



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMALISASI HAMBATAN KAPAL SKALA PENUH
BERDASARKAN ANALISA UJI TARIK
KAPAL MODEL**

SKRIPSI

AYAT MAULANA

0706275284

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMALISASI HAMBATAN KAPAL SKALA PENUH
BERDASARKAN ANALISA UJI TARIK
KAPAL MODEL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

AYAT MAULANA

0706275284

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

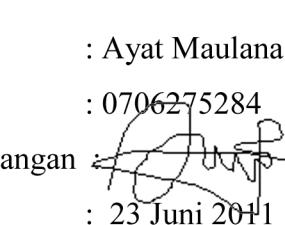
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

OPTIMALISASI HAMBATAN KAPAL SKALA PENUH BERDASARKAN ANALISA UJI TARIK KAPAL MODEL

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui,

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

Penulisan tugas akhir ini dibuat bersama dengan **Kamaludin (0706275353)** dengan judul tugas akhir **Optimalisasi Konsumsi Bahan Bakar Kapal Skala Penuh Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model** sehingga terdapat kata-kata atau kalimat yang sama.

Nama : Ayat Maulana
NPM : 0706275284
Tanda Tangan 
Tanggal : 23 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ayat Maulana

NPM : 0706275284

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Optimalisasi Hambatan 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 : Dr. Ir. Sunaryo



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



Penguji : Ir. Hadi Tresna Wibowo



Penguji : Ir. Mukti Wibowo



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT penulis panjatkan karena atas berkat dan bimbingan-Nya selama proses penggerjaan skripsi dan dalam penggerjaan laporan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Buku laporan skripsi ini, dibuat berdasarkan hasil percobaan model di area kolam dengan judul, **Optimalisasi Hambatan Kapal Skala Penuh Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model.**

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam proses penggerjaan skripsi dan laporan skripsi ini. Adapun pihak-pihak tersebut, diantaranya :

1. Ayah, (Alhm)Ibu, kakak, dan keluarga besar tercinta yang telah memberi dukungan secara moril dan material.
2. Ir. M.A. Talahatu, MT , selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Ir. Sunaryo, Ir. Hadi Tresna Wibowo, Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Eng, M.Sc dan Ir. Mukti Wibowo, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran pada skripsi ini.
4. Kamaludin dan Elisabius M Waka, yang telah membantu dalam penggerjaan dan penyusunan skripsi ini dari awal sampai selesai.
5. Gunawan, ST, Vickner Tessario, Edwin Dwi Novianto, Martin, Ragil Tri Indrawati yang telah membantu dalam proses percobaan uji tarik kapal model.
6. Muhammad Baqi, ST, M. Arif Budiyanto, ST yang telah membantu dalam proses pengolahan data skripsi ini.
7. Teman perjuangan Mesin dan Kapal 2007, yang telah memberi semangat dan bantuan untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh pegawai DTM-UI yang telah membantu pelaksanaan administrasi untuk ijin menggunakan lab, peminjaman buku, dan lainnya.

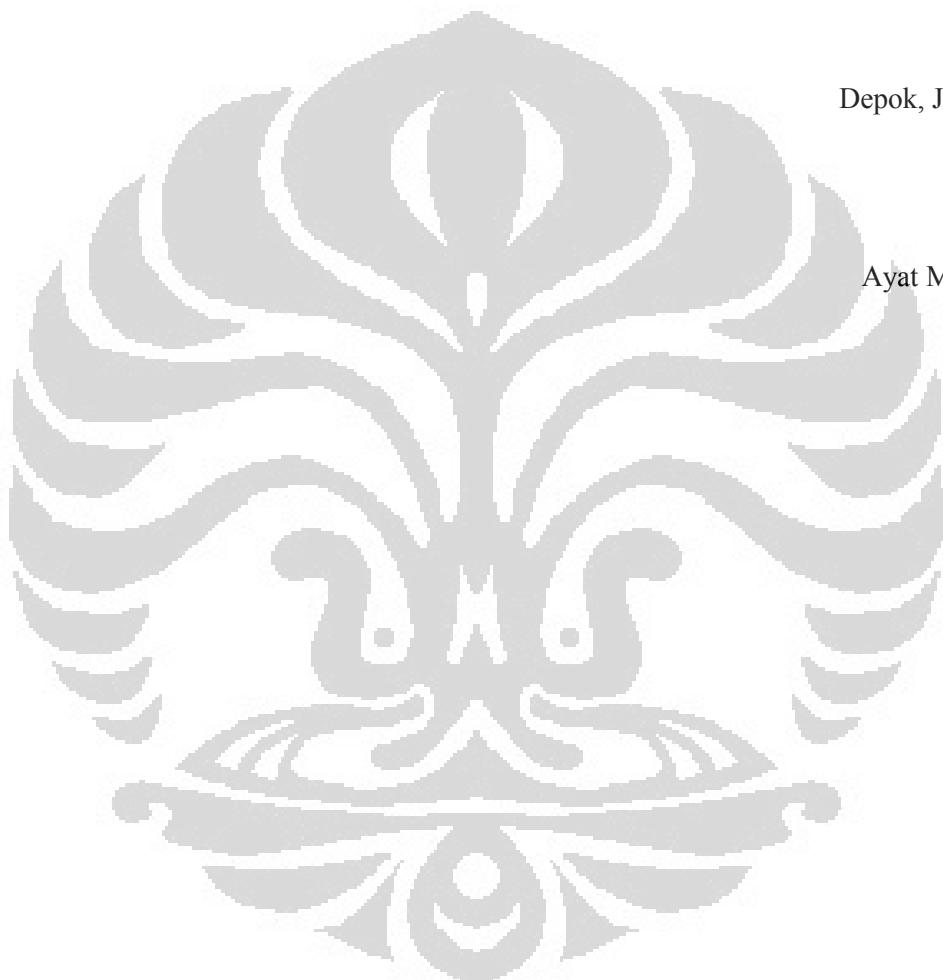
Serta semua pihak yang telah membantu terlaksananya skripsi ini baik secara langsung maupun tidak dan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam laporan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun terkait dengan pembahasan dalam laporan ini. Selain itu, penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan juga perkembangan ilmu Teknik Perkapalan.

Terimakasih

Depok, Juni 2011

Ayat Maulana



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Ayat Maulana

NPM : 0706275284

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 HAMBATAN KAPAL SKALA PENUH BERDASARKAN
ANALISA UJI TARIK KAPAL MODEL**

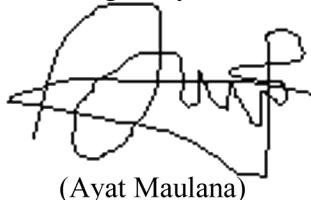
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 23 Juni 2011

Yang menyatakan



(Ayat Maulana)

ABSTRAK

Nama : Ayat Maulana
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Optimalisasi Hambatan Kapal Skala Penuh Berdasarkan Analisa Uji Tarik Kapal Model

Merancang suatu kapal merupakan sebuah pekerjaan yang dibutuhkan sebelum proses pembuatan kapal dilakukan. Hal yang cukup krusial dalam perancangan sebuah kapal adalah menentukan besarnya nilai hambatan. Sebab, besarnya nilai hambatan akan mempengaruhi biaya operasional sebuah kapal yang didalamnya berkaitan dengan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, dalam pembuatan kapal diperlukan sebuah uji model yang dapat menggambarkan kondisi kapal ukuran sebenarnya. Lagipula, pengujian kapal model ini nantinya akan bermanfaat bagi perancang kapal yang akan menjadikan data hasil pengujian sebagai bahan pertimbangan terkait ketentuan nilai hambatan kapal. Selain itu, pengujian ini bermanfaat bagi pihak galangan sebagai pembuat kapal karena data hasil pengujian dapat dijadikan acuan dalam pembuatan kapal sehingga mempermudah kinerja galangan. Adapun uji tarik kapal model ini dilakukan dengan memberikan variasi draft yaitu draft 50%, 75%, dan 100% agar hasil pengujian memiliki banyak variasi data sehingga hasil dari pengujian ini dapat dioptimalkan dan mengetahui perbedaan yang terjadi terhadap variasi tersebut. Alat yang digunakan dalam pengujian tarik ini adalah Load Cell yang memiliki *interface* sebagai penerjemah data yang akan ditampilkan dalam layar komputer. Percobaan uji tarik kapal model ini dilakukan di area kolam renang supaya data yang dihasilkan lebih banyak sehingga pengolahan data hambatan kapal dapat dilakukan secara optimal. Keberhasilan pengujian ini amat ditentukan dengan kondisi lingkungan percobaan yang mungkin seideal mungkin sehingga tidak mengganggu jalannya uji tarik.

Kata kunci: hambatan kapal, uji tarik kapal model

ABSTRACT

Name : Ayat Maulana
Study Program: Naval Architecture
Title : Optimization Ship Resistance Full Scale Based On Analysis Of Pulling Test Ship Model

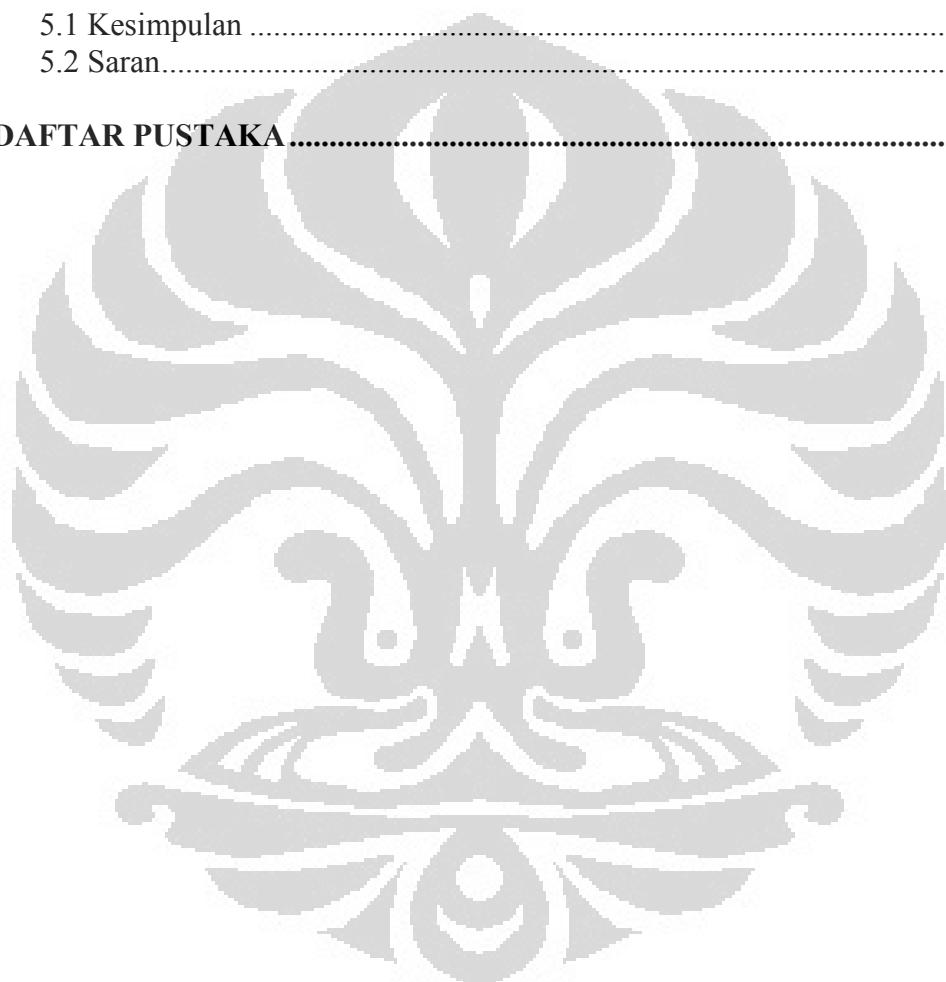
Designing a ship is a job that needed done before the process of shipbuilding. It is quite crucial in the design of a ship is to determine the value of resistance. Because that, the value of resistance will be affect the operating costs of a ship that relating to fuel consumption. Therefore, in the manufacture of ships needed a test model that can describe the actual condition of the vessel size. Moreover, testing this ship model will be useful for designers of ships that will make the data test result for consideration by relevant provisions of the resistance vessels. In addition, this test is beneficial to the shipyard as a shipbuilder for the data test result can be used as reference in making it easier for shipbuilding yard performance. The pulling test was conducted with a model ship giving the draft variation are draft 50%, 75%, and 100% for the test results have many variations of data that results from this test can be optimized and know the difference happens to these variations. The tools used in this pull testing is Load Cell which has an interface as an interpreter of data to be displayed in computer screen. Experimental pulling test of ship model was conducted on swimming pool area so that the resulting are more data and data processing ship resistance can be performed optimally. The success of this test is very determined by environmental experiments conditions that must be made ideal may thus not disrupting the pulling test.

