



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMALISASI KONSUMSI BAHAN BAKAR KAPAL SKALA  
PENUH BERDASARKAN ANALISA UJI TARIK KAPAL  
MODEL**

**SKRIPSI**

**KAMALUDIN  
0706275353**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
DEPOK  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OPTIMALISASI KONSUMSI BAHAN BAKAR KAPAL SKALA  
PENUH BERDASARKAN ANALISA UJI TARIK KAPAL  
MODEL**

**SKRIPSI**

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

**KAMALUDIN  
0706275353**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
KEKHUSUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Kamaludin**

**NPM : 0706275353**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 23 Juni 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Kamaludin  
NPM : 0706275353  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul Skripsi : Optimalisasi Konsumsi Bahan Bakar 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. M.A. Talahatu, MT (  )

Penguji : Ir. Hadi Tresna Wibowo (  )

Penguji : Ir. Mukti Wibowo (  )

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo, P.h D (  )

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

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 23 Juni 2011

## KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Abi, Umi, Abang, Kakak, dan keluarga besar saya tercinta yang telah memberikan dukungan berupa dukungan material, moral, dan doa;
- (2) Bapak M.A. Talahatu, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Bapak Sunaryo , Bapak Hadi Tresno Wibowo, Bapak Yanuar, dan Bapak Mukti, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran pada skripsi ini;
- (4) Ariana Rosemary, S.Psi yang telah memberikan dukungan, motivasi dan doa untuk segera menyelesaikan kuliah dan bergerak untuk meraih cita-cita dan mimpi kita selanjutnya;
- (5) Gunawan Atmadja, ST, M. Baqi, ST, M. Arif Budiyanto, ST, Elisabius, Ayat Maulana, Edwin, Ragil, Vigner, Martin, Helmi, yang telah membantu dalam pengambilan data;
- (6) Segenap teman-teman angkatan 2007 teknik mesin dan teknik perkapalan;
- (7) Segenap pegawai DTM FTUI yang telah membantu sehingga percobaan dapat berlangsung.

Semoga ALLAH SWT membalas semua segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi perkembangan ilmu.

Depok, 23 Juni 2011

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Kamaludin  
NPM : 0706275353  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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

### **OPTIMALISASI KONSUMSI BAHAN BAKAR KAPAL SKALA PENUH BERDASARKAN ANALISA UJI TARIK KAPAL MODEL**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Kamaludin)

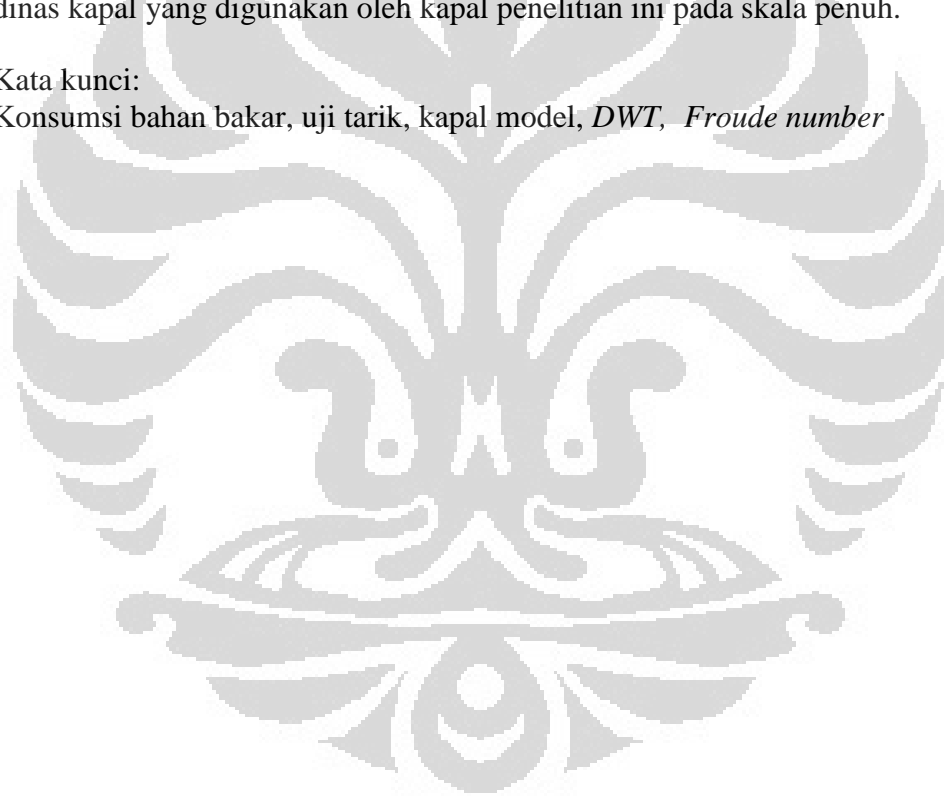
## ABSTRAK

Nama : Kamaludin  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul : Optimalisasi Konsumsi Bahan Bakar Kapal Skala Penuh  
Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model

Dalam berbagai penelitian uji tarik kapal ditemukan rentang Froude number tertentu yang memiliki kenaikan koefisien hambatan yang tidak terlalu ekstrim. Hal ini menyebabkan kenaikan hambatan dan daya kapal pada rentang ini tidak terlalu jauh sehingga nilai Froude number yang masuk ke dalam rentang tersebut dianggap sebagai Froude number ideal. Nilai konsumsi bahan bakar pada Froude number ideal tersebut nantinya merupakan nilai konsumsi bahan bakar optimal. Analisa lain dalam optimalisasi konsumsi bahan bakar juga dilakukan dengan meninjau konsumsi bahan bakar kapal terhadap DWT serta ditinjau dari kecepatan dinas kapal yang digunakan oleh kapal penelitian ini pada skala penuh.

Kata kunci:

Konsumsi bahan bakar, uji tarik, kapal model, *DWT*, *Froude number*



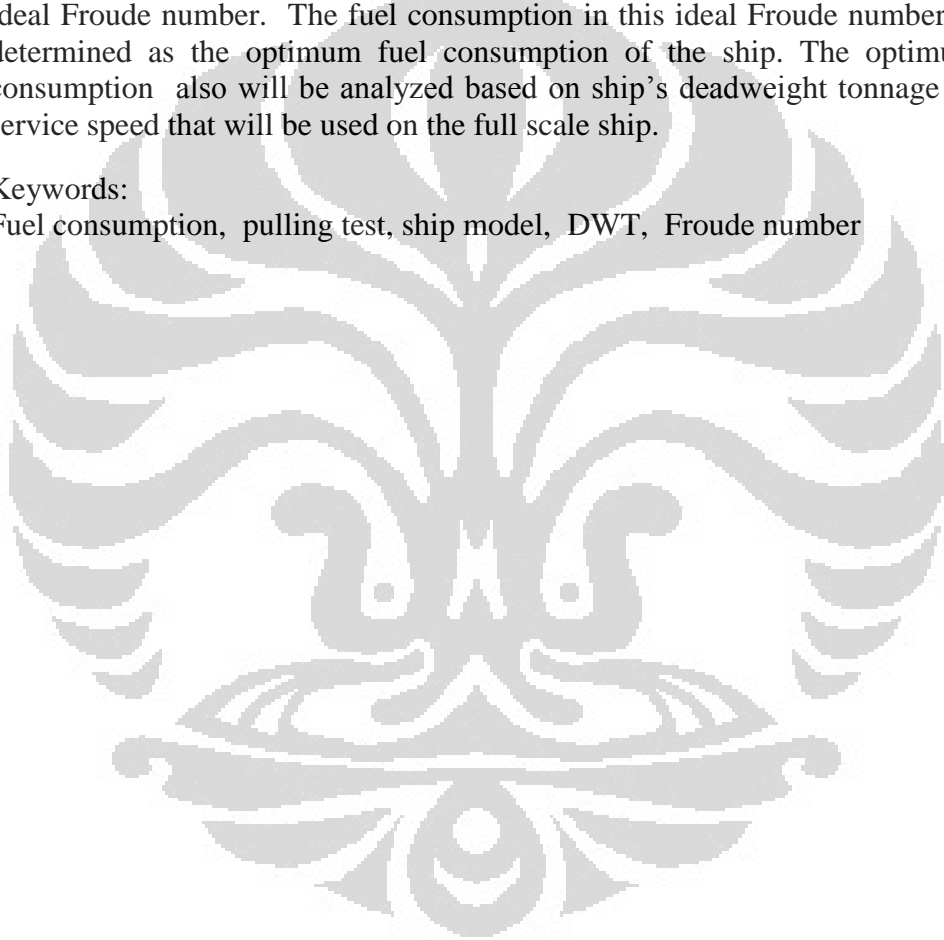
## ABSTRACT

Name : Kamaludin  
Study Program : Naval Architecture  
Title : Optimization of Fuel Consumption of The Full Scale Ship  
Based On The Analysis of Ship Model Pulling Test

In many research of ship model pulling tests it was found that in certain intervals of Froude numbers have not an extreme escalation of ship's resistance coefficient. This cause the escalation of ship's resistance and power for each Froude number's interval are small, and these Froude number's are determined as ideal Froude number. The fuel consumption in this ideal Froude number will be determined as the optimum fuel consumption of the ship. The optimum fuel consumption also will be analyzed based on ship's deadweight tonnage and the service speed that will be used on the full scale ship.

Keywords:

Fuel consumption, pulling test, ship model, DWT, Froude number





## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xiv
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Batasan Penelitian .....	2
1.4 Metode Penelitian .....	3
1.4.1 Studi Literatur .....	3
1.4.2 Perancangan Alat Uji Penelitian .....	3
1.4.3 Proses Fabrikasi dan Instalasi .....	3
1.4.4 Proses Pengujian dan Modifikasi .....	3
1.4.5 Proses Pengambilan dan Pengolahan Data.....	4
1.4.6 Penyusunan Laporan .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>2. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 Hukum Perbandingan .....	6
2.1.1 Kesamaan Geometris.....	6
2.1.2 Kesamaan Kinematis.....	6
2.1.3 Kesamaan Dinamis.....	7
2.2 Hambatan Kapal .....	7
2.3 Bilangan Reynolds .....	8
2.4 Bilangan Froude .....	9
2.5 Estimasi Daya Kapal .....	9
2.6 Estimasi Konsumsi Bahan Bakar Kapal .....	10
2.7 Perubahan Koefisien Total Hambatan Kapal .....	11
<b>3. RANCANGAN ALAT UJI DAN HASIL PERCOBAAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Spesifikasi Uji Tarik .....	13
3.1.1 Kapal Model.....	13
3.1.2 Alat Penarik Kapal Model.....	15
3.1.3 AC Voltage Regulator.....	17
3.1.4 Load Cell.....	17
3.1.5 Beban.....	18
3.1.6 Laptop dan Interface.....	18

