



UNIVERSITAS INDONESIA

OPTIMALISASI DAYA KAPAL SKALA PENUH BERDASARKAN  
ANALISA UJI TARIK KAPAL MODEL

SKRIPSI

ELISABIUS M WAKA

0706275290

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JUNI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

OPTIMALISASI DAYA KAPAL SKALA PENUH BERDASARKAN  
ANALISA UJI TARIK KAPAL MODEL

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Elisabius M Waka

0706275290

FAKULTAS TEKNIK

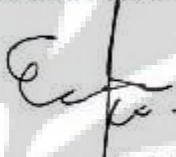
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JUNI 2012

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Elisabius M Waka  
NPM : 07 06 27 5290  
Tanda Tangan :   
Tanggal : 23 Juli 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Elisabius M Waka  
NPM : 07 06 27 5290  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul Skripsi : Optimalisasi Daya Kapal Skala Penuh Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model

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 : Ir. Sunaryo, Ph.D

Penguji : Ir. Hadi Tresno Wibowo

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

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

Penguji : Ir. Mukti Wibowo

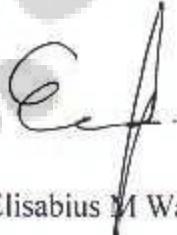
## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Ir. Sunaryo, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ir. M. A. Talahatu, MT, Ir. Hadi Tresno Wibowo , Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng M.T, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen pada program studi Teknik Perkapalan yang telah menularkan ilmu dan pengalamannya;
3. orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Depok, Juli 2012

  
Elisabius M Waka

HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Elisabius Marianus Waka  
NPM : 07 06 27 5290  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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

**"Optimalisasi Daya Kapal Skala Penuh Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model"**

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpang, 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 : 23 Juli 2012

Yang menyatakan,



Elisabius M. Waka

## ABSTRAK

Nama : Elisabius M Waka  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul : Optimalisasi Daya Kapal Skala Penuh Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model

Pertumbuhan teknologi industri perkapalan baik di dalam maupun di luar negeri terus meningkat, karena itu untuk menjamin kualitas pembuatan kapal lebih bermutu banyak galangan melakukan penelitian uji tarik menggunakan kapal model. Penelitian ini memiliki banyak manfaat dengan menyediakan hasil prediksi hidrodinamik kapal skala penuh dan perhitungan numerikal. Penelitian berikut bertujuan untuk menentukan daya optimal kapal skala penuh berdasarkan analisa percobaan uji tarik kapal model. Metode yang digunakan ialah dengan melakukan pengujian tarik kapal model di kolam dengan variasi kecepatan melalui pengaturan voltage motor penarik. Dari hasil pengujian diperoleh nilai hambatan total pada kecepatan tertentu, yang kemudian diolah dan dikonversi menggunakan skala tertentu untuk mendapatkan nilai daya kapal skala penuh.

Kata kunci : uji tarik, kapal model, kapal skala penuh, daya kapal, angka froude

## ABSTRACT

Name : Elisabius M Waka

Study Program : Naval Architecture

Title : The Full – Scale Ship Power Optimization Based on Analysis of Ship Model Pull Test

The growth of the shipping industry technology both inside and outside the country continued to increase, therefore to ensure the quality of shipbuilding, shipyard conducts research using a ship model test. This research has many benefits by providing the results of full-scale ship hydrodynamic predictions and numerical calculations. The aims of following study is to determine the optimal full-scale ship power based on analysis of ship model pull test. The method of experiment is to pull the model ship in a pond with a variation of speed by arrange the puller motor voltage. The experiments give the total resistance value at a certain speed, which is then processed and converted using a specific scale to get a full-scale ship power.

Keywords : *towing test, ship models, full-scale ships, ship power, froude number*

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR SIMBOL .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	01
1.2 Tujuan Penelitian .....	02
1.3 Perumusan Masalah .....	02
1.4 Batasan Masalah .....	02
1.5 Metode Penelitian .....	03
1.6 Sistematika Penulisan .....	04
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Hukum Perbandingan .....	06
2.1.1 Kesamaan Kinematis .....	06

2.1.2 Kesamaan Geometris	.....07
2.1.3 Kesamaan Dinamis	.....07
2.2 Tahanan Kapal	.....08
2.2.1 Tahanan Gesek	.....09
2.2.2 Tahanan Bentuk	.....09
2.3 Reynold's Number	.....10
2.4 Froude Number	.....11
2.5 Prakiraan Daya Kapal	.....12
2.6 Perubahan Koefisien Total	.....13

### BAB III RANCANGAN ALAT UJI, PROSEDUR PENGUJIAN DAN HASIL PENELITIAN

3.1 Persiapan Alat Uji	.....14
3.1.1 Kapal Model	.....14
3.1.2 Alat Penarik Kapal Model	.....16
3.1.3 AC Voltage Regulator	.....17
3.1.4 Load Cell	.....18
3.1.5 Beban	.....18
3.2 Prosedur Uji Tarik	.....19
3.3 Hasil Percobaan	.....20

### BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 Perhitungan Hambatan	
dan Kecepatan Kapal sesungguhnya	.....24
4.1.1 Perhitungan Hambatan Kapal Sesungguhnya	.....25
4.1.2 Perhitungan Kecepatan Kapal Sesungguhnya	.....25

4.2 Analisa Data	.....29
BAB V KESIMPULAN	
5.1 KESIMPULAN	.....35
5.2 SARAN	.....35
DAFTAR PUSTAKA	.....37



## DAFTAR GAMBAR

halaman

<b>Gambar 2.1</b> grafik ct vs fr pada salah satu percobaan .....	13
<b>Gambar 3.1</b> Kapal Model .....	14
<b>Gambar 3.2</b> Rancangan garis kapal .....	15
<b>Gambar 3.3</b> Kurva hidrostatis kapal model .....	16
<b>Gambar 3.4</b> Alat penarik kapal model .....	17
<b>Gambar 3.5</b> AC voltage regulator .....	18
<b>Gambar 3.6</b> load cell .....	18
<b>Gambar 3.7</b> Skema Pengujian .....	19
<b>Gambar 4.1</b> grafik Daya terhadap froude number kondisi I.....	28
<b>Gambar 4.2</b> grafik Daya terhadap froude number kondisi II.....	28
<b>Gambar 4.3</b> grafik Daya terhadap froude number kondisi II .....	29
<b>Gambar 4.4</b> grafik Daya terhadap froude number semua kondisi.....	30

## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 bilangan Froude pada 3 kondisi .....	13
Tabel 3.1 hasil percobaan pada draft 50 %, .....	21
Tabel 3.2 hasil pengujian pada draft 75 % .....	21
Tabel 3.3 hasil pengujian pada draft 100 % .....	23
Tabel 4.1 perhitungan daya pada draft kapal 100% .....	26
Tabel 4.2 perhitungan daya pada draft kapal 75% .....	26
Tabel 4.3 perhitungan daya pada draft kapal 50% .....	27
Tabel 4.4 perhitungan BHP kondisi draft 100 % .....	31
Tabel 4.5 perhitungan BHP kondisi draft 75 % .....	31
Tabel 4.6 perhitungan BHP kondisi draft 50 % .....	32

## DAFTAR SIMBOL

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
RTM	Hambatan Kapal Model	Kg
RTS	Hambatan Kapal Skala Penuh	Kg
V	Kecepatan Kapal	m/s
S	Permukaan Basah	$m^2$
CT	Koefisien Hambatan	
$\lambda$	Skala Panjang Kapal	
PS	Daya Kapal Skala Penuh	HP
FR	Froude Number	

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 LATAR BELAKANG

Kapal pada umumnya digunakan sebagai sarana angkutan perairan antara satu pulau dengan pulau lainnya. Oleh karena pergerakan sebagian badan kapal berada dalam air (fluida cair), kapal dipengaruhi oleh berbagai gaya yang bekerja padanya, seperti gaya gesek, gaya tekan air, dan gaya-gaya luar yang bekerja padanya seperti gelombang dan angin. Gaya-gaya ini disebut gaya hambat hidromekanik. Semakin tinggi gaya hambat yang bekerja pada kapal tersebut, maka semakin rendah pula kecepatan kapal, sehingga berpengaruh terhadap waktu dan efektifitas kinerja tenaga penggerak (*ship power*) kapal tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan penelitian terlebih dahulu untuk bisa membentuk/membuat kapal.

Pada proses perancangan, kerap dilakukan penelitian untuk memperoleh hasil yang maksimal yaitu dengan melakukan pengujian dengan menggunakan kapal model. Pengujian ini memiliki banyak manfaat yang mendukung kinerja perancangan kapal sesungguhnya (*full-scale*) yakni dengan menyediakan hasil prediksi hidrodinamik kapal model dan perhitungan numerikal. Jelas, kegiatan ini memberikan keuntungan bagi industri galangan yaitu mempersingkat waktu dan biaya, juga meningkatkan kualitas kapal hasil pembuatan.

Pengujian pada kapal model dapat diaplikasikan untuk memprediksi berbagai karakteristik pada kapal yang sesungguhnya. Macam-macam aplikasi tersebut antara lain dapat memprediksi hambatan (*resistance*) kapal, tenaga (*power*) kapal yang dibutuhkan, efisiensi propeler, olah gerak kapal, konsumsi bahan bakar pada kapal dengan jarak pelayaran tertentu dan lain sebagainya. Bertolak dari dasar pertimbangan tersebut, dilakukan pengujian pada kapal model dan dari data-data yang diperoleh kemudian dikonversikan, melalui perhitungan

matematis, menjadi hasil estimasi karakteristik pada kapal yang sesungguhnya (*full-scale*).

Namun dalam penelitian ini secara khusus membahas bagaimana menentukan daya kapal (*full-scale*) dari hasil percobaan dengan menggunakan kapal model. Daya kapal yang optimal tentunya akan berpengaruh besar dalam tingkat pengeluaran biaya, karena daya kapal erat kaitannya dengan pemilihan mesin, penggunaan mesin dan pemakaian bahan bakar.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar tenaga (*power*) yang optimal dibutuhkan kapal pada kecepatan yang berbeda berdasarkan data hasil pengujian menggunakan kapal model.