Keywords : ship resistance, pulling test of ship model

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metodologi 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	4
1.4.5 Proses Pengambilan dan Pengolahan Data	4
1.4.6 Penyusunan Laporan	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
2. LANDASAN TEORI	6
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 (<i>Resistance</i>)	7
2.3 Hambatan Gesek	9
2.3.1 Koefisien Gesek	10
2.4 Hambatan Sisa	12
2.5 Bilangan Reynolds	13
2.6 Froude Number	13
3. RANCANGAN ALAT UJI	14
3.1 Spesifikasi Uji Tarik	14
3.1.1 Kapal Model	14
3.1.2 Alat Penarik Kapal Model	16
3.1.3 AC Voltage Regulator	18
3.1.4 Load Cell	18
3.1.5 Beban	19
3.1.6 Alat Pengukur Waktu (<i>Stop watch</i>)	19
3.2 Prosedur Uji Tarik	19

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	21
4.1 Perhitungan Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T) terhadap Angka Froude (FN)	21
4.2 Perhitungan Nilai Hambatan Total dan Kecepatan Kapal Sebenarnya...	26
4.3 Perhitungan Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T), Koefisien Hambatan Gesek (C_F) dan Koefisien Hambatan Sisa (C_R) dengan Bilangan Reynolds (Re)	33
4.4 Analisis Percobaan dan Uji Tarik Kapal Model dengan Menggunakan Variasi Draft.....	37
5.PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai C_T terhadap Angka Froude pada setiap Draft (T).....	22
Tabel 4.2 Hasil perhitungan konversi kecepatan dan hambatan kapal model ke skala penuh pada draft 100%.....	27
Tabel 4.3 Hasil perhitungan konversi kecepatan dan hambatan kapal model ke skala penuh pada draft 75%.....	28
Tabel 4.4 Hasil perhitungan konversi kecepatan dan hambatan kapal model ke skala penuh pada draft 50%.....	29
Tabel 4.5 Hasil perhitungan nilai C_T , C_F , C_R dengan Re draft 100%.....	34
Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai C_T , C_F , C_R dengan Re draft 75%.....	34
Tabel 4.7 Hasil perhitungan nilai C_T , C_F , C_R dengan Re draft 50%.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen hambatan pada kapal	8
Gambar 2.2 Aliran pada dua buah pelat	9
Gambar 3.1 Skema percobaan.....	14
Gambar 3.2 Kapal model	15
Gambar 3.3 Rancangan garis kapal model.....	15
Gambar 3.4 Kurva hidrostatik kapal model	16
Gambar 3.5 Alat penarik kapal model	17
Gambar 3.6 AC voltage regulator	18
Gambar 3.7 Load Cell	18
Gambar 4.1 Grafik nilai C_T terhadap FN pada Draft 100%.....	23
Gambar 4.2 Grafik nilai C_T terhadap FN pada Draft 75%.....	24
Gambar 4.3 Grafik nilai C_T terhadap FN pada Draft 50%.....	24
Gambar 4.4 Kurva koefisien tahanan untuk model 1290B sebagai fungsi angka Froude.....	25
Gambar 4.5 Grafik nilai RT_s terhadap FN.....	30
Gambar 4.6 Grafik nilai RT_s terhadap V_s	30
Gambar 4.7 Grafik nilai C_T, C_F, C_R terhadap FN pada draft 100%	31
Gambar 4.8 Grafik nilai C_T, C_F, C_R terhadap FN pada draft 75%	31
Gambar 4.9 Grafik nilai C_T, C_F, C_R terhadap FN pada draft 50%	32
Gambar 4.10 Grafik nilai C_T terhadap Re	36

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan sebuah bangunan sistemik yang digunakan manusia sebagai sarana untuk melakukan segala aktivitas di wilayah perairan. Aktivitas-aktivitas tersebut diantaranya eksplorasi, pelayaran, penelitian ekosistem laut, penyebrangan, penangkapan ikan, dan tentunya pengangkutan barang yang dijadikan sebagai muatan kapal. Adanya beragam fungsi dari macam-macam aktivitas kapal tersebut menggerakkan para ahli perancang kapal membuat kapal dengan ukuran dan bentuk yang sesuai dengan kebutuhan operasi kapal. Dalam operasi pengangkutan barang, kapal merupakan salah satu bagian dari unit pengangkutan yang penting karena memiliki guna sebagai alat transportasi dan wadah penampungan sementara sebelum didistribusikan ke tempat-tempat yang membutuhkan. Jenis kapal pengangkutan barang bermuatan curah biasa disebut dengan *Bulk Carrier*.

Dalam pengoperasiannya, seperti kapal lainnya, kapal *Bulk Carrier* ini tentunya bergerak melalui media air dengan adanya gaya dorong dari sistem penggerak kapal. Sebagai komponen yang begitu esensial bagi pergerakan kapal, air memiliki pengaruh terhadap kapal dengan memberikan gaya perlawanan dari pergerakan kapal yang disebut dengan hambatan kapal (*ship resistance*). Bagian kapal yang tidak tercelup air juga akan mengalami hambatan yang berasal dari angin. Namun, dalam hal ini pengaruh air lebih signifikan terhadap pergerakan kapal karena hambatan dari air memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dari udara (Djatmiko et all 1983).

Pada dasarnya hambatan gerak kapal dapat diestimasikan dengan menggunakan suatu pendekatan analisis data hidrostatik yang diolah dengan simulasi, namun pada akhirnya percobaan secara eksperimental juga diperlukan karena memiliki tingkat keakuratan data yang lebih tinggi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai hambatan gerak kapal pengangkut muatan curah perlu dilakukan. Tetapi pada kenyataannya, pengujian hambatan gerak dengan

menggunakan kapal pengangkut muatan curah dengan ukuran yang sebenarnya sulit dilakukan. Oleh sebab itu, suatu model kapal berukuran kecil yang memiliki skala terhadap kapal sebenarnya diperlukan untuk dijadikan sebagai media uji. Nantinya, data yang diperoleh dalam pengujian model kapal ini akan dikonversikan dengan perhitungan matematis sehingga karakteristik hambatan kapal yang berukuran sebenarnya dapat diprediksikan.

Selain itu, pengujian model kapal ini dapat memberikan banyak manfaat terhadap industri galangan dengan memberikan hasil prediksi hambatan gerak kapal beserta perhitungan numerik sebelum proses pembangunan kapal *Bulk Carrier* dimulai. Hal ini berarti juga pengujian model kapal ini dapat mendukung proses perancangan kapal yang berukuran sesungguhnya (*full scale*).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui nilai dan karakteristik tahanan gerak atau hambatan kapal pengangkut muatan curah (*Bulk Carrier*) berdasarkan analisa data hasil pengujian kapal model untuk mengoptimalkan daya efektif dan pemilihan mesin utama pada kapal.

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	Cb	= 0,758
LOA	= 2459 mm	Cm	= 0,988
Lwl	= 2403 mm	Cw	= 0,838
B	= 323 mm	Cp	= 0,768
H	= 181 mm		
T	= 190 mm		

Kapal merupakan kapal model yang sudah ada di laboratorium

- Motor penarik menggunakan motor listrik dengan rpm 1400 yang dipasangi 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 ukuran : L : 50 m, B : 8 m, D : 4 m
- Variasi kecepatan Kapal model dengan mengubah voltage motor.
- Variasi draft (T) kapal model
- Analisa yang digunakan hanya sebatas membandingkan perubahan gaya tarik dan waktu untuk setiap variasi draft (T)
- 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, kecepatan, dan draft (T) 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 dan perancangan letak muatan terhadap variasi draft (T) yang akan diujikan.

1.4.3 Proses Fabrikasi dan Instalasi

Setelah perancangan langkah selanjutnya adalah perakitan alat uji menjadi satu kesatuan sesuai dengan rancangan alat pengujian. Alat uji yang digunakan berupa Load Cell dan Interfacenya yang hasilnya akan ditampilkan oleh layar monitor laptop.

1.4.4 Proses Pengujian dan Modifikasi

Setelah alat uji penelitian menjadi satu kesatuan, uji coba dilakukan dan bila perlu dilakukan beberapa perubahan dan pengulangan uji 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 100% (maksimum)
- Uji tarik kapal model dengan draft 75%
- Uji tarik kapal model dengan draft 50%

Setiap tahapan pengujian di atas dilakukan dengan variasi berikut:

- Variasi Voltage motor : 75 V, 85 V, dan 90 V
- 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.
- BAB 3 RANCANGAN ALAT UJI**
Bab ini merupakan penjelasan tentang rangkain alat beserta komponen-komponen yang dipakai serta prosedur pengujian yang dilakukan.
- BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS DATA**
Bab ini merupakan penjelasan tentang data hasil pengujian yang kemudian diolah dan direpresentasikan ke dalam grafik beserta analisisnya.
- BAB 5 PENUTUP**
Bab ini merupakan kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian dan mendapatkan analisisnya. Kemudian, beberapa saran yang direkomendasikan untuk percobaan ini kedepannya.

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 mulur (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 kecepatan rotasional elemen daun baling-baling model harus sama dengan rasio kecepatan tersebut untuk baling-baling skala penuh. Ini berarti

$$\frac{Vm}{nm(2\pi Rm)} = \frac{Vs}{ns(2\pi Rs)} \quad \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

m menunjukkan bahwa kuantitas yang bersangkutan untuk model dan s untuk kapal, dan

R = jari-jari elemen yang ditinjau

V = kecepatan maju

n = laju kisaran

D = garis tengah baling-baling

2.1.3 Kesamaan Dinamis

Jika percobaan model yang dilakukan dimaksudkan untuk 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 :

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

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

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

dari sini diperoleh :

$\lambda_s = \lambda L^2$ = skala permukaan

$\lambda \nabla = \lambda L^3 =$ skala volume

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

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

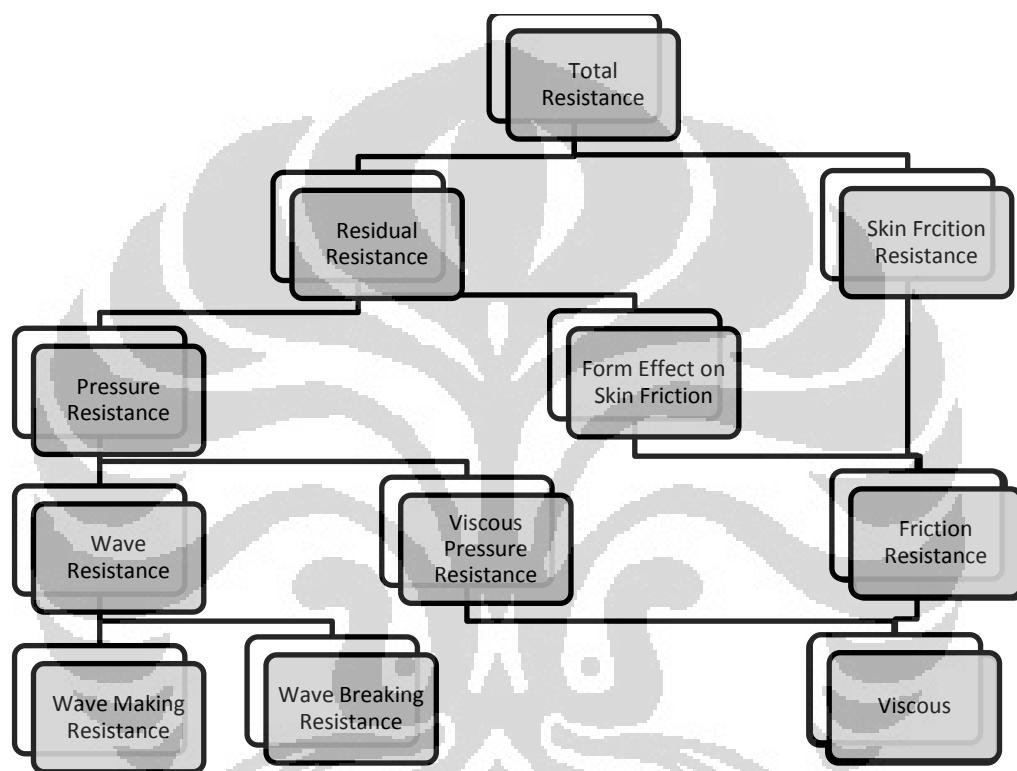
$$\lambda a = \frac{\lambda V^2}{\lambda L} = \text{skala percepatan}$$

2.2 Hambatan (*Resistance*)

Hambatan (*Resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut.