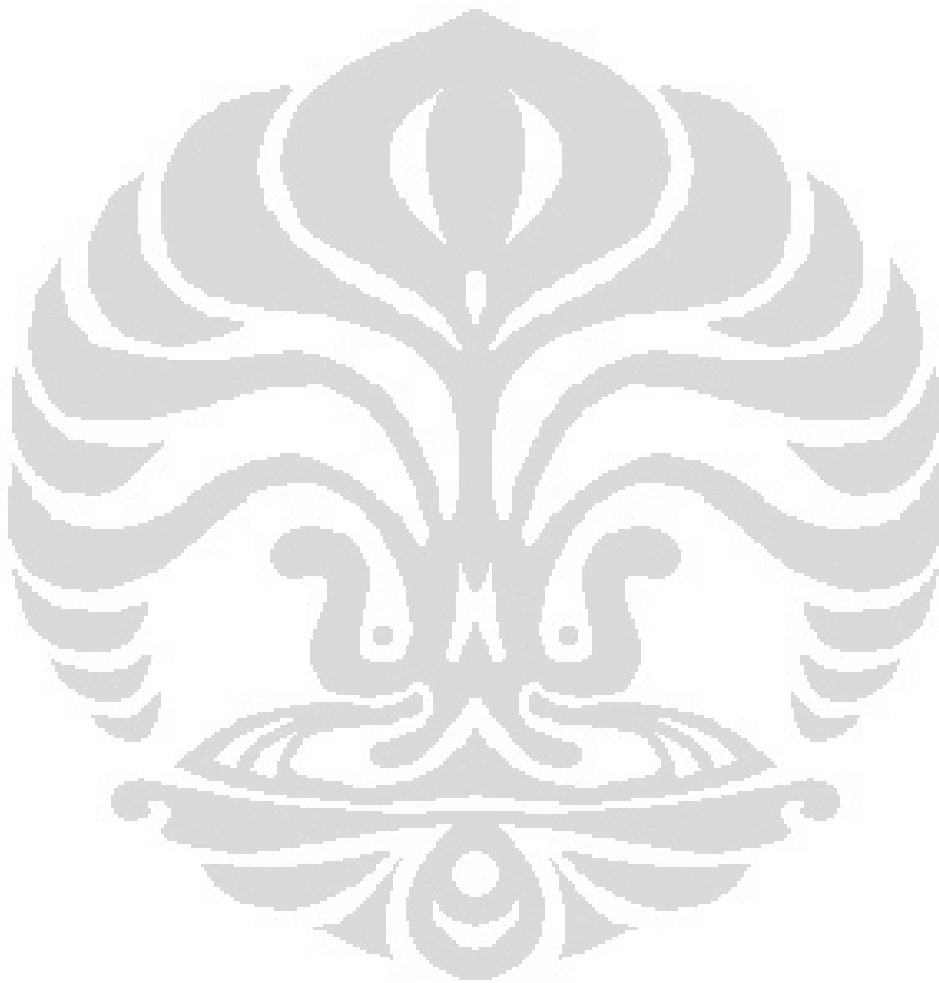
3.1.7 Pengukur waktu (stopwatch).....	18
3.2 Prosedur Uji Tarik .....	18
3.3 Hasil Percobaan .....	19
<b>4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS .....</b>	<b>22</b>
4.1 Perhitungan Hambatan, Kecepatan, Daya Kapal Skala Penuh .....	23
4.2 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Kapal Skala Penuh .....	26
4.3 Optimalisasi Konsumsi Bahan Bakar Kapal Skala Penuh .....	30
4.4 Analisis Nilai Rasio Konsumsi Bahan Bakar Terhadap DWT Kapal Dengan Variasi Draft .....	31
4.5 Analisis Nilai Froude Number Pada Kecepatan Dinas Kapal Curah.....	35
<b>5. PENUTUP.....</b>	<b>36</b>
5.1 Kesimpulan .....	37
5.2 Saran.....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>39</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Bilangan Froude Pada 3 Kondisi Yang Ditentukan .....	12
Tabel 3.1	Hasil Pengujian Tarik Kapal Model Dengan Draft 100%.....	19
Tabel 3.2	Hasil Pengujian Tarik Kapal Model Dengan Draft 75%.....	20
Tabel 3.3	Hasil Pengujian Tarik Kapal Model Dengan Draft 50%.....	21
Tabel 4.1	Bilangan Froude Pada 3 Kondisi Yang Ditentukan .....	22
Tabel 4.2	Dimensi Kapal Skala Penuh.....	23
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan $R_{TS}$ , $V_s$ , dan $P_s$ Pada <i>draft</i> 100%.....	24
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan $R_{TS}$ , $V_s$ , dan $P_s$ Pada <i>draft</i> 75%.....	25
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan $R_{TS}$ , $V_s$ , dan $P_s$ Pada <i>draft</i> 50%.....	25
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Kapal Pada Draft 50%.....	27
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Kapal Pada Draft 75%.....	28
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Kapal Pada Draft 100%.....	29
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan DWT Kapal Pada Setiap Variasi Draft.....	32
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dan Rasionya Terhadap DWT Pada Draft 100%.....	32
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dan Rasionya Terhadap DWT Pada Draft 75%.....	32
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Dan Rasionya Terhadap DWT Pada Draft 50%.....	33

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan <i>Froude Number</i> Pada Kecepatan 13-14 knot.....	.35
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Daya Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada <i>Froude Number</i> 0.17-0.18.....	36



## DAFTAR GAMBAR

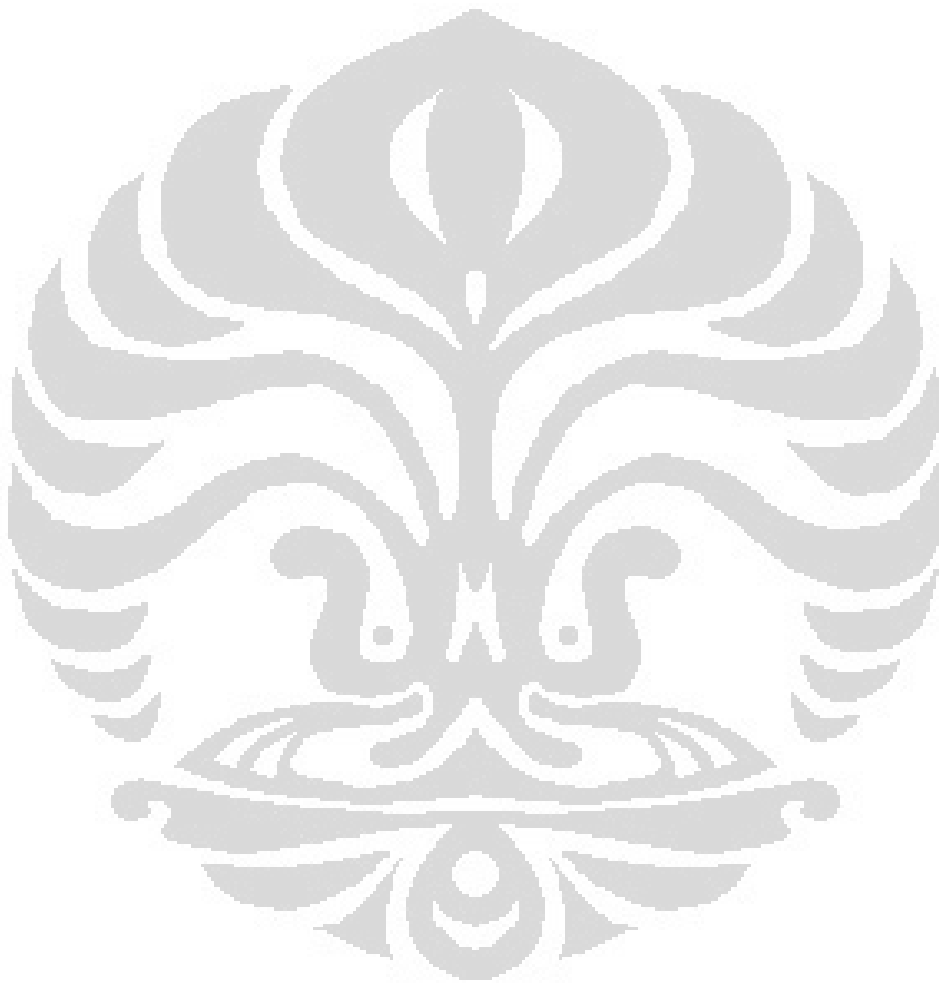
Gambar 2.1 Grafik $C_T$ vs $F_n$ Pada Salah Satu Penelitian Uji Tarik .....	11
Gambar 3.1 Skemasi Percobaan.....	13
Gambar 3.2 Kapal Model.....	14
Gambar 3.3 Rancangan Garis Kapal Model .....	14
Gambar 3.4 Kurva Hidrostatik Kapal Model.....	15
Gambar 3.5 Alat Penarik Kapal Model.....	16
Gambar 3.6 <i>AC Voltage Regulator</i> .....	17
Gambar 3.7 <i>Load Cell</i> .....	17
Gambar 4.1 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Variasi Froude Number Pada <i>Draft</i> 100% .....	28
Gambar 4.2 Grafik konsumsi bahan bakar terhadap variasi Froude Number pada <i>Draft</i> 75% .....	29
Gambar 4.3 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Variasi Froude Number pada <i>Draft</i> 50% .....	30
Gambar 4.4 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Daya Pada <i>Draft</i> 50% .....	30
Gambar 4.5 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Daya Pada <i>Draft</i> 75% .....	31
Gambar 4.6 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Daya Pada <i>Draft</i> 100% .....	31

Gambar 4.8 Grafik Rasio Konsumsi Bahan Bakar Untuk Setiap Perubahan

*Froude number* Terhadap Semua Variasi *Draft* ..... 34

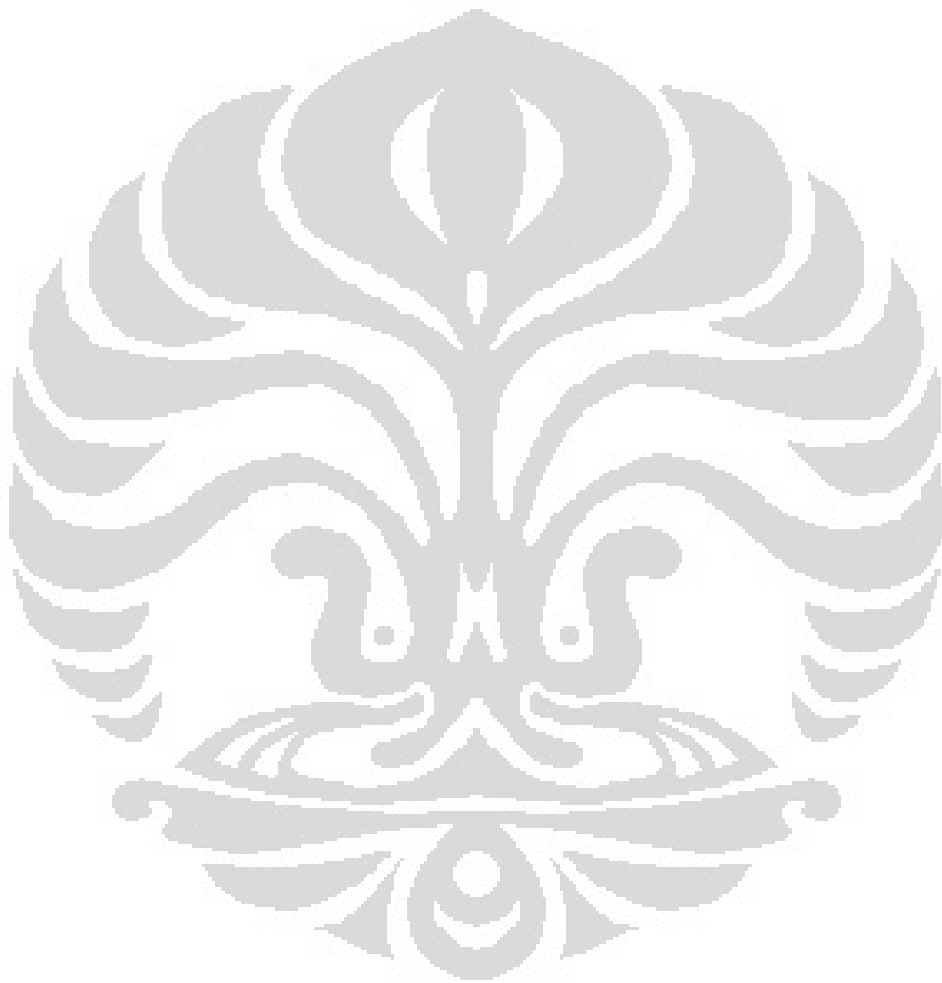
Gambar 4.8 Grafik Rasio Konsumsi Bahan Bakar Per DWT Untuk Setiap

Perubahan *Froude number* Terhadap Semua Variasi *Draft* ..... 34



## DAFTAR SIMBOL

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
$R_{TM}$	Hambatan Kapal Model	Kg
$R_{TS}$	Hambatan Kapal Skala Penuh	Kg
$V_m$	Kecepatan Kapal Model	m/s
$V_s$	Kecepatan Kapal Skala Penuh	m/s
$P_s$	Daya Kapal Skala Penuh	HP
$C_D$	Koefisien Drag	
$\rho$	Massa Jenis	$Kg/m^3$
$Re$	Bilangan Reynolds	
$\mu$	Viskositas Dinamik	$Kg.s/m^2$
$\nu$	Viskositas Kinematik	$Kg^2/s$
$\lambda$	Skala Pemandang	
$Fn$	Bilangan Froude	





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Kapal laut merupakan sarana transportasi yang mempunyai peran penting terhadap kehidupan manusia. Sebagai sarana transportasi, kapal laut digunakan untuk mengakomodasi aktivitas manusia yang akan berpergian ke tempat tertentu melalui laut. Selain itu kapal laut mempunyai peran lain yang tidak kalah penting dalam yaitu sebagai sarana distribusi barang ke berbagai tempat melalui laut. Dengan kemampuan mengangkut barang dalam jumlah yang besar kapal laut tentu menjadi sarana yang paling efektif untuk melakukannya. Salah satu dari jenis kapal yang sering digunakan untuk mendistribusikan kebutuhan manusia adalah kapal curah (*bulk carrier*). Kapal ini sering digunakan sebagai pengangkut kebutuhan pokok manusia terutama bahan pangan seperti beras, jagung, kedelai, dan barang lain yang menjadi kebutuhan manusia.