## 1.3 BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari hal-hal yang tidak perlu atau di luar lingkup penelitian. Adapun pembahasan masalah yang dilakukan adalah:

- Kapal model yang ditarik adalah kapal berjenis “Bulk Cargo Motor Vessel” skala 1:70 dengan dimensi:

LPP = 2385 mm

B = 323 mm

T = 190 mm

Cb = 0,758

Kapal merupakan kapal model yang sudah ada di laboratorium

- Motor penarik menggunakan motor listrik dengan rpm 1400 yang dipasang inverter, dilengkapi dengan dudukan, tali, dan gulungan penarik berdiameter 12 cm
- Kolam percobaan uji tarik bukanlah kolam percobaan towing tank yang standar dan baku, tetapi menggunakan kolam renang umum dengan L : 15 m, B : 7 m, D : 3 m

- Variasi kecepatan Kapal model dengan merubah voltage motor.
- Analisa yang digunakan hanya sebatas membandingkan perubahan gaya tarik dan waktu untuk setiap variasi
- Alat pengukur gaya tarik yang dipakai adalah *load cell*.

#### 1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan uji tarik pada kapal model, setiap uji tarik data yang diambil adalah gaya tarik, waktu, trim kapal model. Data-data tersebut dikumpulkan untuk kemudian dianalisa dan dipresentasikan dalam bentuk grafik untuk diambil kesimpulan. Metode pengumpulan data yang dilakukan meliputi

##### 1.4.1 Studi Literatur

Studi ini dilakukan untuk mendapatkan informasi dan data-data teoritis serta perkembangan penelitian serupa melalui buku-buku, jurnal, artikel, skripsi dan literatur lainnya yang berhubungan penelitian ini.

##### 1.4.2 Perancangan Alat Uji Penelitian

Perancangan alat uji yaitu perancangan mekanisme penarik model kapal beserta alat ukur dengan menggunakan kapal model laboratorium yang sudah ada.

##### 1.4.3 Proses Fabrikasi dan Instalasi

Setelah perancangan langkah selanjutnya adalah perakitan alat uji menjadi satu kesatuan sesuai dengan rancangan alat pengujian.

##### 1.4.4 Proses Pengujian dan Modifikasi

Setelah alat uji penelitian menjadi satu kesatuan, uji coba dilakukan dan bila perlu dilakukan beberapa perubahan dan modifikasi untuk mendapatkan hasil pengujian yang maksimal

#### 1.4.5 Proses Pengambilan dan Pengolahan Data

Pengambilan data dilakukan di kolam renang umum dengan tahapan uji tarik sebagai berikut:

- Uji tarik kapal model dengan menggunakan *load cell*

Setiap tahapan pengujian di atas dilakukan dengan variasi berikut:

- Variasi Voltage motor
- Sudut Trim by stern :  $1,94^0$

Data-data yang diperoleh kemudian diolah lagi agar didapat perbandingan gaya tarik pada masing-masing variasi.

#### 1.4.6 Penyusunan Laporan

Pada tahap ini, seluruh data percobaan, hasil pengolahan data dan literatur pendukung dirangkum dan disusun ke dalam bentuk tulisan sebagai bentuk laporan hasil penelitian.

### 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini terbagi dalam beberapa bab yang dijelaskan secara ringkas sebagai berikut:

#### **BAB 1            PENDAHULUAN**

Bab ini merupakan pendahuluan yang berisikan antara lain latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penelitian, dan sistematika penelitian.

#### **BAB 2            LANDASAN TEORI**

Bab ini merupakan penjelasan teoritis berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

**Universitas Indonesia**

### **BAB 3 RANCANGAN ALAT UJI, PROSEDUR DAN HASIL PENELITIAN**

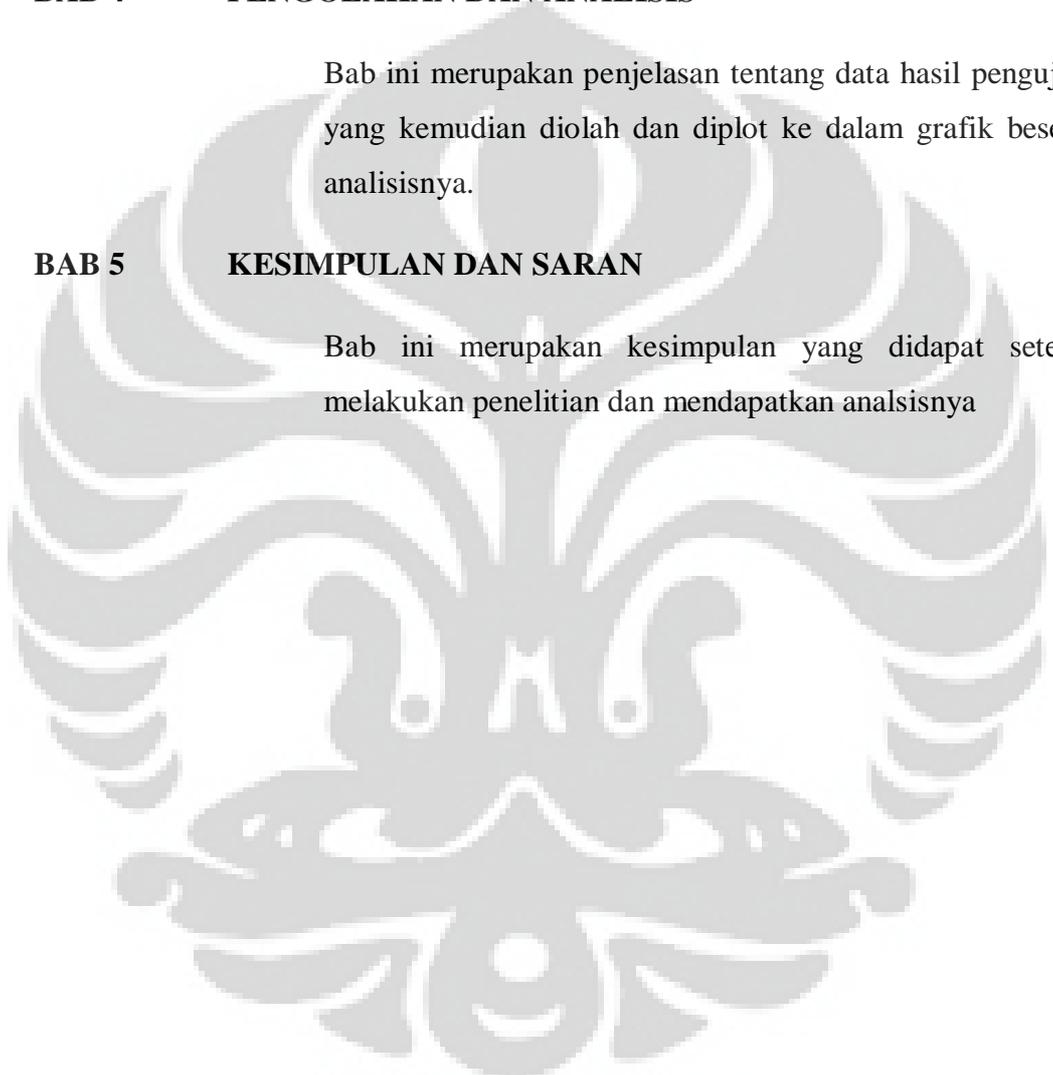
Bab ini merupakan penjelasan tentang rangkain alat beserta komponen-komponen yang dipakai serta prosedur pengujian yang dilakukan.

### **BAB 4 PENGOLAHAN DAN ANALISIS**

Bab ini merupakan penjelasan tentang data hasil pengujian yang kemudian diolah dan diplot ke dalam grafik beserta analisisnya.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian dan mendapatkan analisisnya



## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 HUKUM PERBANDINGAN

Dalam memakai model fisik, hasil yang diperoleh harus ditransfer dari skala model ke skala penuh. Dengan demikian maka harus ada atau harus dinyatakan beberapa hukum perbandingan untuk keperluan transfer tersebut. Jika gaya spesifik yang bekerja pada model harus mirip dengan yang bekerja pada obyek yang berskala penuh maka syarat berikut perlu dipenuhi :

1. Kesamaan geometris
2. Kesamaan kinematis
3. Kesamaan dinamis

##### 2.1.1 Kesamaan Geometris

Dari segi permukaan, syarat kesamaan geometris biasanya diabaikan dan modelnya dibuat dengan permukaan yang benar-benar mulus. Pada kenyataannya, walaupun permukaan model dibuat persis menyerupai kapal yang sesungguhnya, aliran sepanjang permukaan tersebut tidak akan mirip dengan aliran yang sebenarnya karena dipengaruhi oleh sifat air. Karena itu, hasil dari percobaan model harus dikoreksi.

Permukaan laut dan permukaan air kolam model juga harus mirip. Membuat keduanya sama-sama mulus (rata) adalah yang paling mudah. Kondisi yang kapalnya mulus dan bergerak di air yang rata disebut “kondisi tangki”. Hampir di semua tangki percobaan, tekanan pada permukaan air sama dengan tekanan atmosfer ; kondisi demikian tidak benar, tekanan dalam tangki harus diturunkan.

### 2.1.2 Kesamaan Kinematis

Rasio kecepatan pada model harus sama dengan rasio kapal skala penuh. Bila melakukan percobaan model baling-baling kapal, rasio antara kecepatan maju dengan kecepatanrotasional elemen daun baling-baling model harus sama dengan rasio kecepatan tersebut untuk baling-baling skala penuh.

### 2.1.3 Kesamaan Dinamis

Jika percobaan model yang dilakukandimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai besarnya gaya yang bekerja pada kapal yang ditinjau, maka harus ada kesamaan dinamis.