Hambatan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang berkerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.

Hambatan total (*Total Resistance*) kapal merupakan sejumlah komponen hambatan yang berbeda-beda, diakibatkan oleh berbagai macam penyebab dan saling berinteraksi dalam cara yang rumit. Secara umum komponen hambatan yang dialami oleh suatu kapal yang bergerak sebagai berikut:



Gambar 2.1 Komponen hambatan pada kapal

William Froude membagi hambatan total (*Total resistance*) menjadi dua bagian yaitu hambatan gesek, R_F , (*Skin Friction Resistance*) dan Hambatan sisa, R_R , (*residual Resistance*), dengan rumus :

$$R_T = R_F + R_R \dots \quad (2.1)$$

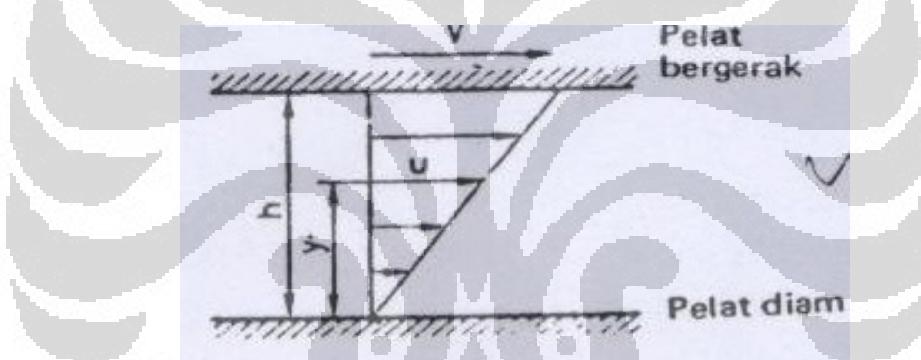
dan,

C_T adalah koefisien total yang merupakan jumlah dari koefisien gesek dan koefisien residu.

2.3 Hambatan Gesek

Hambatan gesek adalah hambatan yang diperoleh dengan mengintegralkan tegangan tangensial ke seluruh permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal. Hambatan gesek terjadi akibat adanya kekentalan air. Ukuran tahanan fluida terhadap geseran pada saat fluida itu bergerak disebut viskositas.

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



Gambar 2.2 Aliran pada dua buah pelat

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

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

$$U = \frac{y}{h} V \quad \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

V adalah kecepatan pelat yang bergerak.

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

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

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

τ adalah tegangan geser dan $\frac{\partial U}{\partial y}$ adalah laju perbuahan kecepatan sebagai fungsi dari jarak y .

Hambatan gesek dipengaruhi oleh kecepatan benda (V), luas permukaan basah (S), dan massa jenis fluida (ρ). Dengan rumus :

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

Dengan C_F adalah hambatan gesek spesifik atau koefisien gesek.

2.3.1 Koefisien Gesek

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

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

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

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

Dimana ;

f : Koefisien gesek papan

S : Luas total permukaan

V : Kecepatan papan

n : Indeks yang merupakan pangkat kenaikan R_E

Selanjutnya rumus tersebut dilengkapi oleh R.E Froude menjadi :

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

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

Dimana ;

γ : Berat jenis dalam kg/m³

λ : Koefisien tahanan gesek

S : Luas permukaan basah

V : Kecepatan dalam m/detik

Le Besnard menyatakan koefisien menyatakan koefisien gesekan λ pada suhu 15°C dalam rumus sebagai berikut :

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

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

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

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

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

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

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

g adalah percepatan gravitasi; harga ini harus diikutkan dalam rumus tersebut sesuai definisi λ dan satuan yang dipakai.

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

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

2.4 Hambatan Sisa

Hambatan sisa merupakan gabungan dari hambatan gelombang, hambatan bentuk, hambatan udara dan juga hambatan tambahan. Dalam berbagai metode perhitungan hambatan total, dikenal dua buah komponen hambatan, yaitu hambatan gesek dan hambatan sisa. Untuk proses analisa penghitungan cukup

menggunakan dua buah komponen hambatan, yang memang saat ini populer digunakan untuk menghitung hambatan total kapal melalui percobaan kapal model, metode tersebut adalah “Metode Froude”.

2.5 Bilangan Reynolds

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

maka,

Dimana :

Re : Bilangan Reynolds

V : Kecepatan Kapal (m/s)

L : Panjang kapal (m)

ϑ : Viskositas kinematik (m^2/s)

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

2.6 Angka froude

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

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

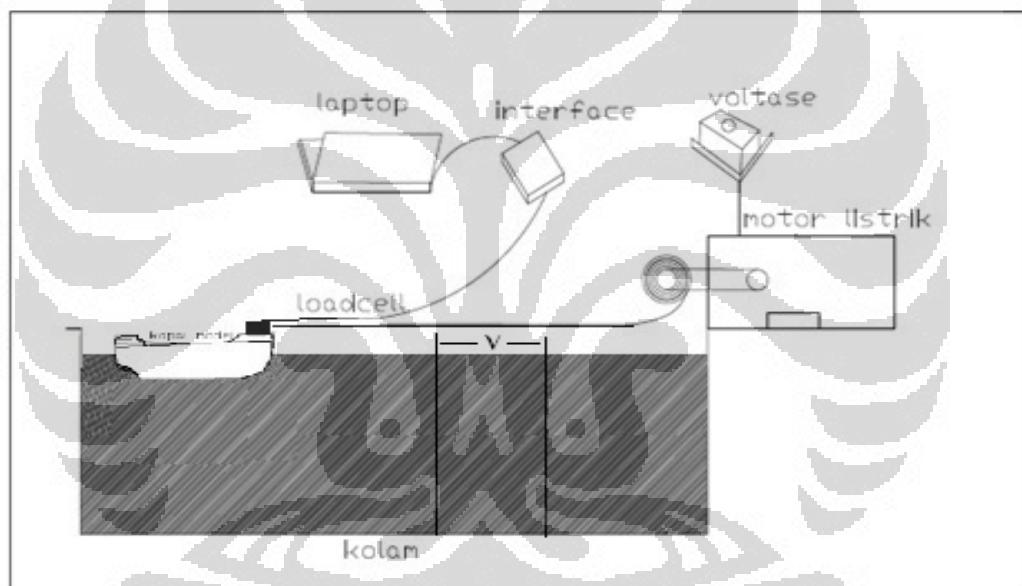
dimana F_n dipengaruhi oleh kecepatan (v), gaya gravitasi (g) dan panjang garis air kapal (L_{wl})

BAB 3

RANCANGAN ALAT UJI

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 mendapatkan 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

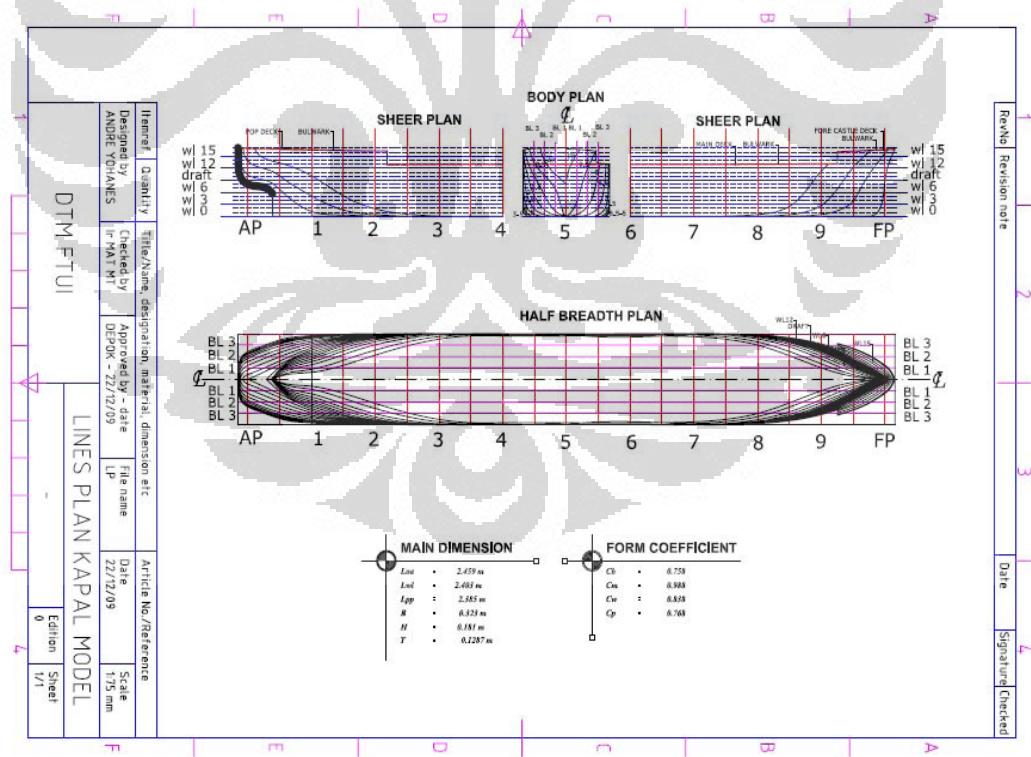
Kapal model yang digunakan pada pengujian berjenis “Bulk Cargo Motor Vessel” yang telah tersedia di labolatorium tanpa harus merancang dan membuatnya terlebih dahulu. Spesifikasi dari kapal model tersebut adalah :