Mengingat pentingnya peran dari kapal laut maka diperlukan penelitian – penelitian yang akan membuat sarana transportasi ini menjadi lebih optimal. Masalah yang masih menjadi perhatian dalam pengoperasian kapal laut diantaranya adalah konsumsi bahan bakar. Dengan membawa beban yang sangat berat kapal laut tentu membutuhkan daya yang besar yang berimbas pada konsumsi bahan bakar yang jauh lebih besar dibandingkan sarana transportasi lain yang lebih kecil seperti truk, mobil dll. Oleh karena itu, berbagai penelitian dilakukan untuk mendapatkan konsumsi bahan bakar yang optimal dalam pengoperasian kapal demi berlangsungnya distribusi barang secara lebih optimal.

Pada penelitian ini akan ditampilkan nilai-nilai optimal konsumsi bahan bakar khusus untuk kapal curah yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai-nilai optimal tersebut ditinjau dari beberapa Froude number ideal yang akan mempengaruhi nilai hambatan, daya kapal, yang akan berujung pada pengaruhnya terhadap nilai konsumsi bahan bakar tersebut. Selain itu juga akan dianalisa konsumsi bahan bakar terhadap bobot mati kapal dan kecepatan dinas yang optimal untuk kapal curah yang digunakan pada penelitian ini.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui besarnya konsumsi bahan bakar ditinjau dari *Froude number* ideal yang akan menghasilkan nilai konsumsi bahan bakar kapal skala penuh (*full scale*) pada kondisi tersebut. Perhitungan ini berdasarkan pada data percobaan uji tarik 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 m
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 denganudukan, 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 ukuran L : 20 m, B : 8 m, D : 4 m
- Variasi kecepatan Kapal model dengan merubah *voltage motor*.
- Nilai yang dihasilkan merupakan nilai optimal karena berada pada *Froude number* ideal dan hanya berlaku untuk kapal curah pada penelitian ini atau pada kapal curah dengan rasio dimensi (contohnya L/B atau panjang dibagi lebar) yang sama dengan kapal ini.
- Analisa lain yang digunakan merupakan tinjauan teoritis mengenai nilai rasio konsumsi bahan bakar terhadap daya angkut kapal ( DWT ) dengan memvariasikan kecepatan agar tercapai *Froude number* ideal. Konsumsi

bahan bakar ditetapkan pada kondisi jarak tempuh pelayaran yang konstan dan dengan konsumsi bahan bakar spesifik dari mesin yang juga dianggap konstan. Selain itu pembatasan masalah juga terjadi pada jenis bahan bakar, pada penelitian ini tidak dibahas jenis bahan bakar kapal tertentu.

- Pengukuran 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, varasi *draft* kapal model. Data-data tersebut dikumpulkan untuk kemudian dianalisa agar mendapatkan daya dan konsumsi bahan bakar kapal, 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 *draft* maksimum yaitu 100%
- Uji tarik kapal model dengan *draft* 75%
- Uji tarik kapal model dengan *draft* 50%

Voltase pada alat percobaan tersebut akan divariasikan agar mendapatkan kecepatan kapal model tertentu yang akan menghasilkan nilai Froude yang diinginkan. Data-data yang diperoleh kemudian diolah lagi agar didapat daya dan estimasi konsumsi bahan bakar pada kapal skala penuh.

### 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.

### **BAB 3                   RANCANGAN ALAT UJI**

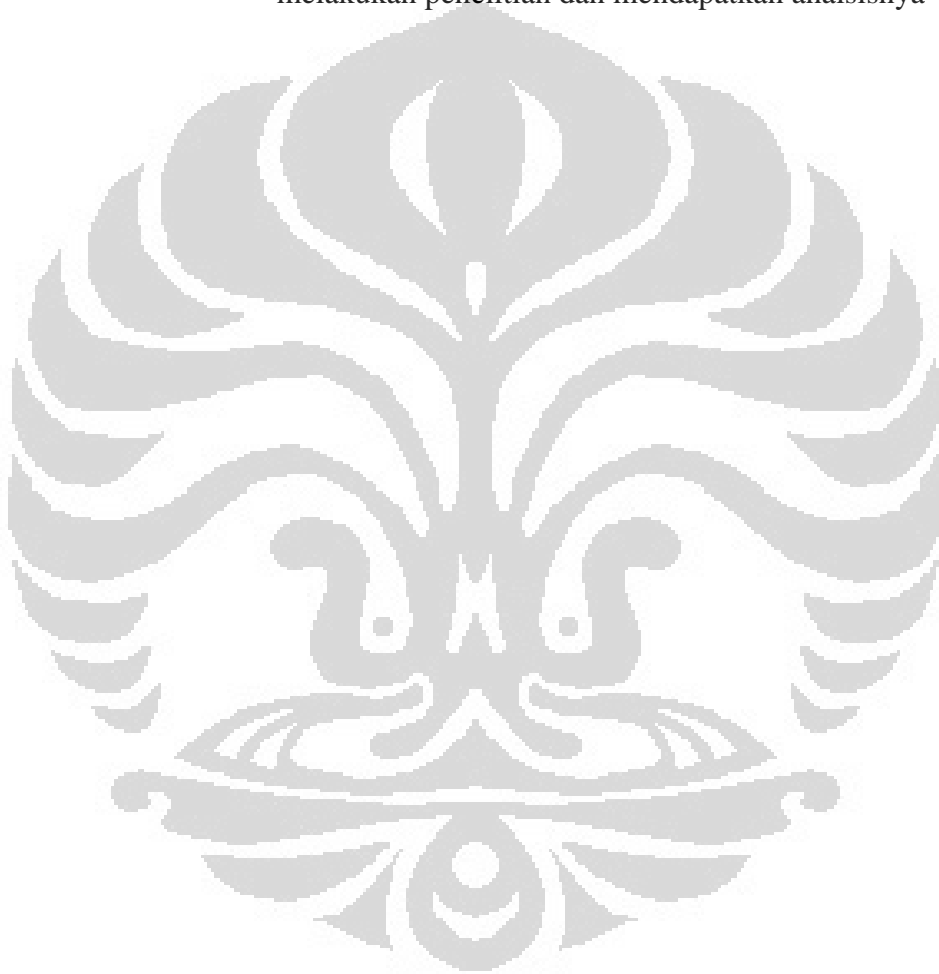
Bab ini merupakan penjelasan tentang rangkain alat beserta komponen-komponen yang dipakai serta prosedur pengujian yang dilakukan.

**BAB 4      METODE      PENGAMBILAN      DATA      DAN  
PENGOLAHAN**

Bab ini merupakan penjelasan tentang data hasil pengujian yang kemudian diolah dan direpresentasikan 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 dikonversi dari skala model ke skala penuh. Dengan demikian maka 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. Ini berarti :

$$\frac{V_m}{nm(2\pi Rm)} = \frac{V_s}{ns(2\pi Rs)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan notasi  $m$  menunjukkan nilai tersebut adalah pada kapal model dan  $s$  untuk kapal pada ukuran skala penuh. Nilai  $R$  merupakan jari-jari elemen yang ditinjau,  $V$  adalah kecepatan kapal,  $n$  merupakan laju kisanan dan  $D$  garis tengah baling-baling

### 2.1.3 Kesamaan Dinamis

Jika percobaan model yang dilakukan dimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai besarnya gaya yang bekerja pada pola yang ditinjau maka harus ada kesamaan dinamis.

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

$$\lambda L = \frac{L_s}{L_m} = \text{skala panjang} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\lambda \rho = \frac{\rho_s}{\rho_m} = \text{skala massa jenis spesifik} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\lambda V = \frac{V_s}{V_m} = \text{skala kecepatan maju} \dots\dots\dots(2.4)$$

dari sini diperoleh :

$$\lambda s = \lambda L^2 = \text{skala permukaan} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\lambda \nabla = \lambda L^3 = \text{skala volume} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\lambda m = \lambda \rho \lambda L^3 = \text{skala massa} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\lambda t = \frac{\lambda L}{\lambda V} = \text{skala waktu} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\lambda a = \frac{\lambda V^2}{\lambda L} = \text{skala percepatan} \dots\dots\dots(2.9)$$

## 2.2 HAMBATAN KAPAL

Hambatan 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 ( $R_T$ ) dihitung dengan menggunakan koefisien tahanan ( $C_T$ ) dan besar tahanan kapal tersebut adalah fungsi dari luas permukaan basah ( $S$ ), kecepatan kapal ( $v$ ), dan massa jenis air ( $\rho$ ) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

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 :

$$R_T = R_F + R_R \dots\dots\dots(2.11)$$

## 2.2 BILANGAN REYNOLD

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 :

$$Re = \frac{V.L}{\nu} \dots\dots\dots(2.12)$$

### 2.3 BILANGAN FROUDE

Tahanan menurut Froude merupakan fungsi dari bentuk, kecepatan dan viskositas. Untuk menyatakan besarnya tahanan gesek maka berhubungan dengan viskositas dan bilangan reynoldnya. Sedangkan untuk menyatakan besarnya gelombang yang terbentuk berhubungan dengan gaya gravitasi yang terjadi akibat dari bentuk lambung kapal. Maka untuk menyatakan besarnya tahanan bentuk atau tahanan sisa dapat menggunakan *Froude's Number* ( $Fn$ ), dimana  $Fn$  dipengaruhi oleh kecepatan ( $v$ ), gaya gravitasi ( $g$ ) dan panjang kapal ( $L$ ) :

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g.L}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dari penjelasan diatas maka dengan diketahui besarnya  $Fn$  kapal model, maka dapat diketahui juga besarnya  $Fn$  kapal skala penuh.