Antara model dan kapal dianggap terdapat kesamaan geometris dan kinematis. Selain itu dianggap bahwa :

$$\lambda L = \frac{L_s}{L_m} = \text{skala panjang}$$

$$\lambda \rho = \frac{\rho_s}{\rho_m} = \text{skala massa jenis spesifik}$$

$$\lambda V = \frac{V_s}{V_m} = \text{skala kecepatan maju}$$

dari sini diperoleh :

$$\lambda s = \lambda L^2 = \text{skala permukaan}$$

$$\lambda \nabla = \lambda L^3 = \text{skala volume}$$

$$\lambda m = \lambda \rho \lambda L^3 = \text{skala massa}$$

$$\lambda t = \frac{\lambda L}{\lambda V} = \text{skala waktu}$$

$$\lambda a = \frac{\lambda V^2}{\lambda L} = \text{skala percepatan}$$

## 2.2 TAHANAN KAPAL

Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan kapal tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerak kapal.

Untuk memudahkan perhitungan, tahanan total dihitung dengan menggunakan koefisien tahanan dan besar tahanan kapal tersebut adalah fungsi dari luas permukaan basah, kecepatan kapal, dan massa jenis air dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_t = \frac{1}{2} \cdot C_F \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan

$R_T$  = tahanan total kapal

$C_T$  = koefisien tahanan

$S$  = luas permukaan basah

$V$  = kecepatan kapal

$\rho$  = massa jenis air

Tahanan total kapal ( $R_T$ ) dapat diuraikan menjadi sejumlah komponen berbeda yang diakibatkan oleh berbagai macam penyebab dan saling berinteraksi dalam cara yang benar-benar rumit. Komponen tersebut antara lain yaitu :

- Hambatan Gesek
- Hambatan Gelombang
- Hambatan Bentuk
- Hambatan Udara
- Hambatan Tambahan
- Hambatan Sisa

Untuk proses analisa penghitungan cukup menggunakan dua buah komponen tahanan, yang memang saat ini populer digunakan untuk menghitung tahanan total kapal melalui percobaan kapal model, metode tersebut adalah “Metode Froude”. Yang mana pada metode froude ini tahanan dibagi menjadi dua buah komponen besar yaitu :

$$R_T = R_F + R_R \dots\dots\dots(2.4)$$

### 2.2.1 Tahanan Gesek

Tahanan gesek disebabkan oleh kekentalan air dan merupakan fungsi *Reynold's Number*. Yang mana ketika fluida berada antara dua buah pelat dan salah satunya dikenai gaya geser maka akan timbul tegangan geser pada fluida. Untuk mempertahankan gerakan maka harus ada gaya yang bekerja pada pelat yang bergerak. Percobaan menunjukkan bahwa gayatersebut berbanding lurus dengan luas pelat, kecepatan dan berbanding terbalik dengan jarak kedua pelat

$$F = \mu \frac{S.v}{h} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan

$F$  = gaya

$S$  = luas plat

$v$  = kecepatan kapal

$h$  = jarak kedua plat

$\mu$ = koefisien viskositas dinamis.

Tahanan gesek dipengaruhi oleh kecepatan benda ( $v$ ), luasan basa ( $S$ ) dan massa jenis fluida ( $\rho$ ) dengan rumus

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

Sehingga dibutuhkan koefisien gesek ( $C_F$ ) untuk dapat mengetahui besarnya nilai tahanan gesek. Menurut ITTC (*International Towing Tank Conference*) 1957 koefisien gesek dapat diketahui dengan rumus :

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

### 2.2.2 Tahanan Bentuk

Seperti telah dibahas diawal mengenai tahanan bentuk dimana tahanan ini terjadi karena terbentuknya partikel-partikel air yang bergerak dalam satuan pusaran (*eddy*). Viskositas menyebabkan perubahan aliran di sekitar lambung kapal, secara perlahan akan menaikkan tekanan hingga daerah ujung akhir lambung kapal.

Hal ini disebabkan oleh bentuk aliran *streamline* di sekitar lambung kapal yang menghasilkan variasi kecepatan aliran, hal tersebut disebabkan oleh variasi lokal pada *Frictional Resistance* kapal tersebut. Yaitu bila lambung kapal tiba-tiba secara sectional berubah bentuk sehingga aliran fluida tidak mampu mengikuti garis-nya dan aliran akan 'patah'. Sebagai contoh hal ini sering terjadi pada daerah *Transom Stern*. Di daerah patahan tersebut muncul *Eddies Current* ( arus pusaran) yang akan menyerap energi dan hal inipun menjadikan suatu tahanan. Dan dikarenakan variasi aliran dan arus pusaran dihasilkan oleh bentuk lambung kapal (*Ship Form*), maka tahanan ini sering dikaitkan terhadap *Form Resistance*.

### 2.3 REYNOLD'S NUMBER

Untuk dapat mengetahui suatu aliran apakah dalam keadaan laminar atau turbulen maka dapat digunakan bilangan reynold sebagai solusinya. Pertama kali percobaan ini dilakukan oleh Osborne Reynolds, yang mana Reynolds menentukan dua situasi aliran yang berbeda akan serupa.

Dua aliran dikatakan serupa secara dinamik apabila :

- Kedua aliran tersebut serupa secara geometrik, yakni ukuran linier yang bersesuaian mempunyai perbandingan yang konstan.

- Garis-garis aliran yang bersesuaian adalah serupa secara geometrik atau tekanan-tekanan di titik-titik yang bersesuaian mempunyai perbandingan yang konstan.

Reynold menyimpulkan apabila dua situasi aliran yang serupa secara geometrik akan serupa secara dinamik jika persamaan-persamaan diferensial umum yang menggambarkan aliran-aliran tersebut identik. Bilangan tak berdimensi yang dipelajari Reynold tersebut dikenal sebagai *Reynold's Number* ( $Re$ ) dimana yang mempengaruhi nilai Re antara lain kecepatan ( $v$ ), panjang kapal ( $L$ ), dan viskositas kinematis fluida ( $\nu$ ) dengan rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{v.L}{\nu} \dots\dots\dots(2.8)$$

#### 2.4 FROUDE NUMBER

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* ( $Fn$ ), dimana  $Fn$  dipengaruhi oleh kecepatan ( $v$ ), gaya gravitasi ( $g$ ) dan panjang kapal ( $L$ ) :

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g.L}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dari penjelasan diatas maka dengan diketahui besarnya  $Fn$  kapal model, maka dapat diketahui juga besarnya  $Fn$  kapal skala penuh. Sehingga nilai koefisien sisa kapal penuh ( $C_{RS}$ ) dapat diketahui jika koefisien kapal model ( $C_{RM}$ ) telah diketahui dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_{RS} = \frac{\rho_S}{\rho_M} . C_{RM} \dots\dots\dots(2.10)$$

## 2.5 PRAKIRAAN DAYA KAPAL

Jika menggunakan metode perbandingan maka dalam menentukan estimasi daya kapal maka pertama-tama dihitung dulu nilai hambatan total untuk jenis kapal yang bersangkutan. Daya kapal dihitung sebagai berikut :

Daya (*power*) = gaya (hambatan total) x kecepatan

atau ;

$$P = \frac{R_{total} \times V}{75} \text{ (EHP)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan R adalah nilai hambatan total (kgf) dan V untuk kecepatan kapal (m/sec).

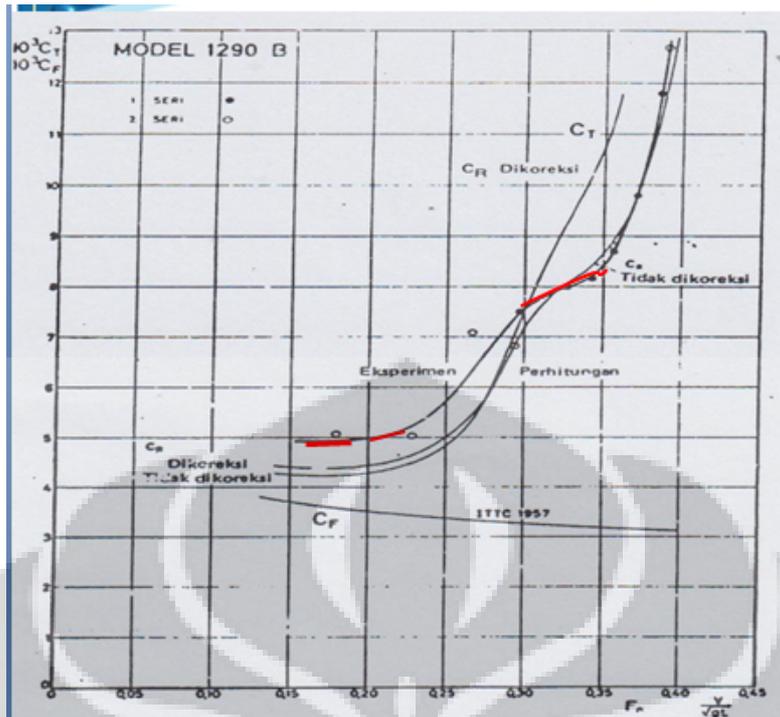
## 2.6 PERUBAHAN KOEFISIEN TOTAL HAMBATAN

Dalam berbagai penelitian terungkap bahwa penambahan kecepatan yang konstan tidak selalu diiringi dengan penambahan hambatan yang konstan pula. Ini disebabkan oleh perbedaan koefisien tahanan total kapal pada setiap perubahan kecepatan yang berakibat pada variasi nilai hambatan kapal yang terbentuk. Hal ini juga terjadi pada percobaan yang menjadi landasan teori pada penelitian ini. Penambahan kecepatan yang ditandai dengan perubahan bilangan Froude berakibat pada perubahan koefisien tahanan total pada kapal yang berbeda-beda. Dari grafik tersebut terungkap bahwa pada beberapa rentang nilai Froude terdapat penambahan koefisien tahanan yang sangat tinggi sehingga nilai hambatan kapal pun sangat tinggi.

ITTC 1957 menerapkan rumus

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

Berikut adalah contoh grafik CT vs Fr pada salah satu percobaan yang dilakukan.



**Gambar 2.1** grafik  $c_t$  vs  $f_r$  pada salah satu percobaan

Pada rentang bilangan Froude tertentu hambatan tidak bertambah sehingga rentangan bilangan tersebut ditetapkan sebagai rentangan bilangan Froude yang ideal, bilangan Froude ideal dibagi dalam 3 kondisi :

Table 2.1 bilangan Froude pada 3 kondisi

Kondisi	Interval bilangan Froude
I	0.1-0.18
II	0.2-0.23
III	0.3-0.35

Oleh karena itu penelitian ini difokuskan untuk memperoleh nilai hambatan pada nilai Froude tersebut yang kemudian digunakan untuk menentukan daya kapal yang optimal.