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

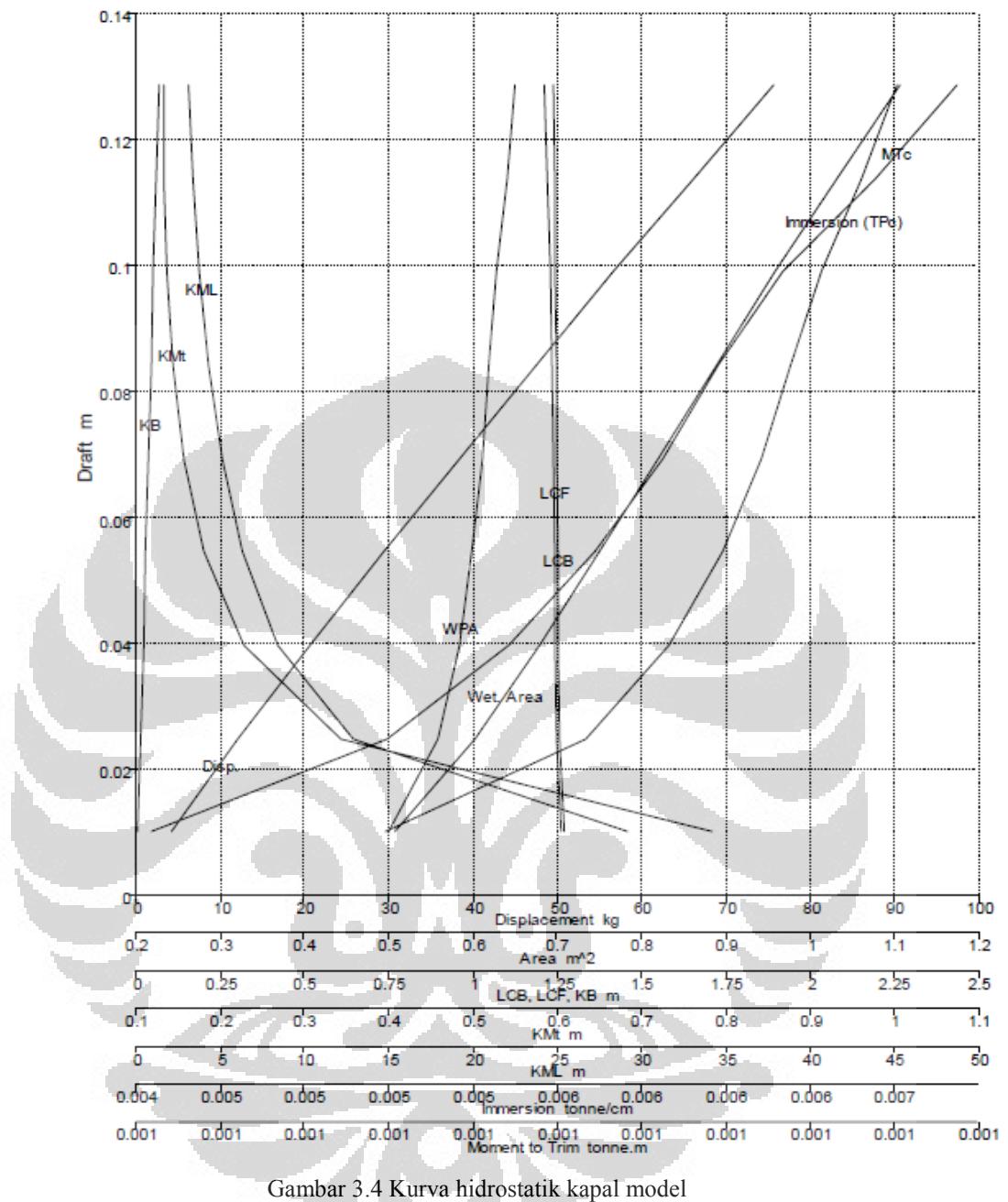


Gambar 3.2 Kapal Model

Berikut karakteristik ini adalah karakteristik kapal model:



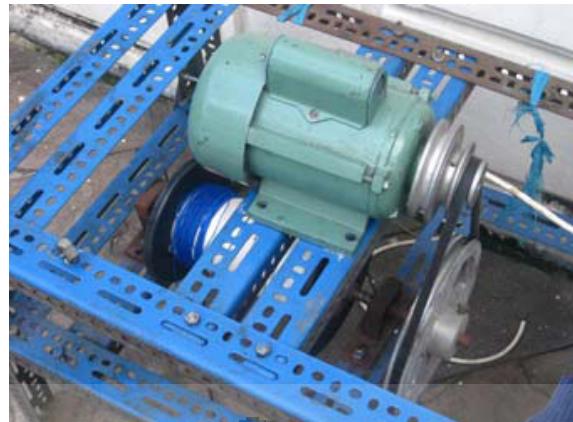
Gambar 3.3 Rancangan garis kapal model



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 lsitrik 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 Alat Pengukur Waktu (*Stop watch*)

Saat pengujian diperlukan alat pengukur waktu yang digunakan ketika kapal model yang sedang ditarik berada pada area jarak tempuh kapal yang ditentukan secara konstan yaitu 3,4 m.

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 intrepretasikan 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 $1,94^{\circ}$
2. Uji tarik kapal model pada *draft* 75% dengan sudut trim $1,94^{\circ}$
3. Uji tarik kapal model pada *draft* 100% dengan sudut trim $1,94^{\circ}$

Pada masing-masing variasi di atas kapal ditarik dengan besar voltase yang divariasikan sehingga tercapai bilangan Froude yang diinginkan.

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

1. Load cell ditempelkan diatas anjungan 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 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 voltasenya dengan menggunakan AC voltage regulator. Setelah kapal model melewati batas jarak tertentu yang konstan, pengukur waktu (*stop watch*) dan motor listrik dimatikan sehingga memperoleh variasi waktu untuk memperoleh variasi kecepatan kapal.
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.

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan pengolahan data berdasarkan hasil pengujian uji tarik pada kapal model, melalui data tersebut akan diperoleh nilai hambatan total kapal model dan variasi waktu pada masing-masing variasi draft yang dilakukan lalu kemudian akan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapat guna merumuskan kesimpulan.

4.1 Perhitungan Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T) terhadap Angka Froude (FN)

Dari data hasil percobaan uji tarik kapal model dengan variasi draft ini diperoleh nilai gaya tarik (F) dan waktu tempuh yang nantinya dapat diketahui kecepatannya untuk kapal model. Besarnya nilai gaya tarik untuk kapal model sesuai dengan yang tertulis dalam Landasan Teori sebelumnya, bahwa gaya (F) secara numerik sama dengan hambatan yang dihasilkan oleh perpindahan pelat dan dapat dijelaskan dengan menganggap bahwa diseluruh fluida yang bergerak terdapat tegangan tangensial yang melawan perubahan bentuk yang terjadi. Maka, dalam hal ini nilai gaya tarik yang diperoleh saat pengujian merupakan nilai hambatan total kapal model. Sedangkan, besarnya kecepatan kapal model (V_m) tersebut dapat dihitung menggunakan perubahan jarak (s) yang ditempuh per satuan waktu (t) .

$$Vm = \frac{s}{t} \quad \dots \dots \dots \quad (4.1)$$

dimana :

V_m = Kecepatan kapal model (meter/detik)

s = Jarak tempuh kapal model (meter)

t = Waktu tempuh kapal model (detik)

Setelah memperoleh data kecepatan kapal model dan gaya tarik kapal model yang merupakan hambatan total kapal model lalu buat angka Froude dari

0,10 sampai dengan 0,35, kemudian menentukan nilai C_T dengan menggunakan rumus :

dimana :

R_{TM} = hambatan total kapal model (kg)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

V = kecepatan kapal model (meter/detik)

S = luas permukaan (m²)

Perhitungan nilai C_T ini pada awalnya ditujukan untuk melihat kenaikan nilai C_T terhadap angka Froude yang nantinya akan dibandingkan dengan kurva koefisien tahanan untuk model sebagai fungsi angka Froude sehingga angka Froude yang dikatakan ideal dapat terbuktikan.

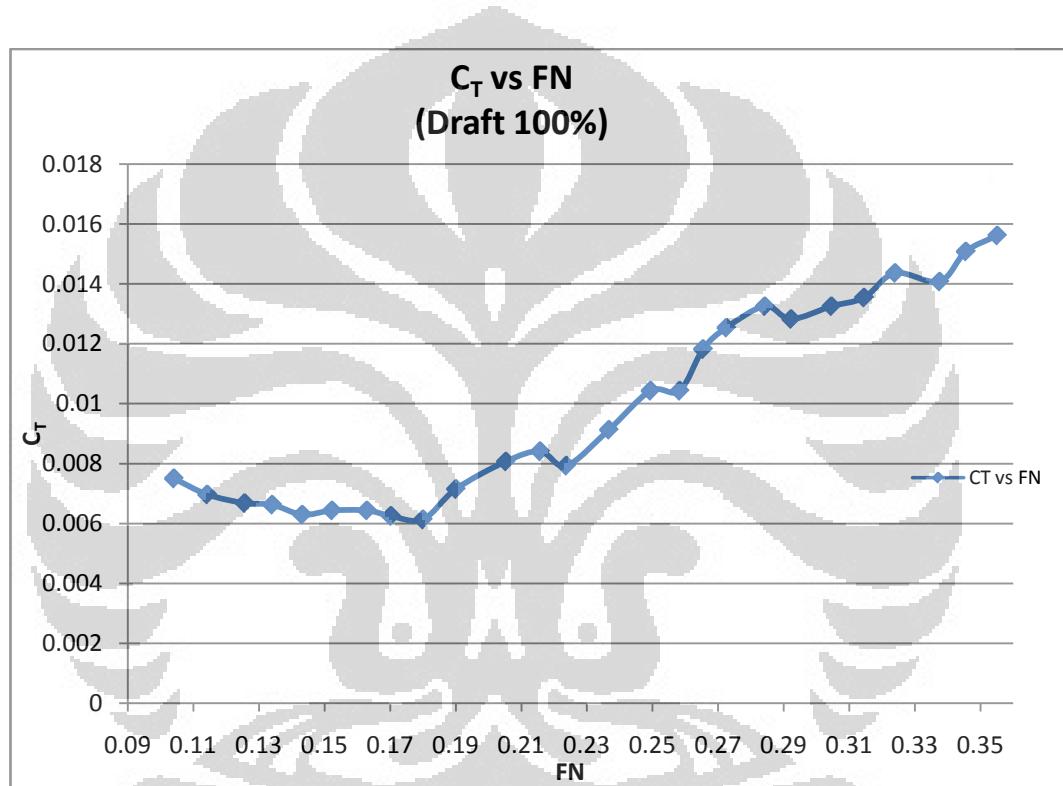
Berikut ini merupakan hasil perhitungan nilai C_T terhadap variasi draft yang diujikan :

Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai C_T terhadap Angka Froude pada setiap Draft (T)

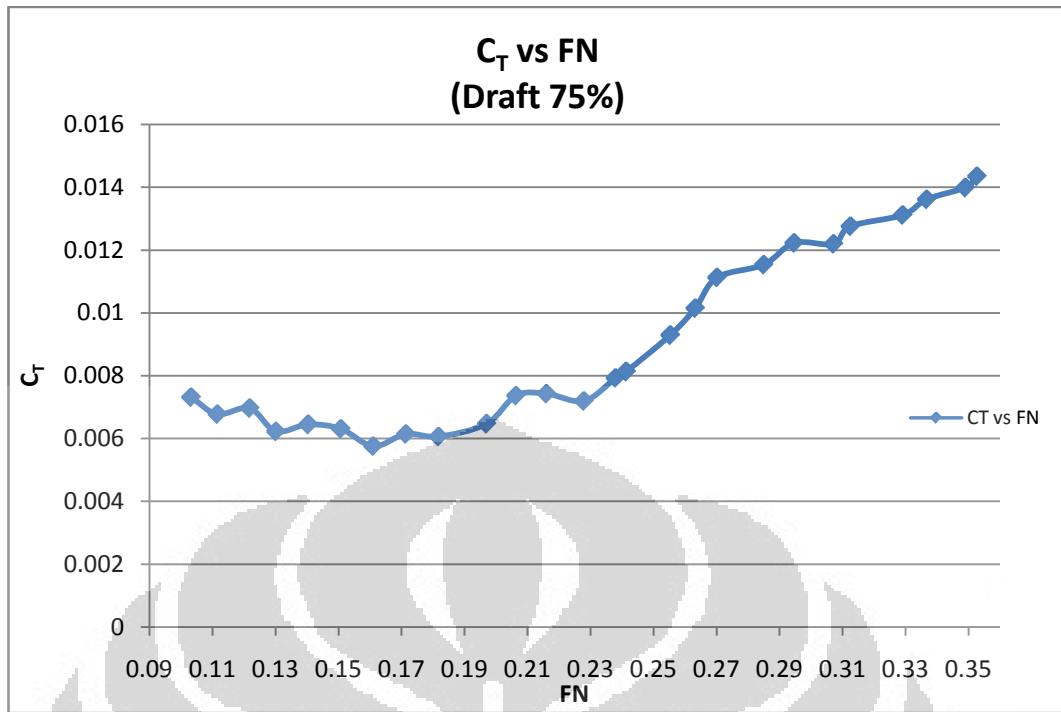
FN	C _T (T 100%)	C _T (T 75%)	C _T (T 50%)
0,104	0,0075	0,00732	0,00726
0,114	0,00697	0,00678	0,00673
0,124	0,00668	0,00697	0,00665
0,134	0,00663	0,00623	0,00658
0,143	0,0063	0,00645	0,00664
0,152	0,00644	0,006312	0,00631
0,163	0,00644	0,00576	0,00647
0,17	0,00625	0,00615	0,00644
0,18	0,00613337	0,0060675	0,00622
0,194	0,00715	0,00647	0,00621
0,203	0,00807	0,00737	0,00717
0,214	0,00841	0,00743	0,00671
0,224	0,00793	0,0072	0,00711
0,234	0,00913	0,00793	0,00799
0,243	0,01043	0,00813	0,00829
0,253	0,01043	0,00929	0,0082
0,263	0,01182	0,01015	0,00922
0,273	0,01254	0,01113	0,01041
0,284	0,01326	0,01154	0,01087