### 2.4 ESTIMASI DAYA KAPAL

Hambatan dan kecepatan kapal pada ukuran skala penuh (*full scale*) bisa didapatkan dengan mengetahui nilai  $\lambda$  sebagai skala pembanding antara kapal model dengan kapal ukuran skala penuh (*full scale*). Dengan mengetahui bahwa skala kapal model adalah 1:70 maka bisa ditentukan bahwa nilai  $\lambda$  adalah 70 .

kemudian nilai  $\lambda$  tersebut dapatkan digunakan untuk menghitung nilai hambatan dan kecepatan pada kapal ukuran skala penuh (*full scale*) pada nilai bilangan Froude ideal dengan rumus :

$$Vs = \frac{Vm}{\sqrt{\lambda}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan  $V_s$  yang merupakan kecepatan kapal ukuran skala penuh ( *full scale* ) sementara  $V_m$  adalah kecepatan kapal model sedangkan  $\lambda$  adalah skala pembanding yaitu 70. Hambatan pada kapal ukuran skala penuh ( *full scale* ) juga bisa didapatkan dengan menggunakan nilai hambatan kapal model  $R_{TM}$  dan  $\lambda$  yang telah diperoleh :

$$R_{TS} = R_{TM} \times \lambda^3 \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan  $R_{TS}$  merupakan hambatan kapal ukuran skala penuh ( *full scale* ),  $R_{TM}$  adalah hambatan kapal model dan  $\lambda$  merupakan skala pembanding yaitu 70. Sehingga dari kedua rumus ini didapatkan nilai hambatan dan kecepatan kapal ukuran skala penuh ( *full scale* ) pada nilai bilangan Froude ideal. Dari nilai Hambatan dan kecepatan sebenarnya tadi bisa didapat nilai daya kapal pada nilai bilangan froude ideal yaitu

$$P_s = \frac{R_{TS} \times V_s}{75} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan  $P_s$  merupakan daya kapal ukuran skala penuh ( *full scale* ) dan  $V_s$  adalah kecepatan kapal ukuran skala penuh ( *full scale* ) dan  $R_{TS}$  merupakan hambatan kapal ukuran skala penuh ( *full scale* )

**2.5 ESTIMASI KONSUMSI BAHAN BAKAR KAPAL**

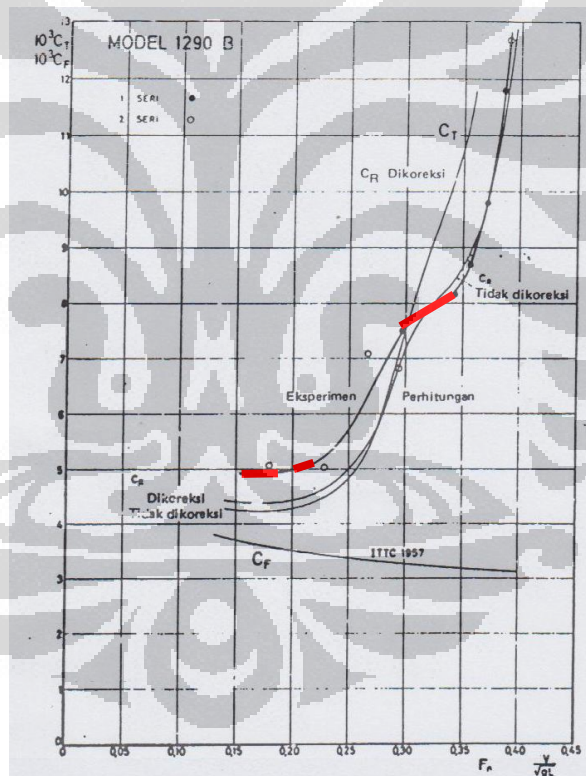
Konsumsi bahan bakar pada kapal bisa diperkirakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Fuel\ Consumption = \frac{P_s \times b_{me} \times C_R \times 10^{-6}}{V_s} \text{ (ton)} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan  $P_s$  merupakan Daya kapal ukuran skala penuh ( *full scale* ) ,  $b_{me}$  merupakan konsumsi bahan bakar spesifik ( pada penelitian ini diasumsikan konstan pada 135 g/BHP),  $C_R$  adalah Cruise Range atau Jarak pelayaran (mil laut) dan  $V_s$  merupakan kecepatan kapal ukuran skala penuh ( *full scale* ).

## 2.6 PERUBAHAN KOEFISIEN TOTAL HAMBATAN

Dalam berbagai penelitian terungkap bahwa penambahan kecepatan yang konstan tidak selalu diiringi dengan pertambahan hambatan yang konstan pula pada kapal. Hal tersebut terjadi karena 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.



Gambar 2.1 Grafik  $C_T$  vs  $F_n$  Pada Percobaan Salah Satu Penelitian Uji Tarik

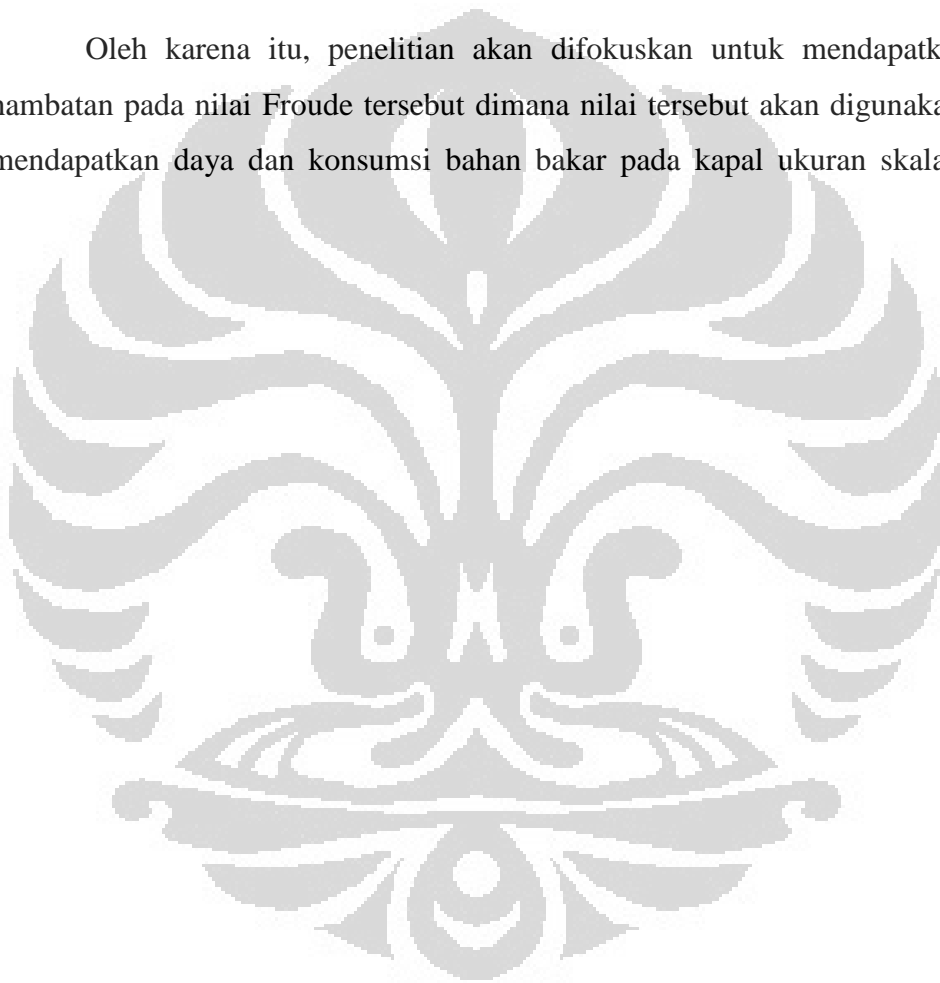
Hal sebaliknya juga terjadi pada beberapa rentang pertambahan nilai Froude dimana terjadi perubahan koefisien tahanan total kapal yang tidak terlalu ekstrem, sehingga rentang nilai Froude tersebut dianggap sebagai rentang Froude

yang ideal. Pada penelitian ini nilai Froude yang dianggap ideal tersebut dibagi menjadi 3 kondisi yaitu :

Tabel 2.1 Bilangan Froude Pada 3 Kondisi Yang Ditentukan

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

Oleh karena itu, penelitian akan difokuskan untuk mendapatkan nilai hambatan pada nilai Froude tersebut dimana nilai tersebut akan digunakan untuk mendapatkan daya dan konsumsi bahan bakar pada kapal ukuran skala penuh.

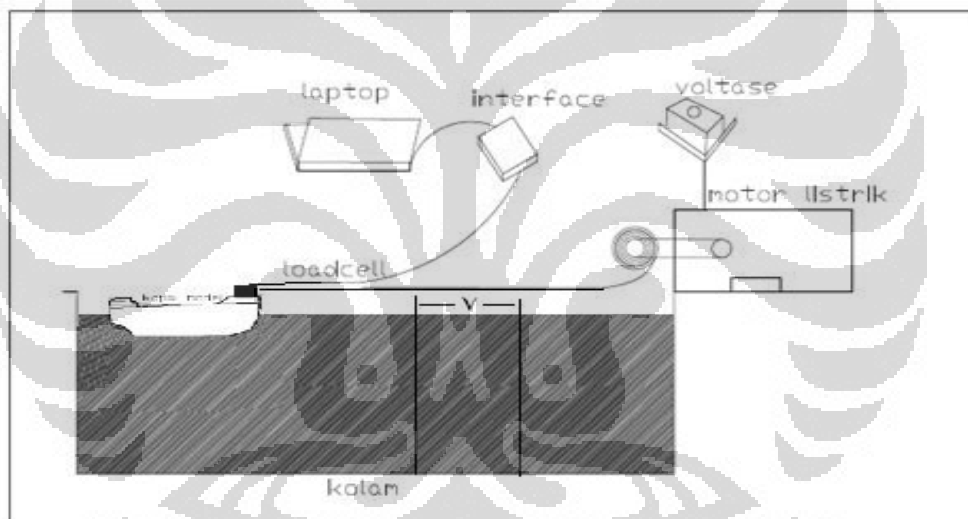


## BAB 3

### RANCANGAN ALAT UJI DAN HASIL PERCOBAAN

#### 3.1 SPESIFIKASI UJI TARIK

Pengujian yang dilakukan terhadap kapal model dirancang sedemikian rupa sehingga menyerupai pengujian yang dilakukan dilabotarium. 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. Pengujian dilakukan dengan cara menarik kapal menggunakan tali dimana gulungan tali dihubungkan pada motor listrik yang diatur tegangannya guna medapatkan variasi putaran motor.



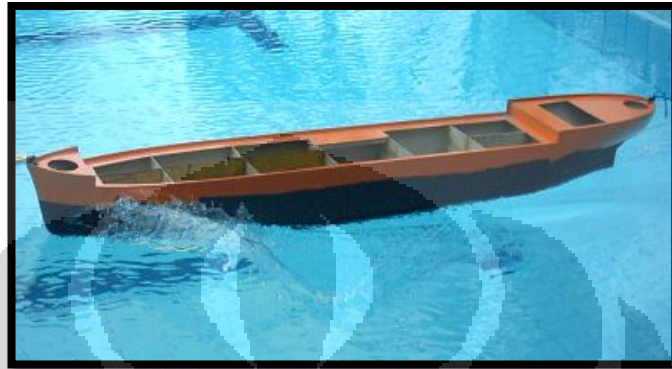
Gambar 3.1 Skema Percobaan

Adapun bagian-bagian utama dari alat penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