## BAB 3

### RANCANGAN ALAT UJI, PROSEDUR DAN HASIL PENELITIAN

Pengujian yang dilakukan terhadap kapal model dirancang sedemikian rupa sehingga menyerupai pengujian yang dilakukan dilabotarium. Yaitu, sebagai ganti *towing tank*, digunakan kolam renang dengan panjang 15 meter, lebar 7 meter, dan kedalaman 3 meter juga peralatan-peralatan pendukung lainnya yang memungkinkan pengambilan data seakurat mungkin.

#### 3.1 PERSIAPAN ALAT UJI

##### 3.1.1 Kapal Model

Kapal model yang digunakan pada pengujian berjenis "Bulk Cargo Motor Vessel" yang telah tersedia di labolatorium tanpa harus merancang dan membuatnya terlebih dahulu. Spesifikasi dari kapal model tersebut adalah :

LPP : 2385 mm

LWL : 2403 mm

LOA : 2456 mm

B : 323 mm

H : 181 mm

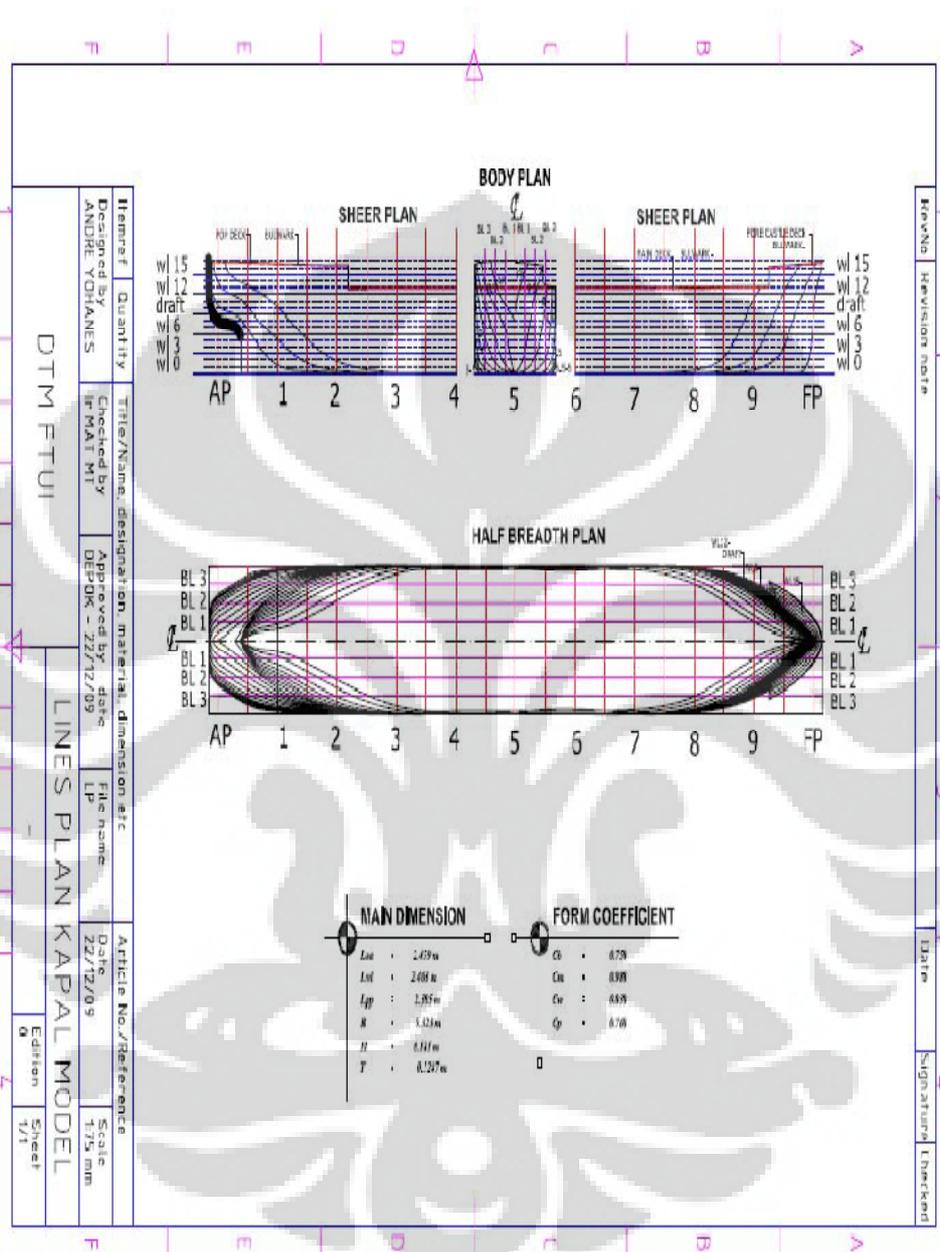
T : 128 mm

Cb : 0,758

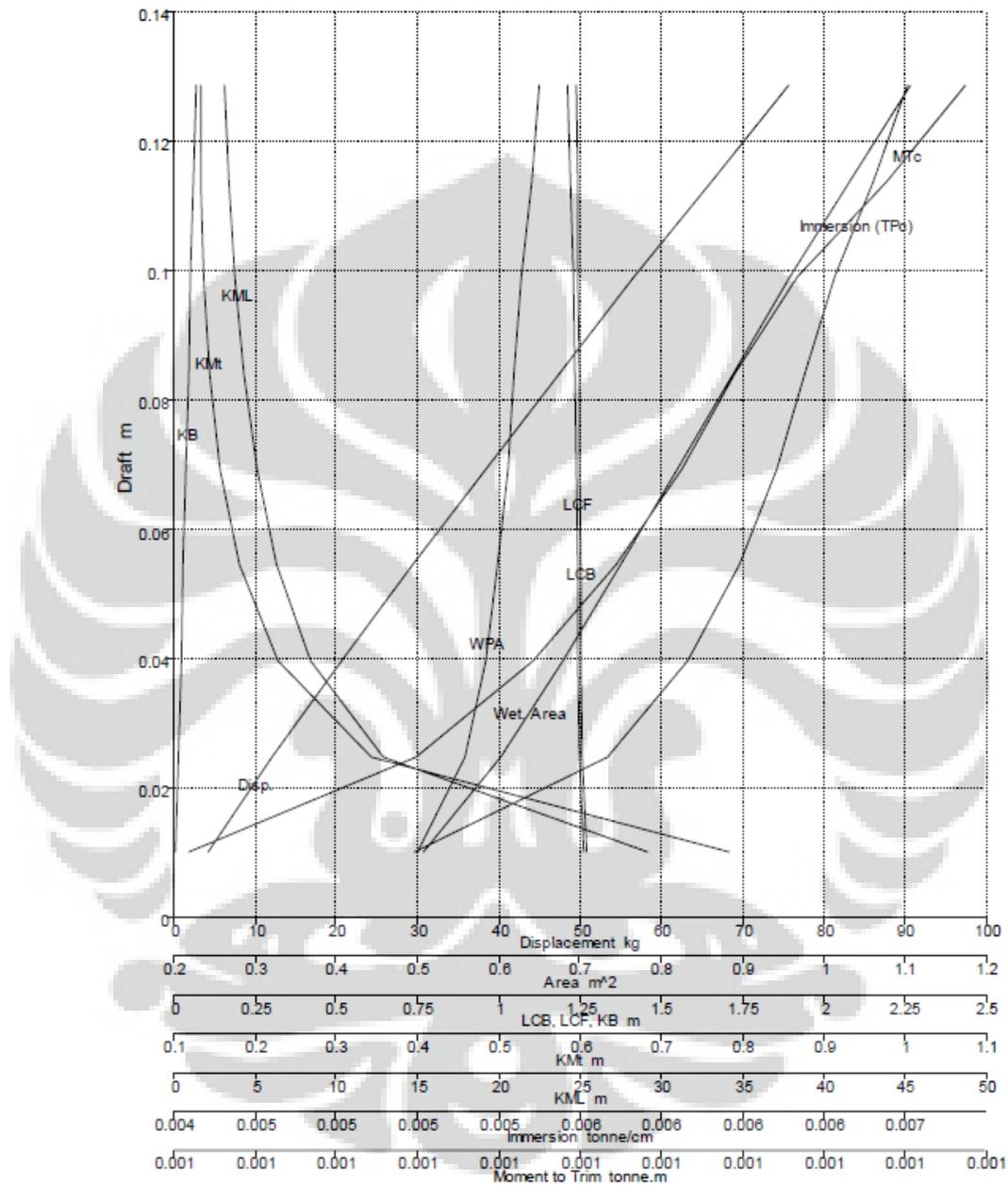


**Gambar 3.1** Kapal Model

Berikut karakteristik ini adalah karakteristik kapal model:



Gambar 3.2 Rancangan garis kapal model



**Gambar 3.3** Kurva hidrostatis kapal model

### 3.1.2 Alat Penarik Kapal Model

Alat penarik berfungsi untuk menarik kapal model dengan kecepatan yang dapat diatur sebagai asumsi kapal model bergerak dengan gaya dorong (propulsi). Alat penarik ini merupakan satu rangkaian komponen-komponen yang dirakit menjadi satu kesatuan. Komponen-komponen tersebut adalah :



**Gambar 3.4** Alat penarik kapal model

- **Rangka**  
Rangka yang digunakan adalah besi siku berlubang yang disambung dengan menggunakan baut dan disusun sedemikian sehingga 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 nantinya adalah untuk memutar gulungan tali dimana tali tersebut akan menarik kapal model.
- **Gulungan Tali**  
Gulungan tali yang menggunakan silinder hollow berbahan plasti dengan diameter 120 mm
- **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.