0,292	0,01283	0,01223	0,01134
0,304	0,01326	0,0122	0,01173
0,313	0,01355	0,01276	0,01173
0,324	0,01437	0,01312	0,01194
0,332	0,01408	0,01362	0,01252
0,344	0,01509	0,01399	0,01236
0,353	0,01562	0,01435	0,0125

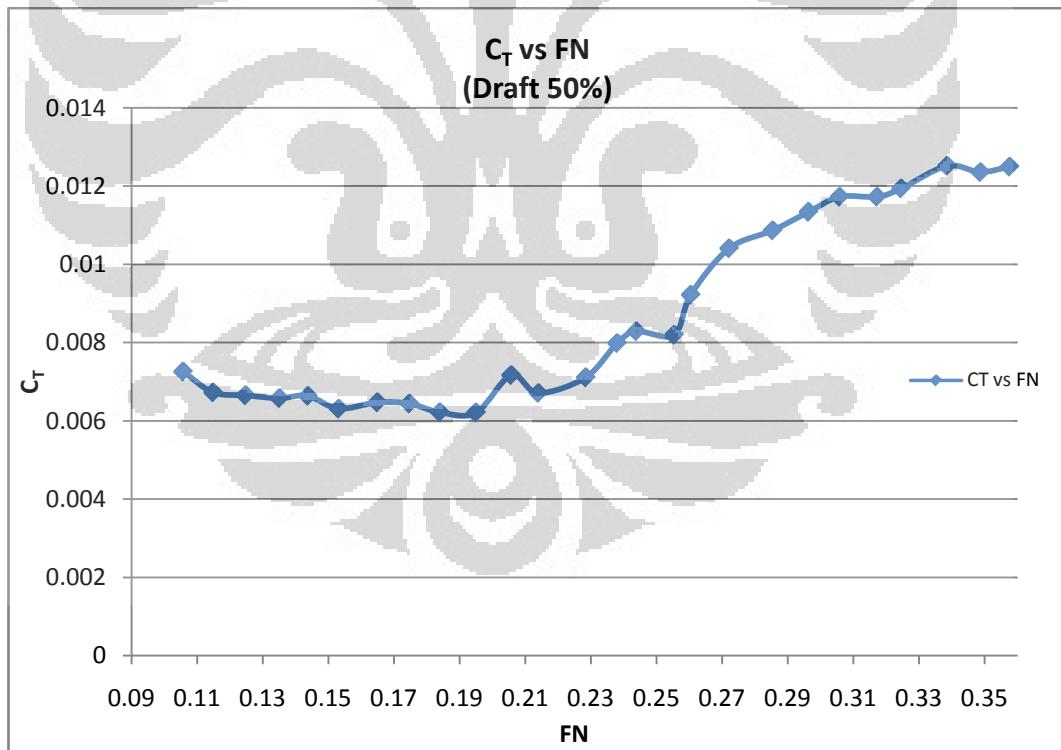
Dari perhitungan pada tabel diatas maka diperoleh bentuk grafik berikut :



Gambar 4.1 Grafik nilai C_T terhadap FN pada Draft 100%



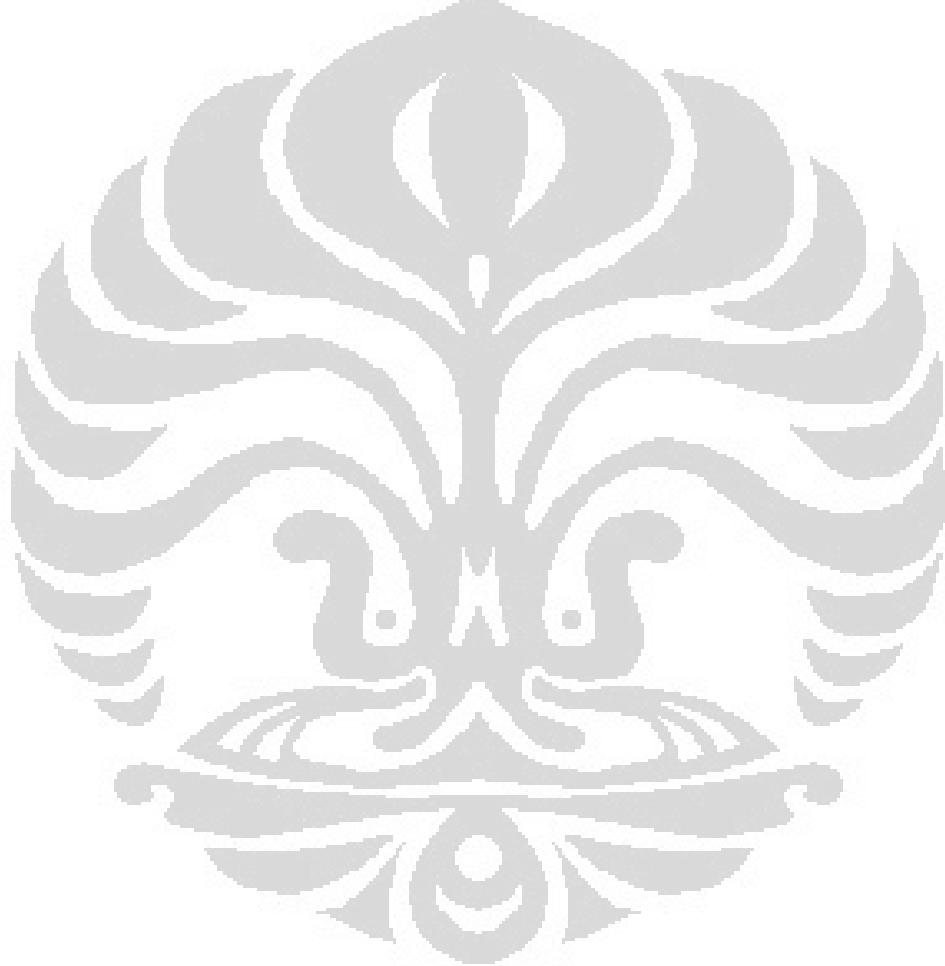
Gambar 4.2 Grafik nilai C_T terhadap FN pada Draft 75%



Gambar 4.3 Grafik nilai C_T terhadap FN pada Draft 50%

Analisis Grafik

Berdasarkan grafik nilai C_T terhadap FN pada setiap kondisi draft dapat dilakukan analisa diantaranya, pertama, dilihat dari grafik menjelaskan bahwa pada saat nilai FN berada pada 0,10 – 0,18 kurva terlihat landai atau naik turun dengan kenaikan yang tidak signifikan, begitu juga pada titik 0,20 – 0,23 dan 0,30 – 0,35. Namun, pada saat titik dari 0,18 ke 0,19, 0,23 ke 0,24 dan seterusnya mengalami lonjakan kenaikan nilai C_T . Kondisi ini dapat dibandingkan dengan kurva koefisien hambatan untuk model dibawah ini.



Gambar 4.4 Kurva koefisien tahanan untuk model 1290B sebagai fungsi angka Froude

Kurva tersebut memperlihatkan adanya kesamaan kondisi kurva nilai C_T terhadap FN pada setiap angka Froude yang dikatakan ideal yaitu antara 0,10 – 0,18, 0,20 –

0,23, dan 0,30 – 0,35. Hal ini membuktikan angka Froude dengan rentang tersebut memang dapat dikatakan ideal karena bentuk kurva yang landai atau tidak mengalami lonjakan kenaikan pada titik-titik tersebut.

Selain itu, dilihat dari variasi draft yang diujikan grafik menunjukkan semakin tinggi prosentase draft, maka semakin tinggi nilai C_T -nya. Dalam hal ini, terlihat adanya pengaruh banyaknya bobot/muatan yang diangkut oleh kapal mempengaruhi besarnya nilai C_T .

4.2 Perhitungan nilai Hambatan Total (RTs) dan Kecepatan (Vs) Kapal Sebenarnya

Menghitung nilai hambatan total kapal sebenarnya yang didalamnya terdapat nilai hambatan gesek dan nilai hambatan sisa kapal sebenarnya dilakukan dengan menggunakan faktor skala kapal terhadap nilai hambatan kapal model. Maka, perhitungan untuk nilai hambatan kapal model sebagai berikut :

$$R_{TM} = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \quad \dots \dots \dots \quad (4.3)$$

Nilai luas permukaan basah (S) dihitung berdasarkan rumus yang berlaku untuk kapal niaga yang normal versi rumus Mumford berikut :

$$S = 1,025Lpp(CbB + 1,7T) \quad \dots \dots \dots \quad (4.4)$$

Kemudian, nilai hambatan gesek kapal model digunakan rumus berikut :

$$R_{FM} = \frac{1}{2} \cdot C_F \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \quad \dots \dots \dots \quad (4.5)$$

Untuk nilai koefisien hambatan gesek di hitung dengan rumus ITTC tahun 1957 :

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \quad \dots \dots \dots \quad (4.6)$$

dimana, Re = bilangan Reynolds

Berikutnya, untuk menghitung nilai hambatan sisa kapal model dengan menghitung selisih antara nilai hambatan total dengan nilai hambatan gesek.

Perhitungan diatas ditujukan untuk menghitung nilai hambatan total, hambatan gesek, dan hambatan sisa kapal sebenarnya atau skala penuh melalui konversi dengan menggunakan aplikasi prinsip hukum kesamaan Froude. Sebelum hal tersebut, lakukan variasi kecepatan kapal model dengan menemukan angka Froude ideal melalui rumus angka Froude. Nilai kecepatan kapal ukuran sebenarnya dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

maka, $V_s = V_m * \lambda^{1/2}$

dimana :

V_s = Kecepatan kapal sebenarnya (meter/detik)

V_m = Kecepatan kapal model (meter/detik)

λ = faktor skala kapal

Selanjutnya, untuk menghitung nilai hambatan total kapal ukuran sebenarnya menggunakan rumus berikut :

$$\frac{R_{TS}}{R_{TM}} = \lambda^3 \quad \dots \dots \dots \quad (4.8)$$

maka, nilai dari $R_{TS} = R_{TM} * \lambda^3$

dimana :

R_{TS} = nilai hambatan total kapal ukuran sebenarnya (kg)

R_{TM} = nilai hambatan gesek kapal model (kg)

λ = faktor skala kapal

Rumus diatas berlaku juga ketika menghitung nilai hambatan gesek kapal ukuran sebenarnya. Sedangkan, nilai hambatan sisa kapal ukuran sebenarnya dihitung dengan selisih diantara nilai hambatan total dengan nilai hambatan gesek kapal ukuran sebenarnya.