##### 3.1.1 Kapal Model

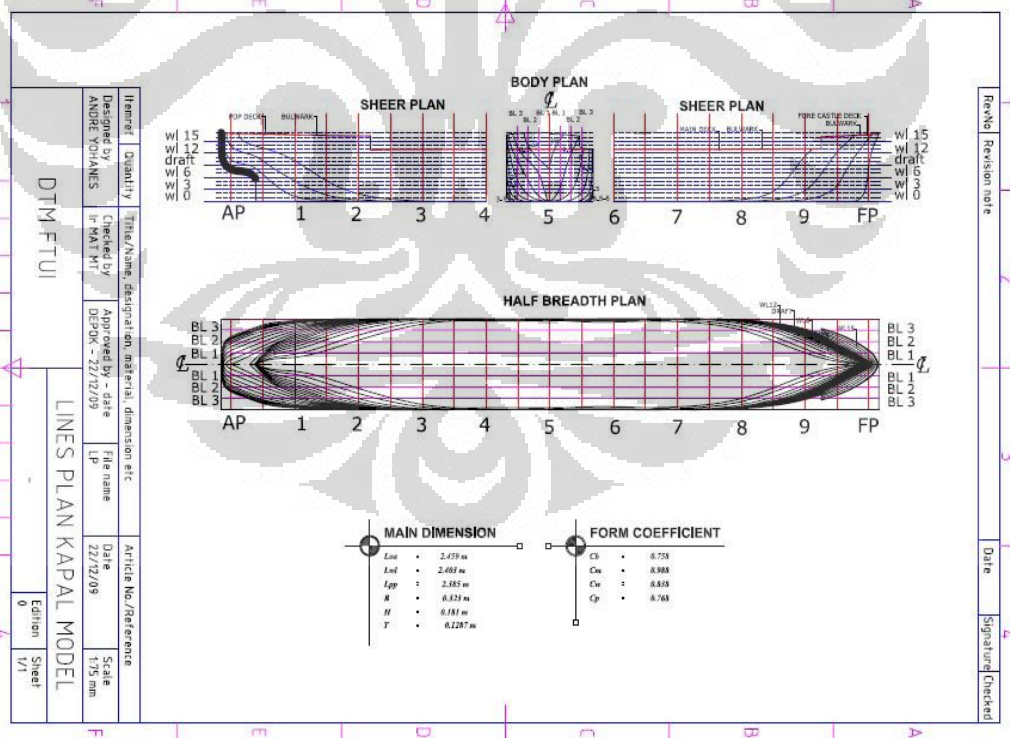
Kapal model yang digunakan pada pengujian berjenis “Bulk Cargo Motor Vessel” yang telah tersedia di labolatorium tanpa harus merancang dan membuatnya terlebih dahulu. Spesifikasi dari kapal model tersebut adalah :

LPP : 2385 mm                      B : 323 mm  
 LWL : 2403 mm                    H : 181 mm  
 LOA : 2456 mm                    T : 128 mm  
                                                  Cb : 0,758

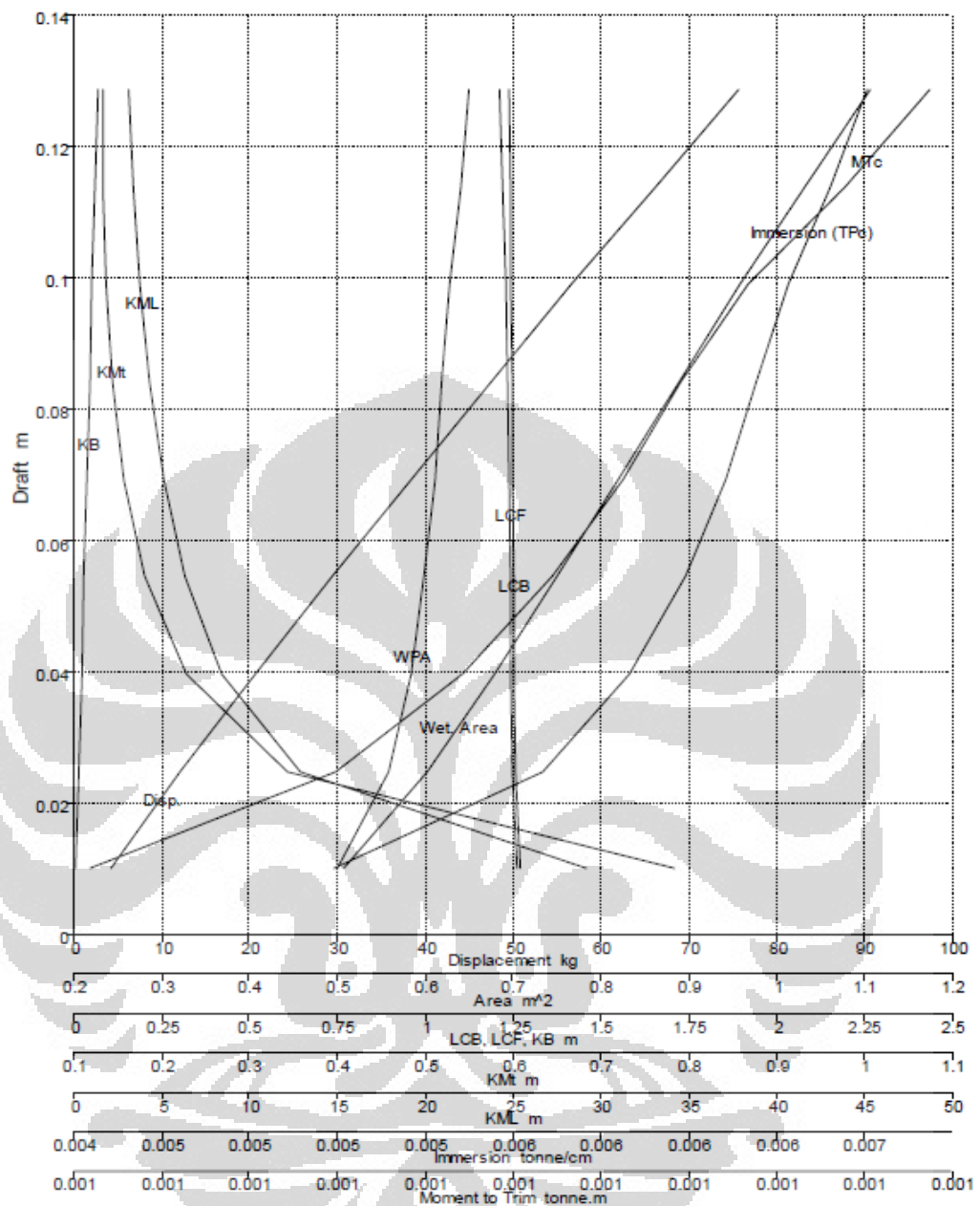


Gambar 3.2 Kapal Model

Berikut ini adalah karakteristik kapal model:



Gambar 3.3 Rancangan Garis Kapal Model



Gambar 3.4 Kurva Hidrostatik 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 3.5 Alat Penarik Kapal Model

- **Rangka**  
Rangka yang digunakan adalah besi siku berlubang yang disambung dengan menggunakan baut dan disusun sedemikian rupa sehingga kokoh untuk menahan berat dari motor listrik dan gulungan tali.
- **Motor Listrik**  
Motor listrik disambungkan dengan gulungan tali yang dihubungkan dengan belt. Fungsi dari motor listrik ini nantinya adalah untuk memutar gulungan tali dimana tali tersebut akan menarik kapal model.
- **Gulungan Tali**  
Gulungan tali yang menggunakan silinder hollow berbahan plastik 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 3.6 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.



Gambar 3.7 Load Cell

### 3.1.5 Beban

Beban diletakkan pada cargo hold kapal model untuk mendapatkan *draft* dan trim kapal model yang diinginkan. Beban yang digunakan adalah batu block.

### 3.1.6 Laptop dan Interface

Sinyal elektronik dari *load cell* akan diterjemahkan sebagai data numerik oleh interface dan akan terbaca pada *laptop*. Nilai inilah yang merupakan data hasil percobaan dari uji tarik kapal model.

### 3.1.7 Pengukur waktu ( *stopwatch* )

Alat ini digunakan untuk mencatat lamanya waktu melintas pada jarak yang ditentukan untuk mendapatkan kecepatan dari kapal model.

## 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 dan data gaya tarik tersebut di intepretasikan oleh *interface* yang terhubung ke *laptop*. Besar gaya tarik pada saat kapal ditarik adalah besar gaya hambat yang dialami oleh kapal pada saat ditarik.

Ada 3 jenis variasi utama percobaan uji tarik yang dilakukan:

1. Uji tarik kapal model pada *draft* 50% dengan sudut trim  $1,96^\circ$
2. Uji tarik kapal model pada *draft* 75% dengan sudut trim  $1,96^\circ$
3. Uji tarik kapal model pada *draft* 100% dengan sudut trim  $1,96^\circ$

Voltase pada alat percobaan tersebut akan divariasikan agar mendapatkan kecepatan kapal model tertentu yang akan menghasilkan nilai Froude yang diinginkan. Data-data yang diperoleh kemudian diolah lagi agar didapat daya dan estimasi konsumsi bahan bakar pada kapal skala penuh. Percobaan dilakukan pada kondisi air yang tenang dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. *Load cell* ditempelkan diatas *fore peak* kapal model yang dihubungkan dengan tali penarik yang berasal dari gulungan tali dan nantinya akan diputar oleh motor listrik.

2. *Load cell* juga dihubungkan dengan interface yang diteruskan ke *laptop*. Ketika kapal model ditarik maka sinyal elektrik dari *load cell* akan diterjemahkan menjadi data numerik 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 tempuh yang ditentukan, pengukur waktu (*stop watch*) dan 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 3,4 m.

### 3.3 HASIL PERCOBAAN

Berikut ini adalah data-data yang didapatkan dari hasil percobaan pada uji tarik kapal model :

- *Draft 100%*

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Tarik Kapal Model Dengan *Draft 100%*

$F_n$	$V_M$ (m/s)	$R_{TM}$ (kg)
0.10	0.51	0.11
0.11	0.56	0.12
0.12	0.61	0.14
0.13	0.65	0.16
0.14	0.70	0.18
0.15	0.74	0.20
0.16	0.79	0.23
0.17	0.83	0.25
0.18	0.88	0.27

Tabel 3.1 (sambungan)

0.20	1.00	0.47
0.21	1.05	0.54
0.22	1.09	0.54
0.23	1.15	0.70
0.30	1.48	1.69
0.31	1.53	1.84
0.32	1.58	2.07
0.33	1.64	2.20
0.34	1.68	2.17
0.35	1.73	2.34

- *Draft 75%*

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Tarik Kapal Model Dengan *Draft 75%*

$F_n$	$V_M$ (m/s)	$R_{TM}$ (kg)
0.10	0.50	0.09
0.11	0.54	0.10
0.12	0.59	0.12
0.13	0.63	0.13
0.14	0.68	0.15
0.15	0.73	0.17
0.16	0.78	0.18
0.17	0.83	0.22
0.18	0.88	0.24
0.20	1.00	0.37
0.21	1.05	0.41
0.22	1.10	0.45
0.23	1.15	0.54
0.30	1.49	1.38
0.31	1.51	1.49

Tabel 3.2 (sambungan)

0.32	1.59	1.70
0.33	1.63	1.84
0.34	1.69	2.04
0.35	1.71	2.13

- *Draft 50%*

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Tarik Kapal Model Dengan *Draft 50%*

$F_n$	$V_M$ (m/s)	$R_{TM}$ (kg)
0.10	0.50	0.08
0.11	0.54	0.09
0.12	0.59	0.10
0.13	0.64	0.12
0.14	0.68	0.14
0.15	0.72	0.15
0.16	0.78	0.17
0.17	0.83	0.19
0.18	0.87	0.21
0.20	0.97	0.30
0.21	1.01	0.30
0.22	1.08	0.37
0.23	1.13	0.45
0.30	1.45	1.08
0.31	1.50	1.16
0.32	1.53	1.24
0.33	1.60	1.42
0.34	1.65	1.48
0.35	1.69	1.58

## BAB 4

### PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Dalam berbagai penelitian terungkap bahwa penambahan kecepatan yang konstan tidak selalu diiringi dengan pertambahan hambatan yang konstan pula pada kapal. Hal tersebut terjadi karena 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 yang telah di bahas pada bab II. 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.