### 3.1.3 AC Voltage Regulator

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

Spesifikasi teknik dari AC voltage regulator yang digunakan adalah :

Merk	: OKI
Input	: 220V 50/60 Hz
Output	: 0 – 250V
Cap	: 2000 VA



**Gambar 3.5** AC voltage regulator

### 3.1.4 Load Cell

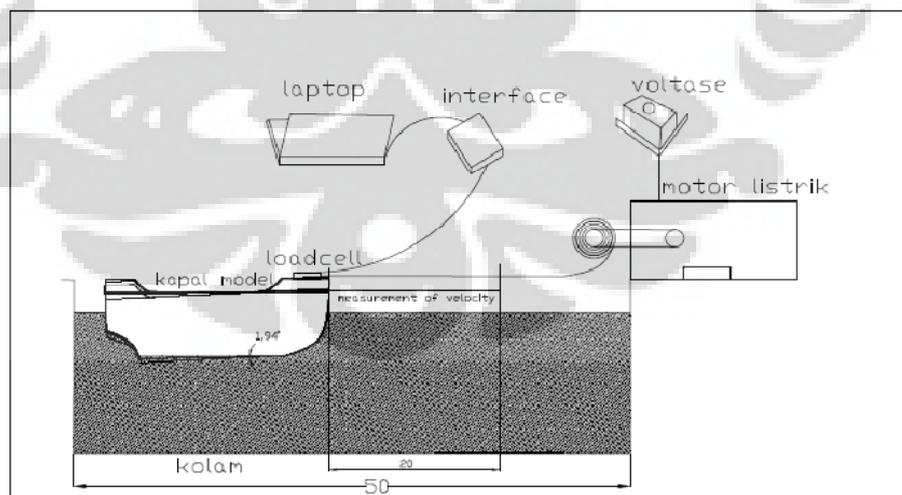
Alat ini digunakan untuk mengukur gaya tarik kapal model pada saat ditarik. Loadcell yang digunakan pada percobaan disambungkan pada interface kemudian diteruskan ke laptop. Interface pada perangkat loadcell merupakan alat penerjemah gaya tarik pada kapal menjadi satuan angka yang kemudian dapat terbaca pada laptop/komputer. Loadcell diletakkan pada bagian depan kapal sebagai penghubung antara tali dan kapal model.

### 3.1.5 Beban

Beban diletakkan pada cargo hold kapal model untuk mendapatkan draft dan trim kapal model yang diinginkan. Beban yang digunakan adalah kantong pasir yang masing-masing memiliki berat 1 - 2 Kg.

## 3.2 PROSEDUR UJI TARIK

Kapal model ditarik oleh alat penarik yang telah dirancang sedemikian rupa sehingga putaran motor listrik memutar gulungan tali dan menarik kapal model. Sewaktu kapal ditarik load cell akan menunjukkan berapa besar gaya tarik yang terjadi. Besar gaya tarik pada saat kapal ditarik adalah besar gaya hambat yang dialami oleh kapal pada saat ditarik.



**Gambar 3.6** skema pengujian

Ada 3 jenis variasi utama percobaan uji tarik yang dilakukan:

1. Uji tarik kapal model pada *draught* 50% dengan sudut trim  $1,94^\circ$
2. Uji tarik kapal model pada *draught* 75% dengan sudut trim  $1,94^\circ$
3. Uji tarik kapal model pada *draught* 100% dengan sudut trim  $1,94^\circ$

Pada masing-masing variasi di atas kapal ditarik dengan besar voltase yang berbeda untuk mendapatkan kecepatan yang berbeda-beda pada tiap penarikan sesuai dengan variasi nilai froude yang ingin dicapai.

Percobaan dilakukan pada kondisi air yang tenang dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Load cell ditempelkan pada anjungan kapal dihubungkan dengan tali penarik yang berasal dari gulungan tali yang nantinya akan diputar oleh motor listrik.
2. Load cell juga dihubungkan dengan interface yang diteruskan ke laptop. Ketika nantinya ditarik, gaya tarik akan dikonversi menjadi satuan angka yang terbaca pada laptop.
3. Pemberian beban pada ruang muatan kapal model. Besar dan posisi beban disesuaikan dengan variasi trim yang akan diuji. Untuk mendapatkan posisi trim kebelakang maka beban lebih banyak diberikan pada ruang muat buritan kapal. Pengontrolan sudut trim dilakukan di bagian tengah kapal model menggunakan bantuan bandulan dengan panjang tali 30 cm.
4. Motor listrik dinyalakan dengan aba-aba dan diatur voltase nya dengan menggunakan AC voltage regulator. Setelah kapal model melewati batas jarak yang telah ditentukan, perhitungan waktu, motor listrik dimatikan.
5. Posisi kapal model dikondisikan segaris dengan alat penarik sehingga pada saat penarikan kapal model tidak berbelok.

6. Perhitungan waktu tempuh dihitung dengan jarak perhitungan waktu adalah 20 m.

### 3.3 HASIL PERCOBAAN

Berikut ini adalah data-data yang didapatkan dari hasil percobaan pada uji tarik kapal model dengan sudut trim  $1,94^\circ$ :

- Pada draft 50 %

Tabel 3.1 hasil pengujian pada draft 50 %

$f_n$	$v$ (m/sec)	$R_{tm}$ (kg)
0,106	0,5	0,08
0,115	0,543	0,09
0,125	0,59	0,1
0,135	0,639	0,12
0,144	0,68	0,14
0,153	0,724	0,15
0,165	0,78	0,17
0,175	0,826	0,19
0,184	0,87	0,21
0,206	0,973	0,3
0,214	1,012	0,3
0,228	1,08	0,37
0,238	1,126	0,45
0,306	1,446	1,08
0,317	1,5	1,16
0,324	1,535	1,24
0,339	1,601	1,42
0,349	1,649	1,48
0,358	1,691	1,58

➤ Pada draft 75 %

Tabel 3.2 hasil pengujian pada draft 75 %

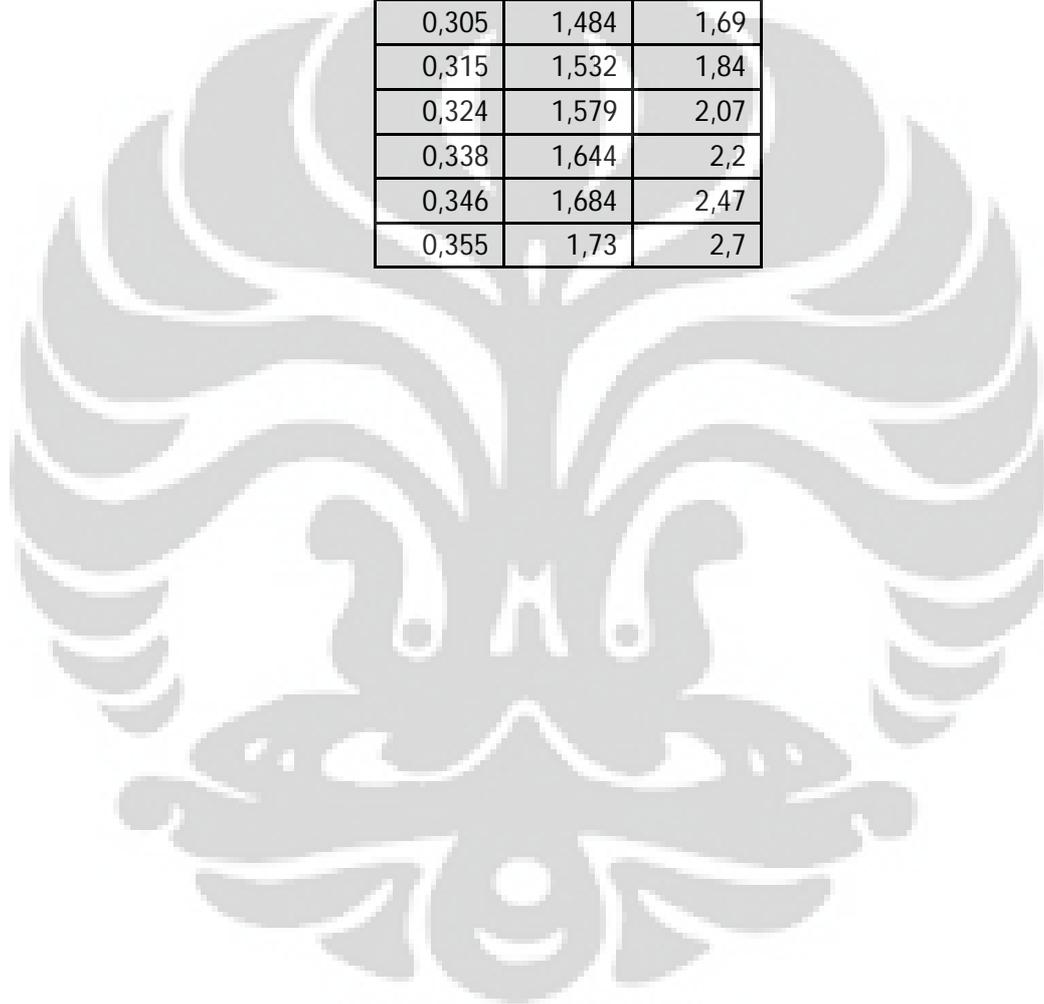
fn	v (m/sec)	Rtm (kg)
0,103	0,5	0,09
0,112	0,54	0,1
0,122	0,59	0,12
0,13	0,63	0,13
0,14	0,68	0,15
0,151	0,73	0,17
0,161	0,78	0,18
0,171	0,83	0,22
0,182	0,88	0,24
0,206	0,999	0,37
0,216	1,046	0,41
0,228	1,104	0,45
0,238	1,152	0,54
0,307	1,487	1,38
0,313	1,513	1,49
0,329	1,594	1,7
0,337	1,63	1,84
0,349	1,69	2,04
0,353	1,708	2,13

➤ Pada draft 100 %

Tabel 3.3 hasil pengujian pada draft 100 %

fn	v (m/sec)	Rtm (kg)
0,104	0,507	0,11
0,114	0,557	0,12
0,126	0,612	0,14
0,134	0,653	0,16
0,143	0,698	0,18

fn	v (m/sec)	Rtm (kg)
0,152	0,742	0,2
0,163	0,794	0,23
0,17	0,83	0,25
0,18	0,877	0,27
0,205	1	0,47
0,216	1,051	0,54
0,224	1,09	0,54
0,237	1,153	0,7
0,305	1,484	1,69
0,315	1,532	1,84
0,324	1,579	2,07
0,338	1,644	2,2
0,346	1,684	2,47
0,355	1,73	2,7



## BAB 4

### PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

Pada bab ini akan dilakukan pengolahan data berdasarkan hasil percobaan uji tarik pada kapal model, dimana data-data tersebut akan dikonversi menggunakan skala yang ditentukan sehingga diperoleh nilai *power* atau tenaga penggerak pada kapal yang sesungguhnya. Nilai *power* atau tenaga penggerak kapal akan diplot dalam grafik dibandingkan dengan nilai froude ideal, yang kemudian akan dianalisa.