Berikut ini merupakan hasil perhitungan dari konversi kecepatan dan hambatan kapal model ke ukuran yang sebenarnya atau skala penuh :

- *Draft (T) 100%*

Tabel 4.2 Hasil perhitungan konversi kecepatan dan hambatan kapal model ke skala penuh pada draft 100%

Vm (m/s)	Angka froude	Vs (m/s)	RTm (kg)	RTs (kg)	RFm (kg)	RFs (kg)	RRm (kg)	RRs (kg)
0,50687	0,10403	4,24082	0,111312001	38180,016	0,063551174	21798,0527	0,047761	16381,96
0,55667	0,11425	4,657442	0,124769583	42795,967	0,075181876	25787,3834	0,049588	17008,58
0,61192	0,12559	5,119721	0,144494099	49561,476	0,089105416	30563,1576	0,055389	18998,32
0,65314	0,13405	5,464596	0,16338444	56040,863	0,100180553	34361,9297	0,063204	21678,93
0,69792	0,14324	5,839229	0,177268962	60803,254	0,112868924	38714,0408	0,0644	22089,21
0,74216	0,15232	6,209379	0,204910049	70284,147	0,126070721	43242,2573	0,078839	27041,89
0,79391	0,16294	6,642307	0,234479468	80426,458	0,142341549	48823,1513	0,092138	31603,31

0,82962	0,17027	6,941117	0,248496238	85234,21	0,154088785	52852,4533	0,094407	32381,76
0,87703	0,18	7,337764	0,272525742	93476,33	0,170328589	58422,706	0,102197	35053,62
0,92575	0,19	7,745417	0,353978409	121414,59	0,187780709	64408,7831	0,166198	57005,81
1,00001	0,20524	8,366681	0,466187984	159902,48	0,215847514	74035,6974	0,25034	85866,78
1,05083	0,21567	8,791864	0,536462045	184006,48	0,236068969	80971,6563	0,300393	103034,8
1,09	0,22371	9,119617	0,544261371	186681,65	0,252213686	86509,2943	0,292048	100172,4
1,1533	0,2367	9,649159	0,701505083	240616,24	0,279314922	95805,0183	0,42219	144811,2
1,21513	0,24939	10,16647	0,889622806	305140,62	0,30699358	105298,798	0,582629	199841,8
1,2582	0,25823	10,52684	0,953808586	327156,35	0,326972267	112151,488	0,626836	215004,9
1,29328	0,26543	10,82035	1,142039222	391719,45	0,343665117	117877,135	0,798374	273842,3
1,32773	0,2725	11,10856	1,277009354	438014,21	0,360422284	123624,844	0,916587	314389,4
1,38468	0,28419	11,58511	1,468671397	503754,29	0,388920586	133399,761	1,079751	370354,5
1,42376	0,29221	11,91204	1,502381868	515316,98	0,409039212	140300,45	1,093343	375016,5
1,48364	0,3045	12,41305	1,686093471	578330,06	0,440759742	151180,591	1,245334	427149,5
1,53237	0,3145	12,8207	1,837994144	630431,99	0,467360618	160304,692	1,370634	470127,3
1,57861	0,32399	13,20757	2,068633286	709541,22	0,493257532	169187,334	1,575376	540353,9
1,64448	0,33751	13,75871	2,199578538	754455,44	0,53124362	182216,562	1,668335	572238,9
1,6837	0,34556	14,08688	2,471153363	847605,6	0,554467499	190182,352	1,916686	657423,3
1,72994	0,35505	14,47374	2,700371975	926227,59	0,582424279	199771,528	2,117948	726456,1

- *Draft (T) 75%*

Tabel 4.3 Hasil perhitungan konversi kecepatan dan hambatan kapal model ke skala penuh pada draft 75%

Vm (m/s)	Angka froude	Vs (m/s)	RTm (kg)	RTs (kg)	RFm (kg)	RFs (kg)	RRm (kg)	RRs (kg)
0,49999	0,10326	4,183257	0,093239671	31981,207	0,054839294	18809,8779	0,0384	13171,33
0,53999	0,11152	4,517886	0,100730415	34550,532	0,062951458	21592,3502	0,037779	12958,18
0,59001	0,12185	4,936373	0,12362584	42403,663	0,073798005	25312,7157	0,049828	17090,95
0,63001	0,13011	5,271002	0,125989633	43214,444	0,083024605	28477,4395	0,042965	14737
0,68002	0,14044	5,689489	0,151973115	52126,778	0,095246783	32669,6466	0,056726	19457,13
0,72999	0,15076	6,107572	0,171381783	58783,952	0,108206426	37114,804	0,063175	21669,15
0,78001	0,16109	6,52606	0,178560361	61246,204	0,121919765	41818,4793	0,056641	19427,72
0,82998	0,17141	6,944143	0,215860329	74040,093	0,136352106	46768,7722	0,079508	27271,32
0,88	0,18174	7,36263	0,239407747	82116,857	0,151523891	51972,6945	0,087884	30144,16
0,95389	0,197	7,980842	0,299959169	102886	0,175249785	60110,6763	0,124709	42775,32
0,99907	0,20633	8,358818	0,374815596	128561,75	0,190519693	65348,2545	0,184296	63213,49
1,04584	0,21599	8,750163	0,414077385	142028,54	0,206934767	70978,6249	0,207143	71049,92
1,10371	0,22794	9,23428	0,44688831	153282,69	0,228086248	78233,5832	0,218802	75049,11
1,15242	0,238	9,641829	0,536602277	184054,58	0,246611426	84587,719	0,289991	99466,86
1,16874	0,24137	9,778354	0,565825526	194078,16	0,252963271	86766,4018	0,312862	107311,8
1,23653	0,25537	10,34552	0,723737168	248241,85	0,280130935	96084,9108	0,443606	152156,9

1,27473	0,26326	10,66516	0,840351937	288240,71	0,295992956	101525,584	0,544359	186715,1
1,30829	0,27019	10,94591	0,970642083	332930,23	0,310250749	106416,007	0,660391	226514,2
1,38005	0,28501	11,54629	1,119828238	384101,09	0,341757825	117222,934	0,77807	266878,2
1,42677	0,29466	11,93723	1,268510994	435099,27	0,363013689	124513,695	0,905497	310585,6
1,48735	0,30717	12,44404	1,375127083	471668,59	0,391432246	134261,261	0,983695	337407,3
1,51349	0,31257	12,6628	1,489260495	510816,35	0,403998872	138571,613	1,085262	372244,7
1,59378	0,32915	13,33449	1,698036273	582426,44	0,443705491	152190,983	1,254331	430235,5
1,63048	0,33673	13,64157	1,844871567	632790,95	0,462419774	158609,983	1,382452	474181
1,68999	0,34902	14,13946	2,035840512	698293,3	0,493506787	169272,828	1,542334	529020,5
1,70771	0,35268	14,28773	2,132254182	731363,18	0,502941858	172509,057	1,629312	558854,1

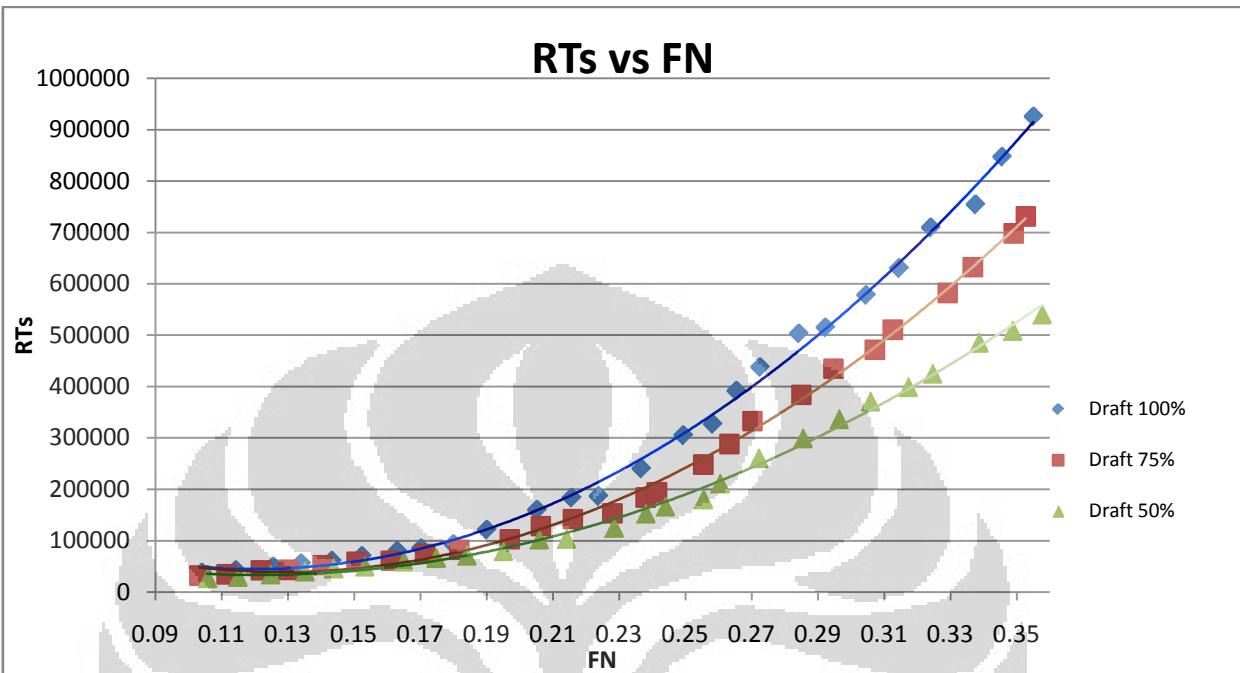
- *Draft (T) 50%*

Tabel 4.4 Hasil perhitungan konversi kecepatan dan hambatan kapal model ke skala penuh pada draft 50%