Hal sebaliknya juga terjadi pada beberapa rentang pertambahan nilai Froude dimana terjadi perubahan koefisien tahanan total kapal yang tidak terlalu ekstrem, sehingga rentang nilai Froude tersebut dianggap sebagai rentang Froude yang ideal. Pada penelitian ini nilai Froude yang dianggap ideal tersebut dibagi menjadi 3 kondisi yaitu :

Tabel 4.1 Bilangan Froude Pada 3 Kondisi Yang Ditentukan

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

Rentang Froude number pada 3 kondisi ini merupakan Froude number ideal sehingga nilai hambatan, daya, dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan dari Froude number ini merupakan nilai yang optimal yang merupakan tujuan dari penelitian ini yaitu optimalisasi. Untuk mendapatkan nilai bilangan froude yang telah ditetapkan kondisinya tersebut, pada percobaan kapal model ini maka penghitungan bisa dilakukan dengan memvariasikan kecepatan sehingga

didapatkan kecepatan kapal pada bilangan Froude yang dianggap ideal tersebut. Dari data itu akan dicatat juga nilai hambatan kapal yang terbentuk.

**4.1 Perhitungan Hambatan, Kecepatan, dan Daya Kapal Skala Penuh.**

Hambatan dan kecepatan kapal pada ukuran skala penuh (*full scale*) bisa didapatkan dengan mengetahui nilai  $\lambda$  sebagai skala pembanding antara kapal model dengan kapal ukuran skala penuh (*full scale*). Dengan mengetahui bahwa skala kapal model adalah 1:70 maka bisa ditentukan bahwa nilai  $\lambda$  adalah 70 dengan dimensi dari kapal ukuran skala penuh (*full scale*) adalah :

Tabel 4.2 Dimensi Kapal Skala Penuh

$\lambda$	70
LOA	172,13 m
LPP	166,95 m
Lwl	168,21 m
B	22,61 m
H	12,67 m
T	9,009 m

kemudian nilai  $\lambda$  tersebut dapatkan digunakan untuk menghitung nilai hambatan dan kecepatan pada kapal ukuran skala penuh (*full scale*) pada nilai bilangan froude ideal dengan rumus :

$$V_s = \frac{v_m}{\sqrt{\lambda}} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dengan  $V_s$  yang merupakan kecepatan kapal ukuran skala penuh (*full scale*) sementara  $V_m$  adalah kecepatan kapal model sedangkan  $\lambda$  adalah skala pembanding yaitu 70. Hambatan pada kapal ukuran skala penuh (*full scale*) juga bisa didapatkan dengan menggunakan nilai hambatan kapal model  $R_{TM}$  dan  $\lambda$  yang telah diperoleh :

$$R_{TS} = R_{TS} \times \lambda^3 \dots\dots\dots(4.2)$$

Dengan  $R_{TS}$  merupakan hambatan kapal ukuran skala penuh (*full scale*),  $R_{TM}$  adalah hambatan kapal model dan  $\lambda$  merupakan skala pembanding yaitu 70. Sehingga dari kedua rumus ini didapatkan nilai hambatan dan kecepatan kapal ukuran skala penuh (*full scale*) pada nilai bilangan Froude ideal. Dari nilai Hambatan dan kecepatan sebenarnya tadi bisa didapat nilai daya kapal pada nilai bilangan froude ideal yaitu

$$P_s = \frac{R_{TS} \times V_s}{75} \dots\dots\dots(4.3)$$

Dengan  $P_s$  merupakan daya kapal ukuran skala penuh (*full scale*) yang merupakan daya efektif (EHP) dan  $V_s$  adalah kecepatan kapal ukuran skala penuh (*full scale*) dan  $R_{TS}$  merupakan hambatan kapal ukuran skala penuh (*full scale*) sehingga bisa kita dapatkan besarnya daya kapal ukuran skala penuh (*full scale*) pada setiap nilai bilangan froude yang ideal untuk setiap variasi *draft* :

- *Draft* 100%

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan  $R_{TS}$ ,  $V_s$ , dan  $P_s$  Pada *Draft* 100%

$F_n$	$V_m$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$R_{TM}$ (kg)	$R_{TS}$ (kg)	$P_s$ (Hp)
0.10	0.51	4.24	0.11	38180.02	2158.86
0.11	0.56	4.66	0.12	42795.97	2657.60
0.12	0.61	5.12	0.14	49561.48	3383.21
0.13	0.65	5.46	0.16	56040.86	4083.21
0.14	0.70	5.84	0.18	60803.25	4733.92
0.15	0.74	6.21	0.20	70284.15	5818.95
0.16	0.79	6.64	0.23	80426.46	7122.90
0.17	0.83	6.94	0.25	85234.21	7888.27
0.18	0.88	7.34	0.27	93476.33	9145.43
0.20	1.00	8.37	0.47	159902.48	17838.04
0.21	1.05	8.79	0.54	184006.48	21570.13
0.22	1.09	9.12	0.54	186681.65	22699.54
0.23	1.15	9.65	0.70	240616.24	30956.59
0.30	1.48	12.41	1.69	578330.06	95717.87
0.31	1.53	12.82	1.84	630431.99	107767.76
0.32	1.58	13.21	2.07	709541.22	124950.84
0.33	1.64	13.76	2.20	754455.44	138404.49
0.34	1.68	14.09	2.17	744814.47	139894.78
0.35	1.73	14.47	2.34	803481.68	155058.45



- *Draft 75%*

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan  $R_{TS}$ ,  $V_s$ , dan  $P_s$  Pada *Draft 75%*

$F_n$	$V_m$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$R_{TM}$ (kg)	$R_{TS}$ (kg)	$P_s$ (Hp)
0.10	0.50	4.18	0.09	31981.21	1783.81
0.11	0.54	4.52	0.10	34550.53	2081.27
0.12	0.59	4.94	0.12	42403.66	2790.94
0.13	0.63	5.27	0.13	43214.44	3037.11
0.14	0.68	5.69	0.15	52126.78	3954.33
0.15	0.73	6.11	0.17	58783.95	4787.03
0.16	0.78	6.53	0.18	61246.20	5329.29
0.17	0.83	6.94	0.22	74040.09	6855.27
0.18	0.88	7.36	0.24	82116.86	8061.28
0.20	1.00	8.36	0.37	128561.75	14328.32
0.21	1.05	8.75	0.41	142028.54	16570.30
0.22	1.10	9.23	0.45	153282.69	18872.74
0.23	1.15	9.64	0.54	184054.58	23661.64
0.30	1.49	12.44	1.38	471668.59	78259.48
0.31	1.51	12.66	1.49	510816.35	86244.87
0.32	1.59	13.33	1.70	582426.44	103551.44
0.33	1.63	13.64	1.84	632790.95	115096.81
0.34	1.69	14.14	2.04	698293.30	131646.52
0.35	1.71	14.29	2.13	731363.18	139326.95

- *Draft 50%*

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan  $R_{TS}$ ,  $V_s$ , dan  $P_s$  Pada *Draft 50%*

$F_n$	$V_m$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$R_{TM}$ (kg)	$R_{TS}$ (kg)	$P_s$ (Hp)
0.10	0.50	4.18	0.08	27475.54	1532.47
0.11	0.54	4.54	0.09	30064.09	1821.82
0.12	0.59	4.94	0.10	35042.74	2306.37
0.13	0.64	5.35	0.12	40672.06	2899.17
0.14	0.68	5.69	0.14	46479.38	3525.73
0.15	0.72	6.06	0.15	50087.78	4045.99
0.16	0.78	6.53	0.17	59593.51	5185.47
0.17	0.83	6.91	0.19	66568.14	6136.19

Tabel 4.5 (sambungan)

0.18	0.87	7.28	0.21	71235.49	6911.80
0.20	0.97	8.14	0.30	102776.58	11156.39
0.21	1.01	8.47	0.30	104021.62	11742.65
0.22	1.08	9.04	0.37	125612.60	15137.60
0.23	1.13	9.42	0.45	153248.43	19242.55
0.30	1.45	12.10	1.08	371301.13	59893.88
0.31	1.50	12.55	1.16	399555.90	66858.92
0.32	1.53	12.84	1.24	425698.67	72877.47
0.33	1.60	13.40	1.42	485840.80	86772.24
0.34	1.65	13.80	1.48	508911.90	93626.05
0.35	1.69	14.15	1.58	541041.18	102054.58

#### 4.2 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Kapal Skala Penuh

Konsumsi bahan bakar pada kapal bisa diperkirakan dengan rumus :

$$Fuel\ Consumption = \frac{P \times b_{me} \times C_R \times 10^{-6}}{V_s} \dots\dots\dots(4.4)$$

Dengan  $P_s$  merupakan Daya kapal ukuran skala penuh (*full scale*),  $b_{me}$  merupakan konsumsi bahan bakar spesifik (diasumsikan konstan pada 135 g/BHPph),  $C_R$  adalah Cruise Range atau Jarak pelayaran (mil laut) dan  $V_s$  merupakan kecepatan kapal ukuran skala penuh (*full scale*). Sehingga dengan didaptkannya nilai dari variable-variabel tersebut bisa diketahui besarnya konsumsi bahan bakar pada kapal ukuran skala penuh (*full scale*) dan rasio konsumsi bahan bakar terhadap daya angkut (DWT) kapal ini terhadap nilai bilangan Froude ideal pada setiap variasi *draft*.

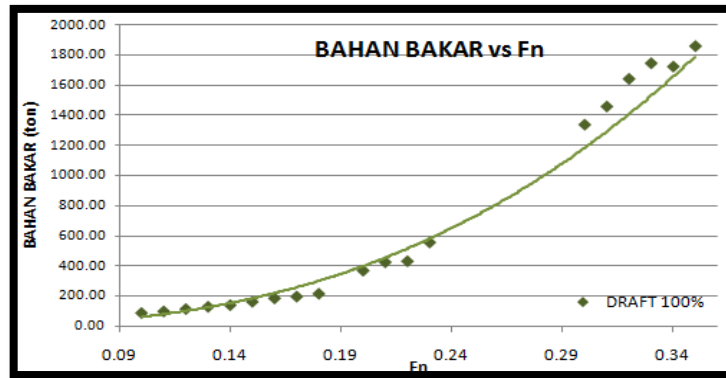
Karena bervariasinya daya kapal pada perhitungan ini diambil nilai konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 135 g/BHPph dan jarak tempuh pelayaran adalah 1500 mil laut. Nilai tersebut dianggap sebagai pembatasan masalah dan pada penghitungan ini kecepatan kapal dianggap sebagai kecepatan dinas dan kapal

bergerak pada kecepatan konstan dan tanpa berhenti (*non stop*). Selain itu juga terdapat pembatasan lain dimana tidak dibahas jenis bahan bakar yang akan digunakan. Daya yang didapat dari percobaan merupakan daya efektif sehingga untuk penghitungannya harus dicari daya *break horsepower* ( BHP) yang merupakan daya yang harus dikeluarkan oleh mesin agar tercapai daya dorong efektif. Daya yang didapat tersebut merupakan *maximum cruise range* ( MCR ) dari mesin yang akan digunakan. Hasil perhitungan konsumsi bahan bakar dan rasionya terhadap bobot DWT tersaji pada tabel berikut.