Nilai *power*/tenaga penggerak kapal adalah daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan dari badan kapal, yang bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya dengan kecepatan tertentu. Daya kapal sesungguhnya diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut :

Daya (*power*) = gaya (hambatan) x kecepatan

atau ;

$$PEs = \frac{R_{total}(s) \times V(s)}{75} \text{ (EHP)}$$

Dengan R adalah nilai hambatan total (kgf) dan V untuk kecepatan kapal (m/sec) pada kapal *full-scale*. Hambatan total kapal dan kecepatan kapal sesungguhnya dihitung dengan cara sebagai berikut.

#### 4.1 Perhitungan Hambatan Total dan Kecepatan Kapal Sesungguhnya

##### 4.1.1 perhitungan Hambatan Total Kapal sesungguhnya

Untuk bisa menghitung hambatan total kapal sesungguhnya, terlebih dahulu dihitung nilai  $C_t$  (koefisien hambatan total) dari kapal model dengan menggunakan rumus :

$$C_t = \frac{R_{TM}}{\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2}$$

Nilai  $C_t$  dapat diperoleh karena gaya tarik dari kapal model merupakan hambatan total kapal model. Dengan mengetahui  $C_t$  nantinya kita dapat menentukan hambatan total kapal model untuk berbagai kecepatan yang sesuai dengan nilai froude ideal. Jadi, tidak semua kecepatan kapal model digunakan. Nilai froude yang ideal adalah :

- 0,1 – 0,18 untuk kapal yang berkecepatan rendah
- 0,20 – 0,23 untuk kapal berkecepatan sedang
- 0,30 – 0,35 untuk kapal berkecepatan tinggi
- > 0,50 untuk kapal super cepat

Setelah mengetahui hambatan total kapal model yang sesuai dengan nilai froude yang ideal, hambatan total kapal yang sesungguhnya dapat ditentukan dengan menggunakan rumus

$$\frac{R_{ts}}{R_{tm}} = \lambda^3$$

Dimana,  $m$  menunjukkan kuantitas yang bersangkutan untuk kapal model dan  $s$  untuk kapal yang sesungguhnya.

$R_t$  = hambatan total kapal

$\lambda$  = skala panjang kapal ( yang digunakan adalah 1 : 70 )

#### 4.1.2 Perhitungan Kecepatan Kapal Sesungguhnya

Kecepatan kapal yang sesungguhnya diperoleh dengan cara yang hampir sama dengan cara untuk memperoleh hambatan kapal yang sesungguhnya, yaitu dengan menggunakan rumus :

$$\frac{V_s}{V_m} = \lambda^{0,5}$$

Dimana,  $m$  menunjukkan kuantitas yang bersangkutan untuk kapal model dan  $s$  untuk kapal yang sesungguhnya.

$V$  = hambatan total kapal

$\lambda$  = skala panjang kapal ( yang digunakan adalah 1 : 70 )

Kecepatan kapal yang digunakan adalah kecepatan kapal model yang memenuhi nilai froude ideal.

Dengan demikian daya kapal sesungguhnya dapat diperoleh dengan menggunakan rumus yang telah disebutkan di atas. Hasil perhitungan berikut merupakan perhitungan yang diperoleh dengan menggunakan microsoft excel :

- Pada kondisi kapaldraft 100 %,

Tabel 4.1 perhitungan daya pada draft kapal 100%

fn	vm	vs	r <sub>tm</sub> (kg)	r <sub>ts</sub>	ps(hp)	ps(kw)
0,10403	0,506875	424,082	0,111312	38180,02	21,588,609	16,096,467
0,11425	0,556671	4,657,442	0,12477	42795,97	26,575,962	19,815,037
0,12559	0,611924	5,119,721	0,144494	49561,48	33,832,122	2,522,523
0,13405	0,653144	5,464,596	0,163384	56040,86	40,832,087	30,444,404
0,14324	0,697921	5,839,229	0,177269	60803,25	47,339,218	35,296,121
0,15232	0,742163	6,209,379	0,20491	70284,15	5,818,945	43,386,054
0,16294	0,793907	6,642,307	0,234479	80426,46	71,228,959	53,108,312
0,17027	0,829622	6,941,117	0,248496	85234,21	78,882,745	58,814,975
0,18	0,87703	7,337,764	0,272526	93476,33	91,454,294	68,188,321
0,20524	100,001	8,366,681	0,466188	159902,5	17838,04	13,300,043
0,21567	1,050,829	8,791,864	0,536462	184006,5	21,570,132	16082,69
0,22371	1,090,003	9,119,617	0,544261	186681,7	22,699,536	16,924,774
0,2367	1,153,295	9,649,159	0,701505	240616,2	30,956,592	23,081,235
0,3045	1,483,643	1,241,305	1,686,093	578330,1	95,717,866	71,367,241
0,3145	1,532,367	128,207	1,837,994	630432	107767,76	80,351,638
0,32399	1,578,606	1,320,757	2,068,633	709541,2	124950,84	93,163,346
0,33751	1,644,481	1,375,871	2,199,579	754455,4	138404,49	103194,39
0,34556	1,683,704	1,408,688	2,471,153	847605,6	159201,53	118700,66
0,35505	1,729,943	1,447,374	2,700,372	926227,6	178746,35	133273,28

- Pada kondisi kapal draft 75 %

Tabel 4.2 perhitungan daya pada draft kapal 75%

fn	vm	vs	rtm(kg)	rts	ps(hp)	ps(kw)
0,10326	0,499995	4,183,257	0,09324	31981,21	17,838,083	13,300,075
0,11152	0,539991	4,517,886	0,10073	34550,53	20,812,714	1,551,796
0,12185	0,590009	4,936,373	0,123626	42403,66	27,909,376	2,080,923
0,13011	0,630005	5,271,002	0,12599	43214,44	30,371,121	22,644,708
0,14044	0,680024	5,689,489	0,151973	52126,78	39,543,301	29,483,485
0,15076	0,729994	6,107,572	0,171382	58783,95	47,870,296	35,692,093
0,16109	0,780013	652,606	0,17856	61246,2	53,292,853	39,735,151
0,17141	0,829984	6,944,143	0,21586	74040,09	68,552,662	51,112,864
0,18174	0,880003	736,263	0,239408	82116,86	80,612,809	6,010,491
0,20633	0,99907	8,358,818	0,374816	128561,7	14,328,323	10,683,198
0,21599	1,045,844	8,750,163	0,414077	142028,5	16,570,304	12,354,819
0,22794	1,103,708	923,428	0,446888	153282,7	18,872,736	14,071,512
0,238	1,152,419	9,641,829	0,536602	184054,6	23,661,638	17,642,117
0,30717	1,487,347	1,244,404	1,375,127	471668,6	78,259,481	58,350,269
0,31257	1,513,494	126,628	148,926	510816,3	86,244,874	64,304,178
0,32915	1,593,776	1,333,449	1,698,036	582426,4	103551,44	77,207,956
0,33673	1,630,479	1,364,157	1,844,872	632790,9	115096,81	85816,18
0,34902	1,689,989	1,413,946	2,035,841	698293,3	131646,52	98,155,648
0,35268	1,707,711	1,428,773	2,132,254	731363,2	139326,95	103882,18

- Pada kondisi kapal draft 50 %

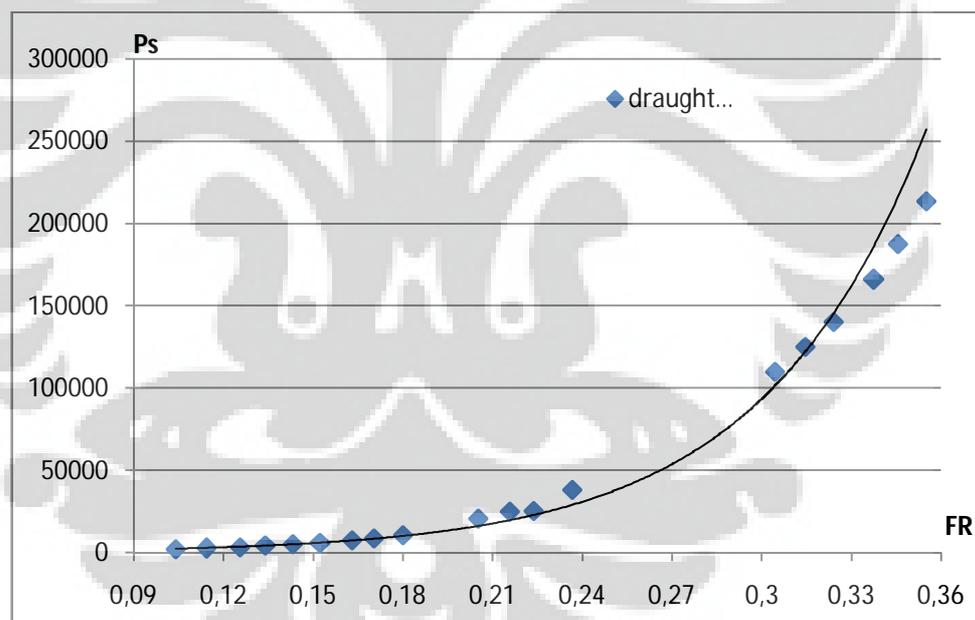
Tabel 4.3 perhitungan daya pada draft kapal 50%