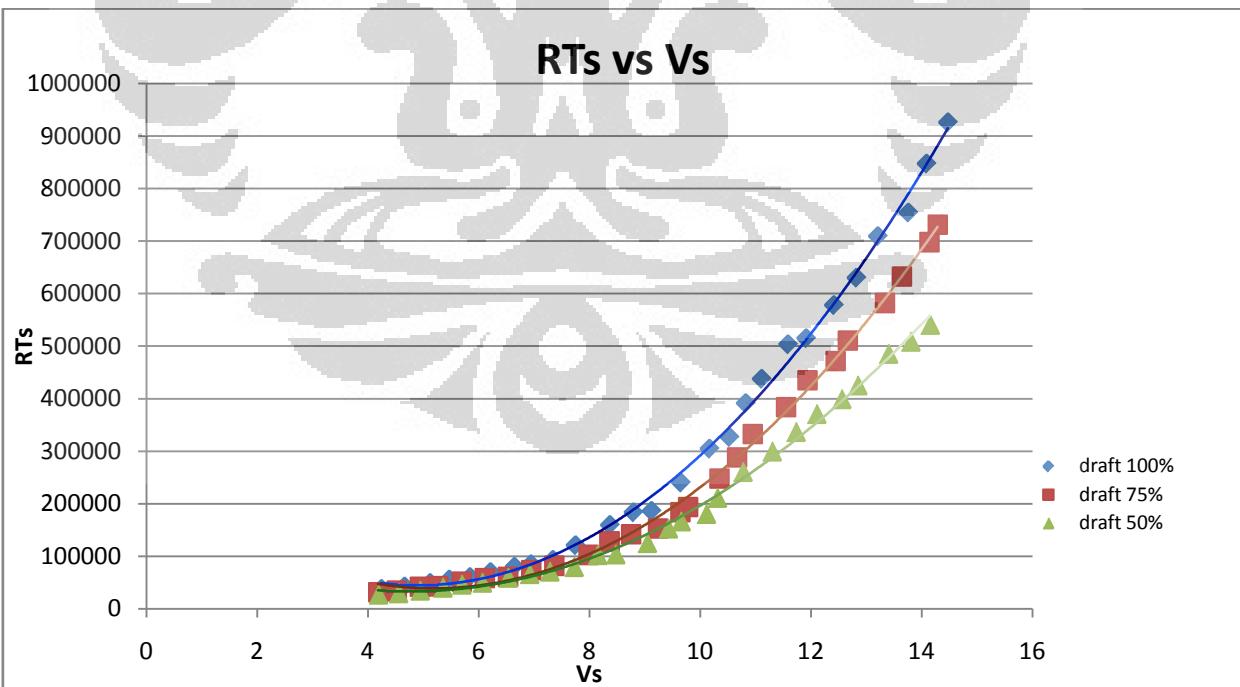
Vm (m/s)	Angka froude	Vs (m/s)	RTm (kg)	RTs (kg)	RFm (kg)	RFs (kg)	RRm (kg)	RRs (kg)
0,49999	0,10572	4,183195	0,08010362	27475,542	0,047972024	16454,4044	0,032132	11021,14
0,54321	0,11486	4,544852	0,0876504	30064,087	0,055656084	19090,0367	0,031994	10974,05
0,58999	0,12475	4,936186	0,10216543	35042,742	0,06454318	22138,3106	0,037622	12904,43
0,63898	0,13511	5,346117	0,118577447	40672,064	0,074481905	25547,2935	0,044096	15124,77
0,67999	0,14378	5,689177	0,135508411	46479,385	0,083288022	28567,7916	0,05222	17911,59
0,72411	0,15311	6,058352	0,146028521	50087,783	0,093256213	31986,8811	0,052772	18100,9
0,78001	0,16493	6,526053	0,173741998	59593,505	0,10660851	36566,7191	0,067133	23026,79
0,82631	0,17472	6,91343	0,194076219	66568,143	0,118273544	40567,8257	0,075803	26000,32
0,86978	0,18391	7,277066	0,20768364	71235,488	0,129718172	44493,333	0,077965	26742,16
0,92222	0,195	7,715882	0,233110607	79956,938	0,144160676	49447,1118	0,08895	30509,83
0,97306	0,20575	8,141244	0,299640185	102776,58	0,158813962	54473,1888	0,140826	48303,39
1,01194	0,21397	8,466498	0,303270039	104021,62	0,170449117	58464,0471	0,132821	45557,58
1,08028	0,22842	9,038265	0,366217479	125612,6	0,191799234	65787,1373	0,174418	59825,46
1,12559	0,238	9,417332	0,446788418	153248,43	0,206578948	70856,579	0,240209	82391,85
1,15311	0,24382	9,647622	0,486512942	166873,94	0,215799529	74019,2384	0,270713	92854,7
1,20774	0,25537	10,10464	0,527903837	181071,02	0,234635814	80480,0842	0,293268	100590,9
1,23152	0,2604	10,30367	0,617183197	211693,84	0,243061416	83370,0656	0,374122	128323,8
1,28681	0,27209	10,76623	0,760811562	260958,37	0,263161248	90264,3081	0,49765	170694,1
1,34981	0,28541	11,29328	0,874116118	299821,83	0,286941744	98421,0181	0,587174	201400,8
1,40126	0,29629	11,72379	0,982761774	337087,29	0,307055252	105319,951	0,675707	231767,3
1,446	0,30575	12,09811	1,082510598	371301,13	0,325044209	111490,164	0,757466	259811
1,50001	0,31717	12,54998	1,164886011	399555,9	0,347377104	119150,347	0,817509	280405,6
1,53463	0,32449	12,83962	1,241103999	425698,67	0,362045218	124181,51	0,879059	301517,2
1,60103	0,33853	13,39517	1,416445485	485840,8	0,390947056	134094,84	1,025498	351746
1,64917	0,34871	13,79797	1,483708169	508911,9	0,412531138	141498,18	1,071177	367413,7

1,69089	0,35753	14,14697	1,577379542	541041,18	0,431656488	148058,175	1,145723	392983
---------	---------	----------	-------------	-----------	-------------	------------	----------	--------

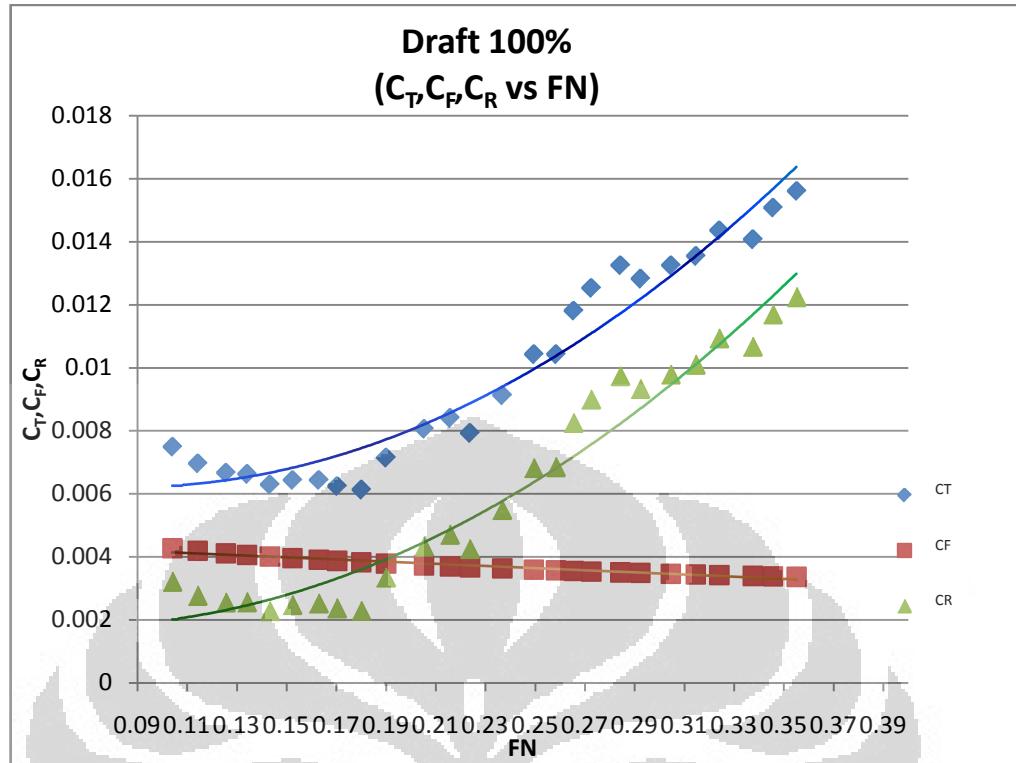
Dari perhitungan pada tabel diatas maka diperoleh bentuk grafik berikut :