- *Draft* 100%

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Pada *Draft* 100%

Fn	BHP (HP)	V (KNOT)	BAHAN BAKAR (TON)
0.10	3598.10	8.24	88.38
0.11	4429.33	9.05	99.06
0.12	5638.69	9.95	114.72
0.13	6805.35	10.62	129.72
0.14	7889.87	11.35	140.75
0.15	9698.24	12.07	162.69
0.16	11871.49	12.91	186.17
0.17	13147.12	13.49	197.30
0.18	15242.38	14.26	216.38
0.20	29730.07	16.26	370.14
0.21	35950.22	17.09	425.94
0.22	37832.56	17.73	432.13
0.23	51594.32	18.76	556.98
0.30	159529.78	24.13	1338.72
0.31	179612.93	24.92	1459.32
0.32	208251.40	25.68	1642.45
0.33	230674.15	26.75	1746.41
0.34	233157.97	27.39	1724.10
0.35	258430.75	28.14	1859.90

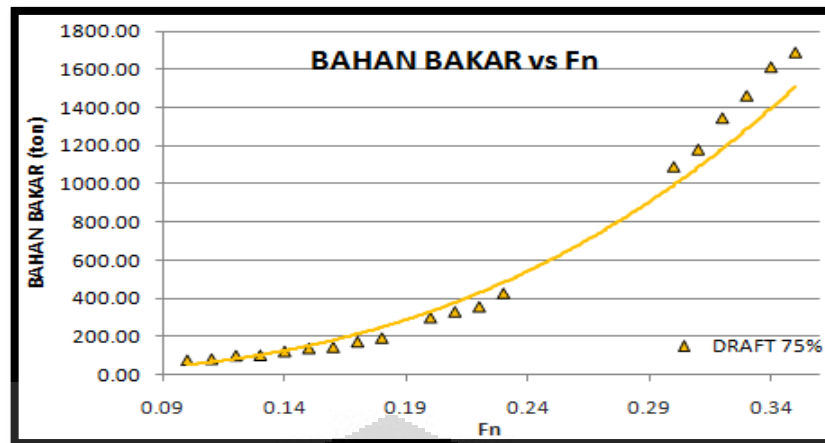


Gambar 4.1 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Variasi *Froude Number* Pada *Draft* 100%

- *Draft* 75%

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Pada *Draft* 75%

Fn	BHP (HP)	V (KNOT)	BAHAN BAKAR (TON)
0.10	2973.01	8.13	74.03
0.11	3468.79	8.78	79.98
0.12	4651.56	9.60	98.16
0.13	5061.85	10.25	100.03
0.14	6590.55	11.06	120.66
0.15	7978.38	11.87	136.07
0.16	8882.14	12.69	141.77
0.17	11425.44	13.50	171.39
0.18	13435.47	14.31	190.08
0.20	23880.54	16.25	297.59
0.21	27617.17	17.01	328.77
0.22	31454.56	17.95	354.82
0.23	39436.06	18.74	426.05
0.30	130432.47	24.19	1091.82
0.31	143741.46	24.62	1182.44
0.32	172585.74	25.92	1348.20
0.33	191828.01	26.52	1464.78
0.34	219410.87	27.49	1616.41
0.35	232211.59	27.78	1692.96

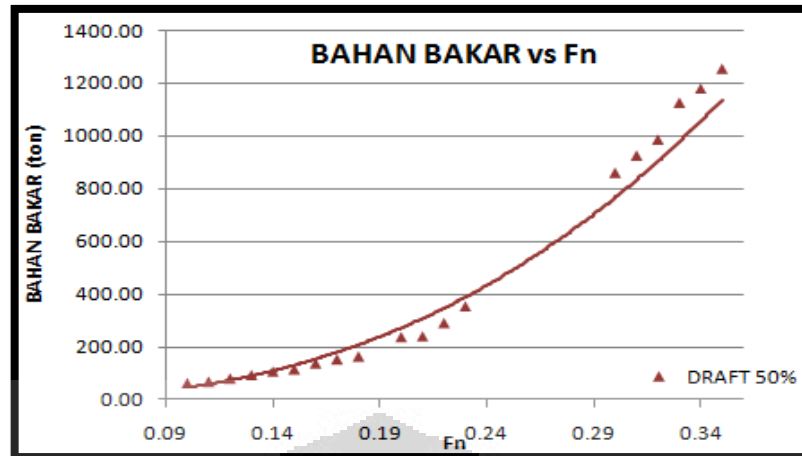


Gambar 4.2 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Variasi *Froude Number* Pada *Draft* 75%

- *Draft* 50%

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Pada *Draft* 50%

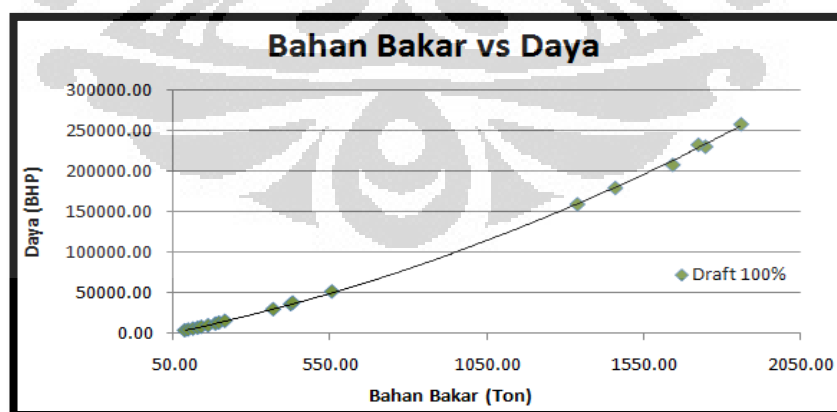
Fn	BHP (HP)	V (KNOT)	BAHAN BAKAR (TON)
0.10	2554.12	8.13	63.60
0.11	3036.37	8.84	69.59
0.12	3843.94	9.60	81.12
0.13	4831.95	10.39	94.15
0.14	5876.21	11.06	107.59
0.15	6743.32	11.78	115.94
0.16	8642.45	12.69	137.95
0.17	10226.98	13.44	154.09
0.18	11519.67	14.15	164.90
0.20	18593.98	15.83	237.91
0.21	19571.09	16.46	240.79
0.22	25229.33	17.57	290.77
0.23	32070.92	18.31	354.74
0.30	99823.13	23.52	859.49
0.31	111431.53	24.40	924.89
0.32	121462.45	24.96	985.41
0.33	144620.41	26.04	1124.62
0.34	156043.41	26.82	1178.03
0.35	170090.97	27.50	1252.40



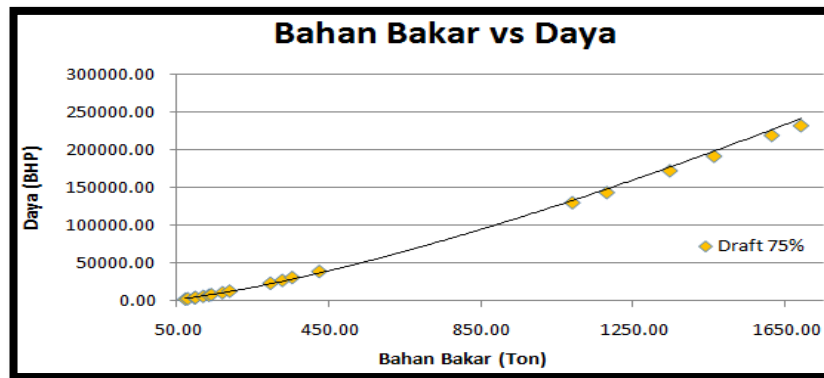
Gambar 4.3 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Variasi *Froude Number* Pada *Draft* 50%

#### 4.3 Optimalisasi Konsumsi Bahan Bakar Kapal Skala Penuh

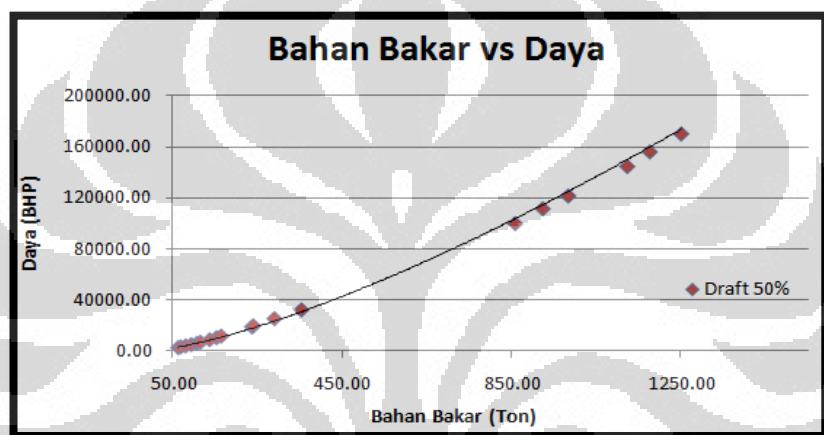
Konsumsi bahan bakar optimal yang dimaksud pada penelitian ini adalah konsumsi bahan bakar pada saat rentang *Froude number* ideal yang telah dijelaskan sebelumnya. Dari 3 rentang *Froude number* tersebut akan menghasilkan nilai hambatan yang berbeda. Nilai hambatan tersebut akan berpengaruh terhadap nilai daya yang dibutuhkan. Dari nilai daya tersebut yang merupakan daya efektif dikonversikan menjadi *Break horsepower* dengan efisiensi propulsi diasumsikan sebesar 0.6 untuk kapal ini. Sehingga nilai-nilai konsumsi bahan bakar yang tertar sebelumnya pada tabel 4.6 sampai dengan 4.8 merupakan nilai konsumsi bahan bakar optimal untuk kapal ini.



Gambar 4.4 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Daya Pada *Draft* 100%



Gambar 4.5 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Daya Pada *Draft* 75%



Gambar 4.6 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Daya Pada *Draft* 50%

#### 4.4 Analisis Nilai Rasio Bahan Bakar Terhadap DWT Kapal Dengan Variasi Draft

Pada perhitungan konsumsi bahan bakar terlihat bahwa semakin besar DWT maka akan semakin besar bobot yang harus dibawa kapal, oleh karena itu variasi draft yang berpengaruh langsung terhadap bobot DWT. Bobot ini akan mempengaruhi nilai daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dan berpengaruh terhadap nilai konsumsi bahan bakar kapal tersebut. Nilai konsumsi bahan bakar nantinya akan dibagi dengan bobot DWT yang akan tertera pada tabel dengan notasi ( BB/DWT).

Variasi *draft* yang terdiri dari 50%, 75%, dan 100% ini dapat terjadi karena bobot yang diangkut kapal divariasikan sehingga berpengaruh langsung terhadap displacement kapal. Oleh karena itu pada variasi *draft* berpengaruh terhadap nilai

DWT untuk setiap variasi *draft*, yang nilainya bisa diketahui melalui pembacaan kurva hidrostatis kapal ini yang nilainya bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan DWT Kapal Pada Setiap Variasi *Draft*

Draft	DWT (ton)
50%	8061.178459
75%	15295.56938
100%	21434.46683

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar & Rasionya Terhadap DWT *Draft* 100%

Fn	BHP (HP)	V (KNOT)	BAHAN BAKAR (TON)	BB/DWT
0.10	3598.10	8.24	88.38	0.0041
0.11	4429.33	9.05	99.06	0.0046
0.12	5638.69	9.95	114.72	0.0054
0.13	6805.35	10.62	129.72	0.0061
0.14	7889.87	11.35	140.75	0.0066
0.15	9698.24	12.07	162.69	0.0076
0.16	11871.49	12.91	186.17	0.0087
0.17	13147.12	13.49	197.30	0.0092
0.18	15242.38	14.26	216.38	0.0101
0.20	29730.07	16.26	370.14	0.0173
0.21	35950.22	17.09	425.94	0.0199
0.22	37832.56	17.73	432.13	0.0202
0.23	51594.32	18.76	556.98	0.0260
0.30	159529.78	24.13	1338.72	0.0625
0.31	179612.93	24.92	1459.32	0.0681
0.32	208251.40	25.68	1642.45	0.0766
0.33	230674.15	26.75	1746.41	0.0815
0.34	233157.97	27.39	1724.10	0.0804
0.35	258430.75	28.14	1859.90	0.0868

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar & Rasionya Terhadap DWT *Draft* 75%

Fn	BHP (HP)	V (KNOT)	BAHAN BAKAR (TON)	BB/DWT
0.10	2973.01	8.13	74.03	0.0055
0.11	3468.79	8.78	79.98	0.0059
0.12	4651.56	9.60	98.16	0.0073
0.13	5061.85	10.25	100.03	0.0074
0.14	6590.55	11.06	120.66	0.0089
0.15	7978.38	11.87	136.07	0.0101