fn	vm	vs	rtm(kg)	rts	ps(hp)	ps(kw)
0,10572	0,499987	4,183,195	0,080104	27475,54	1,532,474	11,426,126
0,11486	0,543214	4,544,852	0,08765	30064,09	18,218,244	13,583,523
0,12475	0,589987	4,936,186	0,102165	35042,74	23,063,665	17,196,269
0,13511	0,638983	5,346,117	0,118577	40672,06	28,991,681	21,616,197
0,14378	0,679987	5,689,177	0,135508	46479,38	35,257,258	26,287,812
0,15311	0,724112	6,058,352	0,146029	50087,78	40,459,922	30,166,918
0,16493	0,780013	6,526,053	0,173742	59593,51	51,854,718	38,662,878
0,17472	0,826313	691,343	0,194076	66568,14	61,361,893	45,751,427
0,18391	0,869776	7,277,066	0,207684	71235,49	69,118,043	51,534,413

fn	vm	vs	rtm(kg)	rts	ps(hp)	ps(kw)
0,20575	0,973065	8,141,244	0,29964	102776,6	11156,39	83,182,047
0,21397	101,194	8,466,498	0,30327	104021,6	11,742,652	87,553,215
0,22842	1,080,279	9,038,265	0,366217	125612,6	15,137,599	11,286,594
0,238	1,125,587	9,417,332	0,446788	153248,4	19,242,552	14,347,247
0,30575	1,446	1,209,811	1,082,511	371301,1	59,893,877	44,656,875
0,31717	150,001	1,254,998	1,164,886	399555,9	66,858,917	49,850,008
0,32449	1,534,628	1,283,962	1,241,104	425698,7	72,877,471	54,337,443
0,33853	1,601,029	1,339,517	1,416,445	485840,8	86,772,244	64,697,385
0,34871	1,649,173	1,379,797	1,483,708	508911,9	93,626,048	69,807,582
0,35753	1,690,886	1,414,697	157,738	541041,2	102054,58	76,091,894

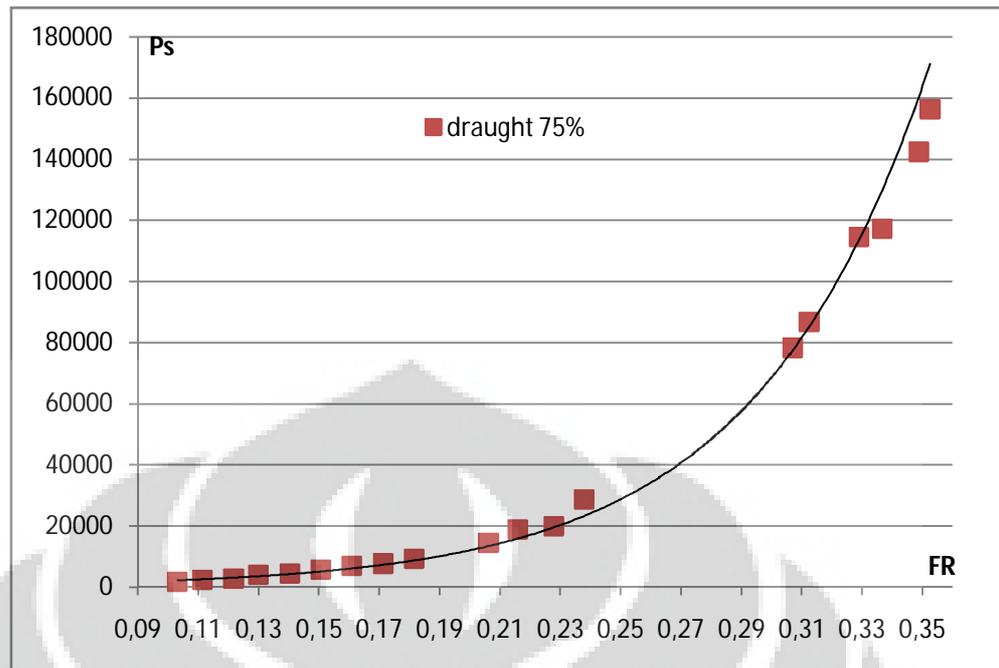
Hasil perhitungan tersebut diplotkan dalam bentuk grafik Ps (daya kapal) vs FR (froude number) sebagai berikut :

- Untuk froude number draft 100%



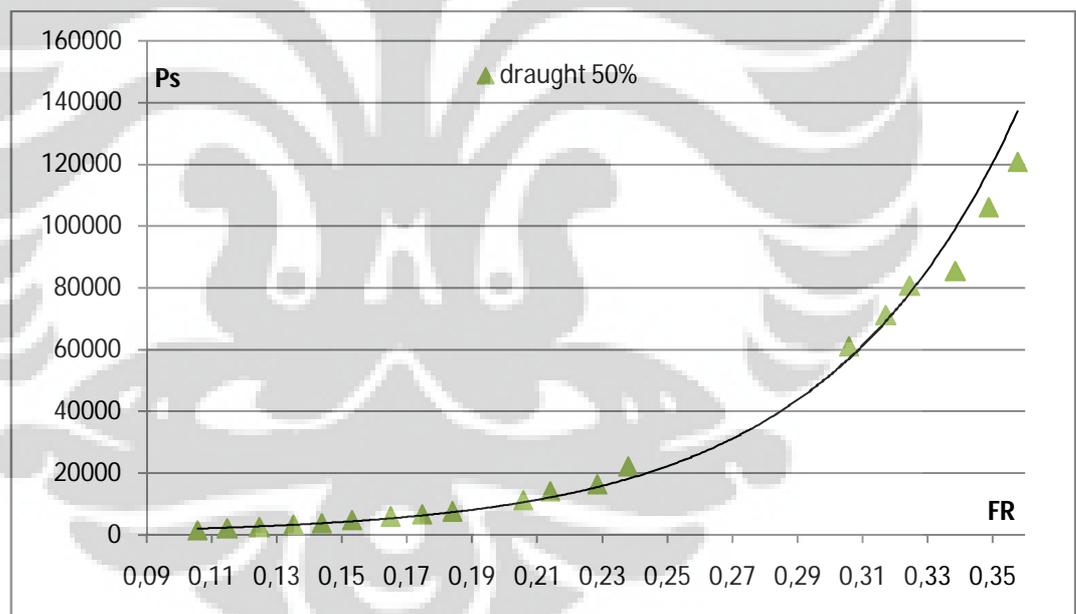
**Gambar 4.1** grafik Daya terhadap froude number kondisi I

- Untuk froude number 75%



**Gambar 4.2** grafik Daya terhadap froude number kondisi II

- Untuk froude number 50%



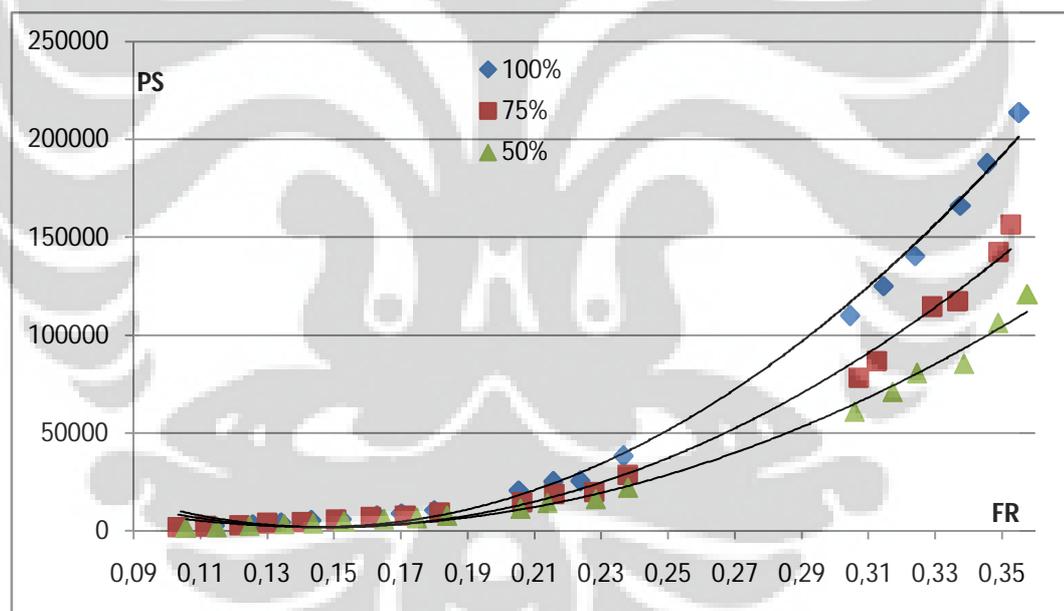
**Gambar 4.3** grafik Daya terhadap froude number kondisi III

#### 4.2 Analisis Data

Data mentah yang telah diolah diatas menunjukkan adanya perbedaan kebutuhan *power* atau daya penggerak kapal sesuai dengan nilai froude number

yang berbeda-beda. Untuk kapal dengan kecepatan rendah (4 m/s – 7 m/s) atau memiliki nilai froude (*froude number*) 0,1 – 0,18, daya yang dibutuhkan juga relatif rendah (1761 HP- 7909 HP). Sedangkan kapal yang sama dengan dengan nilai *froude number* 0,2-0,23 membutuhkan daya untuk menggerakkan kapal sebesar 10612 – 28631 (HP). Perbedaan paling mencolok terlihat pada penambahan daya kapal ketika *froude number* berkisar antara 0,3 – 0,35, atau ketika kapal ini memiliki kecepatan 12 – 14 (m/sec). Daya yang dibutuhkan kapal berkisar antara 78868 – 108718 (HP), dua kali lebih besar dari daya kapal berkecepatan sedang, padahal petambahan kecepatan hanya berkisar 3-5 (m/sec). Hal ini terlihat jelas pada grafik, dimana daya ( $P_s$ ) berbanding lurus secara eksponenial dengan nilai froude (*froude number*).

Jika ketiga grafik di atas disatukan, maka akan terbentuk grafik sebagai berikut :



**Gambar 4.4** grafik Daya terhadap froude number semua kondisi

Perbedaan kondisi muatan ternyata juga mempengaruhi jumlah daya efektif yang dibutuhkan. Dalam percobaan uji tarik menggunakan kapal model dilakukan dengan 3 kondisi muatan yang berbeda yaitu kondisi muatan kapal 50

%, 75 %, dan 100%. Data hasil perhitungan di atas menunjukkan dengan jelas bahwa daya yang dibutuhkan oleh kapal bermuatan penuh (100 %) lebih besar dari kapal bermuatan 75 % atau 50%, pada setiap nilai froude yang berbeda-beda.

