4	2,6100	5,2642	4,6189	19,166	3,447	15,719	0,6092



Tanggal uji                    27/02/03  
 Kondisi model                S/L = 0.3  
 Lpp [m]                        :        1,6                    Displacement [m<sup>3</sup>] :        0,043  
 B [m]                            0,183                    WSA [m<sup>2</sup>]                :        0,994  
 D [m]                            0,1371                   C/C (2.5 kg/v)        :        1,9837

Run ke	v (m/s)	Rt (kg)	Rn (x 10 <sup>6</sup> )	Ct (x 10 <sup>-3</sup> )	Cf (x 10 <sup>-3</sup> )	Cr (x 10 <sup>-3</sup> )	Fn
1	0,6870	0,1379	1,0907	8,057	4,6	3,457	0,1603
2	0,9190	0,2531	1,9098	5,9444	4,0924	1,852	0,2145
3	1,7410	4,0904	4,1481	21,576	3,599	17,977	0,4064
4	2,2360	4,8297	4,8971	18,033	3,41	14,623	0,5219

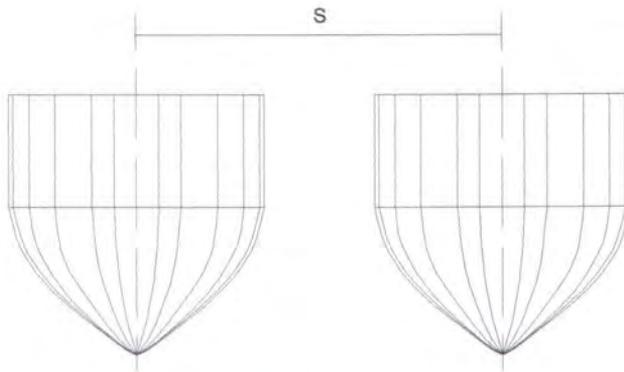
Tanggal uji                    28/02/03  
 Kondisi model                S/L = 0.4  
 Lpp [m]                        :        1,6                    Displacement [m<sup>3</sup>] :        0,043  
 B [m]                            0,183                    WSA [m<sup>2</sup>]                :        0,994  
 D [m]                            0,1371                   C/C (2.5 kg/v)        :        1,9666

Run ke	v (m/s)	Rt (kg)	Rn (x 10 <sup>6</sup> )	Ct (x 10 <sup>-3</sup> )	Cf (x 10 <sup>-3</sup> )	Cr (x 10 <sup>-3</sup> )	Fn
1	0,4980	0,1009	1,5046	7,023	4,529	2,494	0,1162
2	0,8990	0,2416	1,9689	5,4822	4,0672	1,415	0,2098
3	1,8420	3,4436	4,2532	16,419	3,517	12,902	0,4233
4	2,5990	4,5378	5,6921	15,375	3,386	11,989	0,6066

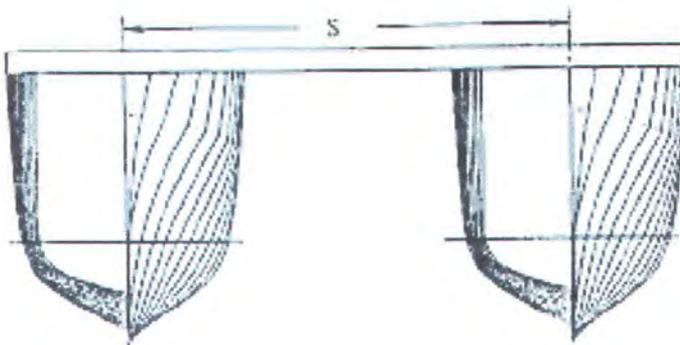
Tanggal uji                    05/03/03  
 Kondisi model                S/L = 0.5  
 Lpp [m]                        :        1,6                    Displacement [m<sup>3</sup>]        :        0,043  
 B [m]                            0,183                    WSA [m<sup>2</sup>]                    :        0,994  
 D [m]                            0,1371                    C/C (2.5 kg/v)            :        1,9769

Run ke	v (m/s)	Rt (kg)	Rn (x 10 <sup>6</sup> )	Ct (x 10 <sup>-3</sup> )	Cf (x 10 <sup>-3</sup> )	Cr (x 10 <sup>-3</sup> )	Fn
1	0,5460	0,0711	1,1958	5,9992	4,511	1,4882	0,1274
2	0,9220	0,2185	2,0127	5,3631	4,0491	1,314	0,2152
3	1,6760	2,2175	4,47	15,534	3,501	12,033	0,3912
4	2,1090	4,0588	5,7162	14,648	3,317	11,331	0,5922

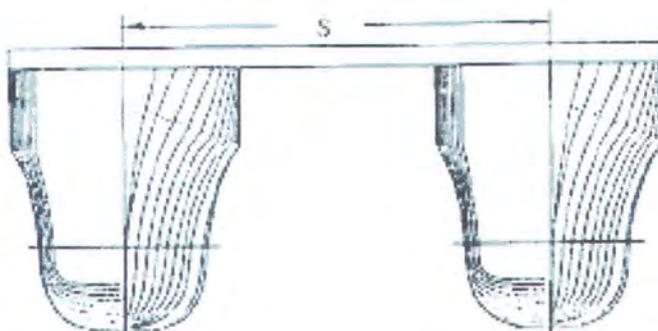
## LAMPIRAN C



C.2. Body plan Wigley – hull



C.2. Body plan katamaran tipe NPL



C.3. Body plan katamaran tipe Series 64

## LAMPIRAN C

PARAMETER	WIGLEY - HULL	NPL	ASR 5060	ELLIPSOID
L [m]	1,800	1,600	1,600	1,200
L/B	10,000	7,000	8,743	6,000
B/T	1,600	2,000	1,335	-
$L/\nabla^{1/3}$	7,116	6,273	5,150	5,170
$C_B$	0,444	0,397	0,539	0,521
$C_P$	0,667	0,693	0,549	0,664
A [m <sup>2</sup> ]	0,482	0,434	0,497	0,601

## LAMPIRAN D

Fn	$\tau_R = a(L/\nabla^{1/3})^n$							
	S/L = 0.2		S/L = 0.3		S/L = 0.4		S/L = 0.5	
	a	n	a	n	a	n	a	n
0,4	1,862	-0,15	0,941	0,17	0,730	0,28	0,645	0,32
0,5	1,489	0,04	1,598	-0,05	0,856	0,20	0,485	0,45
0,6	2,987	-0,34	1,042	0,09	0,599	0,34	0,555	0,36
0,7	0,559	0,40	0,545	0,39	0,456	0,47	0,518	0,41
0,8	0,244	0,76	0,338	0,61	0,368	0,57	0,426	0,51
0,9	0,183	0,89	0,300	0,67	0,352	0,60	0,414	0,52
1	0,180	0,90	0,393	0,55	0,541	0,40	0,533	0,39