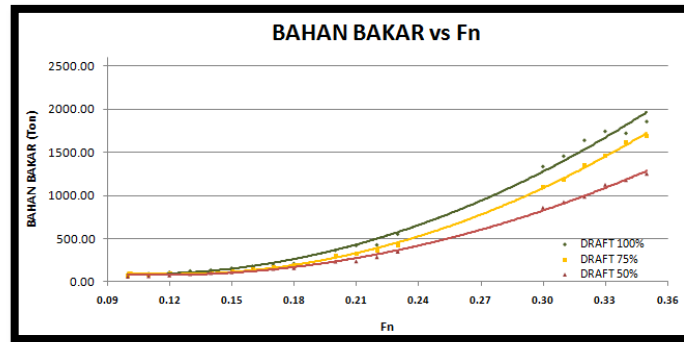


Tabel 4.11 (sambungan)

0.16	8882.14	12.69	141.77	0.0105
0.17	11425.44	13.50	171.39	0.0127
0.18	13435.47	14.31	190.08	0.0141
0.20	23880.54	16.25	297.59	0.0220
0.21	27617.17	17.01	328.77	0.0243
0.22	31454.56	17.95	354.82	0.0262
0.23	39436.06	18.74	426.05	0.0315
0.30	130432.47	24.19	1091.82	0.0807
0.31	143741.46	24.62	1182.44	0.0874
0.32	172585.74	25.92	1348.20	0.0997
0.33	191828.01	26.52	1464.78	0.1083
0.34	219410.87	27.49	1616.41	0.1195
0.35	232211.59	27.78	1692.96	0.1252

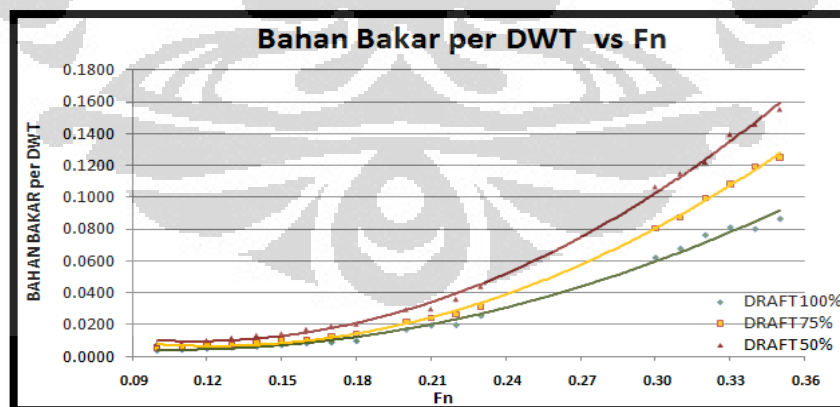
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar & Rasionya Terhadap DWT *Draft* 50%

Fn	BHP (HP)	V (KNOT)	BAHAN BAKAR (TON)	BB/DWT
0.10	2554.12	8.13	63.60	0.0079
0.11	3036.37	8.84	69.59	0.0086
0.12	3843.94	9.60	81.12	0.0101
0.13	4831.95	10.39	94.15	0.0117
0.14	5876.21	11.06	107.59	0.0133
0.15	6743.32	11.78	115.94	0.0144
0.16	8642.45	12.69	137.95	0.0171
0.17	10226.98	13.44	154.09	0.0191
0.18	11519.67	14.15	164.90	0.0205
0.20	18593.98	15.83	237.91	0.0295
0.21	19571.09	16.46	240.79	0.0299
0.22	25229.33	17.57	290.77	0.0361
0.23	32070.92	18.31	354.74	0.0440
0.30	99823.13	23.52	859.49	0.1066
0.31	111431.53	24.40	924.89	0.1147
0.32	121462.45	24.96	985.41	0.1222
0.33	144620.41	26.04	1124.62	0.1395
0.34	156043.41	26.82	1178.03	0.1461
0.35	170090.97	27.50	1252.40	0.1554



Gambar 4.7 Grafik Rasio Konsumsi Bahan Bakar Pada Setiap Variasi *Draft*

Pada grafik terlihat bahwa konsumsi bahan bakar pada draft 100% merupakan yang paling besar. Hal ini sangat wajar karena pada kondisi draft 100% tersebut bobot yang dibawa kapal lebih besar dan berakibat pada besarnya daya yang dibutuhkan. Akan tetapi hal ini tidak lantas disimpulkan bahwa semakin kecil konsumsi bahan bakar maka semakin baik, karena sebuah konsumsi bahan bakar pada kapal dikatakan optimal jika dilihat dari perbandingannya terhadap bobot DWT yang diangkut oleh kapal, rasio inilah yang menjadi jawaban akan optimal atau tidaknya konsumsi bahan tersebut. Oleh karena itu akan dianalisa grafik dibawah ini yang menggambarkan konsumsi bahan bakar per DWT untuk setiap perubahan bilangan Froude untuk mendapatkan nilai yang optimal.



Gambar 4.8 Grafik Rasio Konsumsi Bahan Bakar Terhadap DWT Pada Setiap Variasi *Draft*

Terdapat 3 garis grafik yang mewakili setiap variasi *draft*. Dari grafik terlihat bahwa tren kenaikan rasio konsumsi bahan bakar terhadap DWT untuk

setiap kenaikan bilangan Froude pada memiliki tren kenaikan yang sama untuk setiap draft. Pada grafik ini terlihat bahwa garis grafik yang mewakili *draft* 100% mempunyai nilai rasio bahan bakar terhadap DWT terkecil. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada *draft* 100% merupakan kondisi paling optimal diantara variasi draft lain karena presentase berat bahan bakarnya paling rendah terhadap bobot mati kapal (DWT) yang membuat konsumsi bahan bakarnya lebih optimal. Hal ini membuktikan bahwa dengan bobot yang dibawa, presentase kebutuhan bahan bakar tidak sebesar pada draft 50% dan 75%. Dengan demikian direkomendasikan untuk menggunakan *draft* 100% dalam pelayaran agar tercapai titik optimum dalam rasio konsumsi bahan bakar terhadap DWT untuk setiap perubahan bilangan Froude.

#### 4.5 Analisis Nilai *Froude Number* Pada Kecepatan Dinas Kapal Curah

Dalam industri pelayaran begitu banyak jenis kapal curah yang telah dibuat dan digunakan. Berbagai ukuran pada kapal curah ini akan mempengaruhi kecepatan dinas yang digunakan untuk mengoperasikan kapal tersebut. Kapal curah yang digunakan sebagai kapal model pada penelitian ini memiliki nilai DWT pada skala penuh sekitar 20000 ton pada draft maksimum. Hal ini menjadikan kapal curah yang digunakan dalam penelitian ini masuk ke jenis ukuran *handysize* yang menurut referensi *press release* MAN B&W biasanya kapal ini dioperasikan pada kecepatan dinas sekitar 13-14 knot.

Dari nilai kecepatan tersebut akan ditentukan apakah dengan kecepatan tersebut berada pada bilangan Froude yang ideal. Dengan mengetahui kecepatan dan panjang kapal maka nilai Froude tersebut bisa diketahui.

Tabel 4.13 Hasil perhitungan bilangan Froude pada kecepatan kapal 13-14 knot

V (knot)	V (m/s)	LWL (m)	Fn
13.00	6.69	168.21	0.17
14.00	7.20	168.21	0.18

Pada tabel terlihat bahwa jika kecepatan rata-rata yang digunakan oleh kapal curah yaitu 13-14 knot digunakan pada kapal ini pada draft 100% dimana

pada pembahasan sebelumnya terbukti sebagai penggunaan draft yang optimal untuk rasio bahan bakar terhadap bobot DWT kapal, maka akan menghasilkan bilangan Froude sebesar 0.17-0.18. Nilai Froude tersebut masih termasuk dalam rentang nilai Froude optimum sehingga bisa direkomendasikan nilai optimum dari pengoperasian kapal ini terdapat pada bilangan Froude tersebut dengan daya dan estimasi konsumsi bahan bakar yang diperlukan sebagai berikut.

Tabel 4.14 Hasil perhitungan daya dan konsumsi bahan bakar pada  $F_n = 0.17-0.18$

$F_n$	POWER (kW)	V (KNOT)	BAHAN BAKAR (TON)	BB/DWT
0.17	13147.12	13.49	197.30	0.0092
0.18	15242.38	14.26	216.38	0.0101



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil pengujian tarik kapal model serta analisis, maka didapat kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut :

- Terdapat hubungan antara kecepatan kapal dengan besarnya nilai bilangan Froude. Semakin besar kecepatan maka semakin besar pula nilai bilangan Froudenya.
- Pada penelitian ini terdapat 3 rentang nilai Froude number yang dianggap sebagai Froude number ideal, nilai konsumsi bahan bakar pada nilai Froude number ideal ini akan dianggap sebagai nilai konsumsi bahan bakar yang optimal.
- Pada variasi *draft* 50%, 75%, dan 100%, yang mempunyai rasio konsumsi bahan bakar per DWT kapal terkecil adalah pada *draft* 100%. Hal ini menandakan bahwa *draft* 100% merupakan yang paling optimal konsumsi bahan bakarnya dibandingkan variasi *draft* lain.
- Pada kecepatan 13-14 knot yang merupakan rata-rata kecepatan untuk pengoperasian kapal curah dengan ukuran *handysize* (10.000-35.000 DWT), nilai Froude untuk kapal ini pada kecepatan tersebut adalah 0.17-0.18, sehingga nilai tersebut bisa direkomendasikan sebagai nilai Froude dengan konsumsi bahan bakar terhadap DWT kapal yang optimum untuk pengoperasian kapal ini.

#### **5.2 SARAN**

Adapun saran-saran yang mesti dilakukan untuk percobaan uji tarik kapal model kedepannya adalah sebagai berikut :

- Kondisi perairan tempat dilakukannya percobaan sebaiknya dikondisikan seideal mungkin sehingga tidak ada faktor-faktor eksternal lainnya yang mempengaruhi hasil pengamatan, misalnya kondisi perairan yang tenang dan tidak ada gelombang.

- Diperlukan jumlah personil yang lebih dalam percobaan ini yaitu minimal 5 orang dimana satu orang sebagai pemegang kabel loadcell ,satu orang pencatat stopwatch, satu orang pengontrol motor listrik, satu orang sebagai operator software, dan satu orang lagi menjaga agar kapal tidak menabrak dinding kolam.
- Diperlukan pengambilan data kembali dengan alat pengukur yang lain untuk mengkoreksi jika terjadi kesalahan-kesalan pada data tersebut.
- Diperlukan penelitian lanjutan yang bisa memperkirakan biaya yang dikeluarkan dalam konsumsi bahan bakar yang telah diketahui dan dilanjutkan dengan penghitungan biaya operasional kapal.



## DAFTAR PUSTAKA

- MT, Ir. Marcus A. Talahatu., *Teori Merancang Kapal*, FT, UI, Jakarta, 1985.
- Harvald, Sv.Aa., *Tahanan dan Propulsi Kapal*, Airlangga University Press, Surabaya, 1992.
- Hilmi, *Simulasi Uji Tarik Kapal Model Untuk Mengetahui Hambatan Dan Daya Efektif Pada Kapal Sebenarnya*, FT, UI, Depok, 2009.
- Sastrodiwongso, Teguh, *Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak*, 1998
- Smith, Munro R., *Applied Naval Architecture*, Longmans, 1967.
- H. Schneekluth, V. Bertram. *Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition*. Butterworth Heinemann. Oxford. 1998.
- Paisal, Fuad Umar, *Studi Hambatan Total Kapal Model Menggunakan Prinsip Uji Tarik Kapal Dengan Dan Tanpa Penempelan Kulit Belut 25% Dari Haluan Dan Variasi Sudut Trim By Stern  $1,96^0$  dan  $2,84$* , FT, UI, Depok, 2011.
- MAN B&W, *Bulker-Propulsion Trends in Bulk Carriers*. Desember 2010.  
<http://www.mandieselturbo.com>