#### 4.2.1 Analisa Daya Kapal yang Optimal

Penentuan *power* kapal seoptimal mungkin disesuaikan dengan kecepatan kapal, hambatan kapal dan juga jarak pelayaran sehingga ada keseimbangan dalam penggunaan mesin dan ketepatan waktu *delivery* (pengiriman). Sebenarnya kapal berdasarkan angka froude (*froude number*) digolongkan dalam kelompok kapal berkecepatan rendah, kapal berkecepatan sedang, kapal cepat, dan kapal super cepat. Dengan demikian berdasarkan penelitian ini kita dapat menentukan daya kapal yang optimal untuk tiap kelompok kapal tersebut.

➤ *Froude number* 0,10 – 0,18

Kapal-kapal yang memiliki angka froude ini merupakan kapal berkecepatan rendah. Dengan memperhatikan grafik, daya paling sesuai adalah daya pada froude number 0,16 – 0,18 atau memiliki kecepatan berkisar antara 6 – 7 (m/sec), setara 12 – 14 (knots). Daya kapal pada kisaran froude number ini sebesar 5623 – 7909 (HP). Pada kenyataannya kapal jenis curah (bulk carrier) beroperasi dengan kecepatan tersebut.

➤ *Froude number* 0,20 – 0,23

Hasil percobaan ini sangat berguna ketika membuat/membangun suatu kapal, dalam hal ini, yang berjenis sama dengan yang diuji. Ini disebabkan, kita dapat menentukan kebutuhan daya kapal yang optimal disesuaikan dengan kecepatan yang ditentukan, berdasarkan nilai *froude number* ideal. Kebutuhan akan daya kapal yang besar akan berakibat meningkatkan konsumsi bahan bakar yang tinggi dan menyebabkan biaya pengeluaran pun semakin besar. Dengan memperhatikan grafik di atas daya kapal paling sesuai adalah daya kapal pada froude number 0,20 – 0,23, yaitu sebesar (diasumsikan kapal bermuatan penuh) 20150 – 28663 EHP.

Pertimbangan pemilihan daya kapal tersebut adalah karena pada froude number tersebut kecepatan kapal sebesar 8 - 9 m/sec atau setara dengan 15-17 knots, ini memungkinkan kapal tidak terlalu lama dalam pelayaran karena kecepatan mencukupi sementara daya yang dibutuhkan pun tidak terlalu besar.

➤ *Froude number* 0,30 – 0,35

Daya pada kisaran froude number ini sangat besar untuk tiap kondisi muatan. Oleh karena itu, kapal ini tidak efisien jika memiliki kecepatan 12 – 14 (m/sec) atau 23 -27 (knots).

#### 4.2.3 BHP (*brake horse power*) Kapal Skala Penuh

Setelah nilai EHP diketahui, maka besarnya BHP dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$BHP = \frac{EHP}{\eta p}$$

Dimana  $\eta p$  adalah efisiensi propulsi berkisar antara 0,5 – 0,6.

Berikut merupakan perhitungan BHP menggunakan microsoft excel :

Tabel 4.4 perhitungan BHP kondisi draft 100 %

fn	ps(hp)	ps(kw)	bhp(hp)	bhp(kw)
0,10403	21,588,609	16,096,467	3,598,101	2,682,744
0,11425	26,575,962	19,815,037	4,429,327	3,302,506
0,12559	33,832,122	2,522,523	5,638,687	4,204,205
0,13405	40,832,087	30,444,404	6,805,348	5,074,067
0,14324	47,339,218	35,296,121	7889,87	5,882,687
0,15232	5,818,945	43,386,054	9,698,242	7,231,009
0,16294	71,228,959	53,108,312	11871,49	8,851,385
0,17027	78,882,745	58,814,975	13147,12	9,802,496
0,18	91,454,294	68,188,321	15242,38	11364,72
0,20524	17838,04	13,300,043	29730,07	22166,74
0,21567	21,570,132	16082,69	35950,22	26804,48
0,22371	22,699,536	16,924,774	37832,56	28207,96
0,2367	30,956,592	23,081,235	51594,32	38468,72

fn	ps(hp)	ps(kw)	bhp(hp)	bhp(kw)
0,3045	95,717,866	71,367,241	159529,8	118945,4
0,3145	107767,76	80,351,638	179612,9	133919,4
0,32399	124950,84	93,163,346	208251,4	155272,2
0,33751	138404,49	103194,39	230674,2	171990,6
0,34556	159201,53	118700,66	265335,9	197834,4
0,35505	178746,35	133273,28	297910,6	222122,1

Tabel 4.5 perhitungan BHP kondisi draft 75 %

fn	ps(hp)	ps(kw)	bhp(hp)	bhp(kw)
0,10326	17,838,083	13,300,075	2,973,014	2,216,679
0,11152	20,812,714	1,551,796	3,468,786	2,586,327
0,12185	27,909,376	2,080,923	4,651,563	3,468,205
0,13011	30,371,121	22,644,708	5,061,853	3,774,118
0,14044	39,543,301	29,483,485	6590,55	4,913,914
0,15076	47,870,296	35,692,093	7,978,383	5,948,682
0,16109	53,292,853	39,735,151	8,882,142	6,622,525
0,17141	68,552,662	51,112,864	11425,44	8,518,811
0,18174	80,612,809	6,010,491	13435,47	10017,49
0,20633	14,328,323	10,683,198	23880,54	17805,33
0,21599	16,570,304	12,354,819	27617,17	20591,36
0,22794	18,872,736	14,071,512	31454,56	23452,52
0,238	23,661,638	17,642,117	39436,06	29403,53
0,30717	78,259,481	58,350,269	130432,5	97250,45
0,31257	86,244,874	64,304,178	143741,5	107173,6
0,32915	103551,44	77,207,956	172585,7	128679,9
0,33673	115096,81	85816,18	191828	143027
0,34902	131646,52	98,155,648	219410,9	163592,7
0,35268	139326,95	103882,18	232211,6	173137

Tabel 4.6 perhitungan BHP kondisi draft 50 %

fn	ps(hp)	ps(kw)	bhp(hp)	bhp(kw)
0,10572	1,532,474	11,426,126	2,554,123	1,904,354
0,11486	18,218,244	13,583,523	3,036,374	2263,92
0,12475	23,063,665	17,196,269	3,843,944	2,866,045
0,13511	28,991,681	21,616,197	4,831,947	3602,7
0,14378	35,257,258	26,287,812	5876,21	4,381,302
0,15311	40,459,922	30,166,918	6743,32	5027,82
0,16493	51,854,718	38,662,878	8,642,453	6,443,813
0,17472	61,361,893	45,751,427	10226,98	7,625,238
0,18391	69,118,043	51,534,413	11519,67	8,589,069
0,20575	11156,39	83,182,047	18593,98	13863,67
0,21397	11,742,652	87,553,215	19571,09	14592,2
0,22842	15,137,599	11,286,594	25229,33	18810,99
0,238	19,242,552	14,347,247	32070,92	23912,08
0,30575	59,893,877	44,656,875	99823,13	74428,12
0,31717	66,858,917	49,850,008	111431,5	83083,35
0,32449	72,877,471	54,337,443	121462,5	90562,4
0,33853	86,772,244	64,697,385	144620,4	107829
0,34871	93,626,048	69,807,582	156043,4	116346
0,35753	102054,58	76,091,894	170091	126819,8

Nilai BHP ditambah 15 % dapat digunakan untuk menentukan kapasitas mesin yang akan digunakan.

Dengan demikian dapat diketahui daya optimum untuk kapal sebenarnya :

- Kapal dengan muatan penuh sebesar 13147,12 hp - 15242,38 hp
- Kapal dengan muatan 75% sebesar 11425,44 hp - 13435,47 hp
- Kapal dengan muatan 50% sebesar 10226,98 hp - 11519,67 hp

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1 KESIMPULAN

Dari percobaan uji tarik ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain :

1. Pengujian pada kapal model dapat menentukan salah satu karakteristik pada kapal sebenarnya (*full-scale*) seperti daya (*power*) penggerak suatu kapal, dan lain sebagainya.
2. *Froude number* memiliki hubungan dengan *power* kapal, dimana *power* kapal berbanding lurus secara eksponensial dengan *froude number*. Semakin tinggi nilai *froude* semakin tinggi pula daya pada kapal tersebut.
3. Sedangkan daya kapal tertinggi berada pada kisaran *froude number* 0,3 – 0,35.
4. Dengan membandingkan beberapa bentuk kapal model akan diperoleh daya kapal yang optimum.

#### 5.2 SARAN

Ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk percobaan – percobaan uji tarik menggunakan kapal model selanjutnya antara lain sebagai berikut :

1. Mempersiapkan peralatan pengujian dengan saksama, baik itu perlengkapan penarik maupun perlengkapan pengukuran. Pastikan setiap alat berfungsi dengan baik.
2. Kondisi perairan tempat dilakukannya percobaan sebaiknya dikondisikan seideal mungkin sehingga tidak ada faktor-faktor

eksternal lainya yang mempengaruhi hasil pengamatan, misalnya kondisi perairan yang tenang dan tidak ada gelombang.

3. Masih diperlukan analisa lanjutan mengenai uji kelayakan kapal.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Harvald, Sv.Aa. (1992). *Tahanan dan Propulsi Kapal* (Jusuf Susanto, Penerjemah). Surabaya : Airlangga University Pers.
2. Hilmi, *Simulasi Uji Tarik Kapal Model Untuk Mengetahui Hambatan Dan Daya Efektif Pada Kapal Sebenarnya*, FT, UI, Depok, 2009
3. Sastrodiwongso, Teguh. (1998). *Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak*
4. Smith, Munro R., *Applied Naval Architecture*, Longmans, 1967.
5. Talahatu, M.A. (1985). *Teori Merancang Kapal*. Jakarta : FTUI