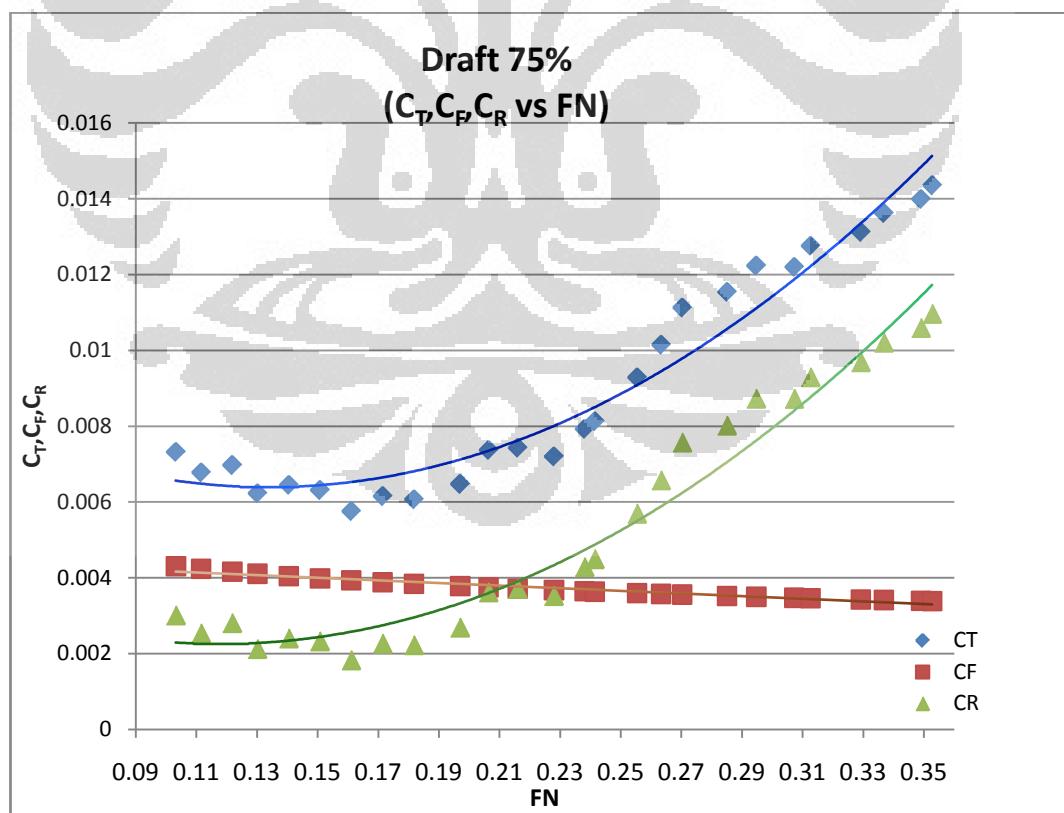
Gambar 4.5 Grafik nilai RTs terhadap FN



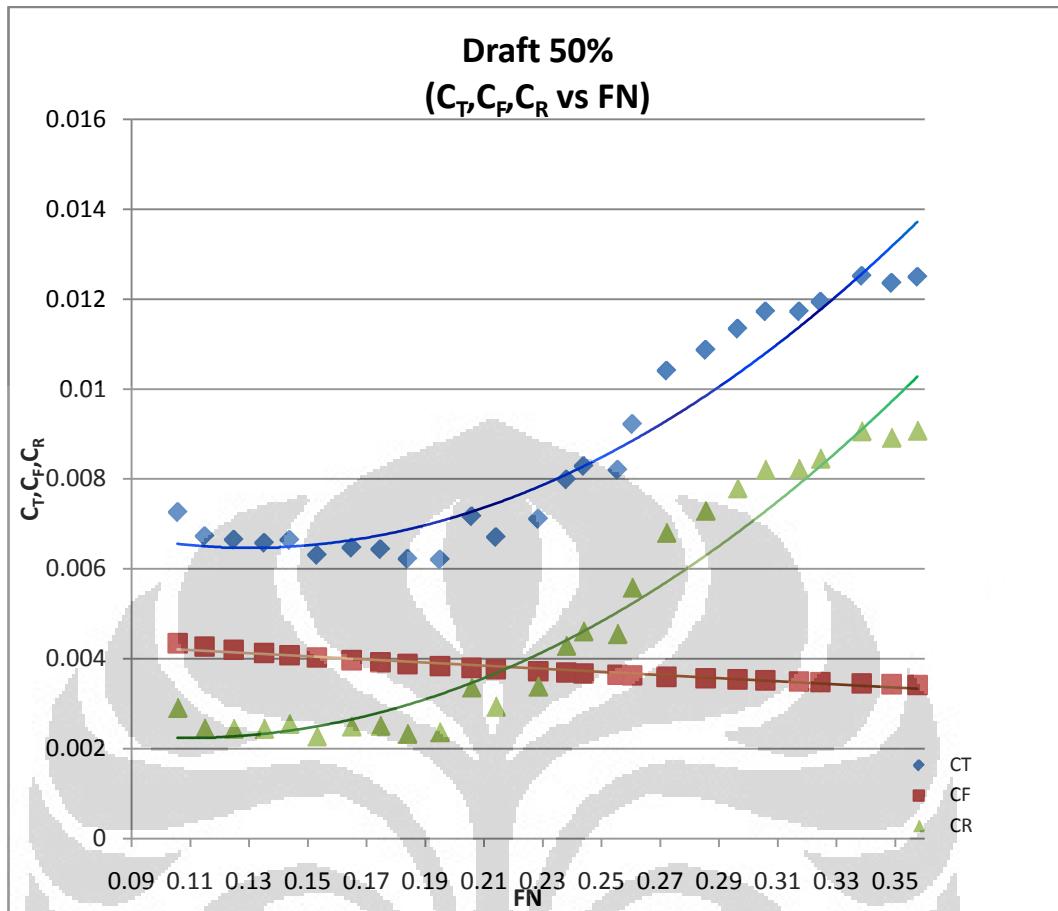
Gambar 4.6 Grafik nilai RTs terhadap Vs



Gambar 4.7 Grafik nilai C_T, C_F, C_R terhadap FN pada draft 100%



Gambar 4.8 Grafik nilai C_T, C_F, C_R terhadap FN pada draft 75%



Gambar 4.9 Grafik nilai C_T, C_F, C_R terhadap FN pada draft 50%

Analisis Grafik

Berdasarkan grafik nilai RTs terhadap FN menggambarkan bahwa semakin tinggi Angka froude menyebabkan semakin tinggi pula nilai hambatan totalnya. Dari grafik menunjukkan angka froude antara 0,10 – 0,18 dan 0,20 – 0,23 memiliki nilai hambatan total yang kecil yaitu dibawah 4×10^5 daripada angka froude ideal antara 0,30 – 0,35 yaitu diatas 4×10^5 . Berdasarkan grafik juga terlihat nilai hambatan total yang paling tinggi dicapai pada draft maksimum (100%) dibandingkan pada draft 75% dan 50%. Oleh karena itu, terlihat jumlah muatan/bobot yang diangkut kapal yang menyebabkan tingginya draft mengakibatkan tingginya nilai hambatan total sehingga angka Froude antara 0,10 – 0,18 dan 0,20 – 0,23 direkomendasikan sebagai rentang nilai hambatan total yang optimal.

Merujuk grafik nilai RTs terhadap Vs dapat dilihat pada setiap variasi draft nilai hambatan total kapal berbanding lurus secara eksponensial terhadap kecepatan kapal. Kapal yang bergerak semakin cepat akan mendapatkan gaya hambat yang semakin besar pula sehingga berarti komponen kecepatan sangat berpengaruh terhadap nilai hambatan total kapal.

Mengamati grafik nilai C_T , C_F , C_R terhadap FN memberikan penjelasan antara lain, pertama, nilai koefisien hambatan gesek kapal (C_F) berpotongan dengan hambatan sisa sekitar angka Froude 0,18. Kemungkinan faktor penyebab hal ini diantaranya gelombang yang terbentuk oleh kapal mulai lebih besar daripada hambatan gesek kapal. Selain itu, karena kapal model pengujian ini merupakan kapal muatan curah, grafik nilai C_F memperlihatkan bahwa pada umumnya kapal muatan curah dengan panjang lebih dari 100 m dioperasikan pada angka Froude antara 0,10 - 0,18 sehingga hambatan gesek kapal muatan curah lebih besar daripada hambatan sisanya. Kedua, komponen hambatan sisa memberikan kontribusi terbesar terhadap hambatan total yang terjadi bila dibandingkan dengan hambatan gesek karena hambatan sisa menjadi lebih besar daripada hambatan gesek setelah angka Froude diatas 0,18. Fenomena ini terjadi karena hambatan sisa merupakan komponen hambatan yang terdiri dari hambatan bentuk, hambatan gelombang, hambatan udara, dan lain-lain.

4.3 Perhitungan Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T), Koefisien Hambatan Gesek (C_F) dan Koefisien Hambatan Sisa (C_R) dengan Bilangan Reynolds (Re)

Perhitungan nilai koefisien hambatan total (C_T) dapat melihat perhitungan sebelumnya yaitu saat menghitung konversi nilai hambatan total kapal model ke nilai hambatan total (RTs) kapal skala penuh. Sedangkan nilai Reynolds dibutuhkan untuk mengetahui jenis aliran yang terjadi pada masing-masing kecepatan kapal model pada saat diuji tarik. Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Re = \frac{V_L}{\vartheta} \quad \dots \dots \dots \quad (4.9)$$

dimana :

V = kecepatan kapal model

L = panjang kapal model

ϑ = viskositas kinematik air tawar pada suhu pengujian $0,8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

nilai ϑ berdasarkan pada tabel C3. (Sv. Aa. Harvald, hal 341)

Berikut merupakan hasil perhitungan nilai koefisien hambatan dengan Re :

- *Draft (T) 100%*

Tabel 4.5 Hasil perhitungan nilai C_T , C_F , C_R dengan Re draft 100%

Re	C_T	C_F	C_R
1531554,427	0,0075	0,00428196	0,00321804
1682015,7	0,00697	0,00419988	0,00277012
1848965,88	0,00668	0,00411937	0,00256063
1973516,014	0,00663	0,00406524	0,00256476
2108813,382	0,0063	0,00401127	0,00228873
2242491,303	0,00644	0,0039622	0,0024778
2398841,472	0,00644	0,00390942	0,00253058
2506755,477	0,00625	0,00387553	0,00237447
2650002,853	0,0061334	0,00383335	0,00230001
2797225,234	0,00715	0,00379298	0,00335702
3021592,142	0,00807	0,00373645	0,00433355
3175145,085	0,00841	0,0037008	0,0047092
3293511,88	0,00793	0,00367481	0,00425519
3484753,752	0,00913	0,00363525	0,00549475
3671578,953	0,01043	0,00359921	0,00683079
3801723,538	0,01043	0,00357548	0,00685452
3907723,652	0,01182	0,0035569	0,0082631
4011809,875	0,01254	0,00353928	0,00900072
4183912,838	0,01326	0,0035114	0,0097486
4301985,188	0,01283	0,0034931	0,0093369
4482921,494	0,01326	0,00346628	0,00979372
4630143,874	0,01355	0,00344546	0,01010454
4769857,914	0,01437	0,00342647	0,01094353
4968902,572	0,01408	0,00340061	0,01067939
5087416,589	0,01509	0,00338583	0,01170417
5227130,628	0,01562	0,00336897	0,01225103

- *Draft (T) 75%*

Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai C_T , C_F , C_R dengan Re draft 75%

Re	C_T	C_F	C_R

1492037,572	0,00732	0,00430529	0,00301471
1611389,019	0,00678	0,00423716	0,00254284
1760650,573	0,00697	0,00416072	0,00280928
1880002,019	0,00623	0,00410544	0,00212456
2029263,574	0,00645	0,00404244	0,00240756
2178380,635	0,006312	0,00398525	0,00232675
2327642,19	0,00576	0,00393289	0,00182711
2476759,251	0,00615	0,00388476	0,00226524
2626020,806	0,0060675	0,00384021	0,00222732
2846517,545	0,00647	0,00378007	0,00268993
2981329,772	0,00737	0,00374619	0,00362381
3120910,277	0,00743	0,00371314	0,00371686
3293579,743	0,0072	0,00367479	0,00352521
3438939,979	0,00793	0,00364447	0,00428553
3487634,213	0,00813	0,00363467	0,00449533
3689924,8	0,00929	0,0035958	0,0056942
3803929,995	0,01015	0,00357508	0,00657492
3904063,835	0,01113	0,00355753	0,00757247
4118202,871	0,01154	0,00352187	0,00801813
4257638,883	0,01223	0,0034999	0,0087301
4438399,972	0,0122	0,00347275	0,00872725
4516426,341	0,01276	0,00346147	0,00929853
4755996,193	0,01312	0,00342832	0,00969168
4865522,097	0,01362	0,00341387	0,01020613
5043104,333	0,01399	0,00339131	0,01059869
5095988,873	0,01435	0,00338478	0,01096522

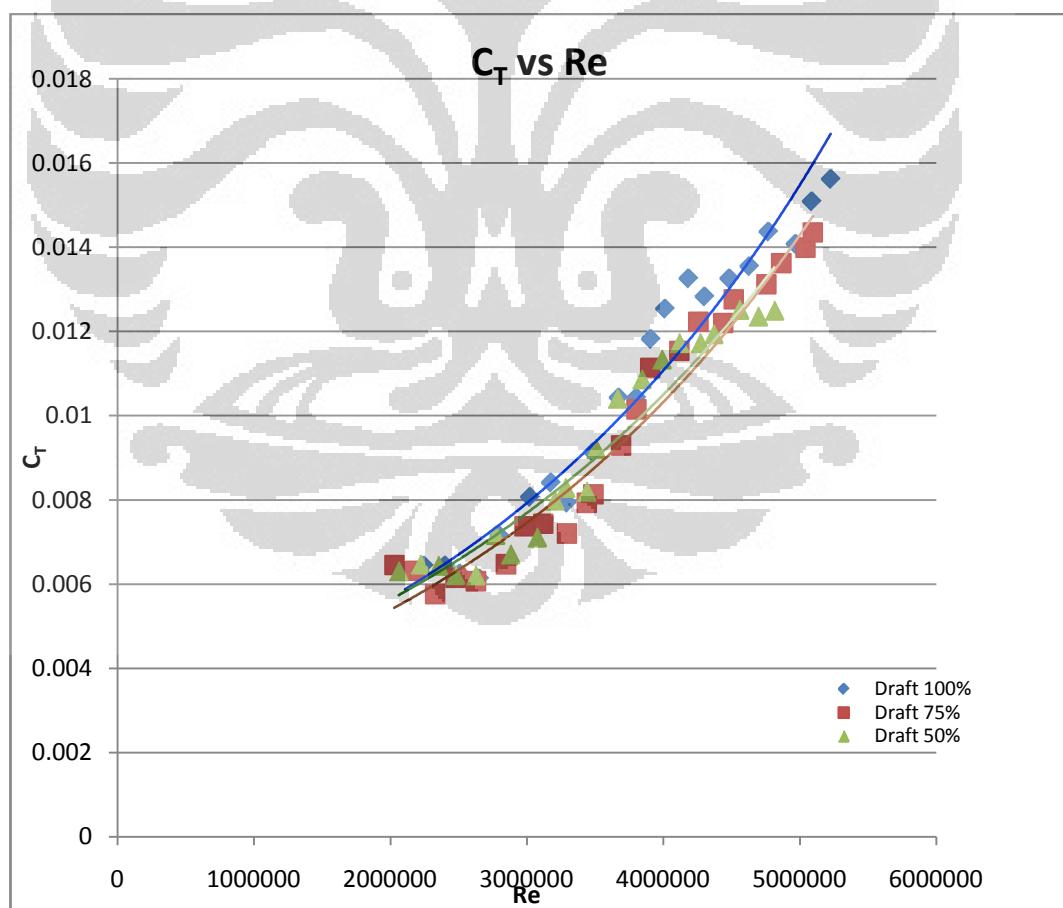
- *Draft (T) 50%*

Tabel 4.7 Hasil perhitungan nilai C_T , C_F , C_R dengan Re draft 50%

Re	C_T	C_F	C_R
1423345,106	0,00726	0,00434783	0,00291217
1546400,103	0,00673	0,0042734	0,0024566
1679552,61	0,00665	0,00420115	0,00244885
1819032,891	0,00658	0,00413309	0,00244691
1935760,115	0,00664	0,00408117	0,00255883
2061373,148	0,00631	0,00402967	0,00228033
2220509,916	0,00647	0,00397001	0,00249999
2352316,089	0,00644	0,00392465	0,00251535
2476044,253	0,00622	0,00388498	0,00233502
2625352,778	0,00621	0,0038404	0,0023696

2770083,764	0,00717	0,00380021	0,00336979
2880752,481	0,00671	0,00377127	0,00293873
3075297,854	0,00711	0,00372372	0,00338628
3204276,724	0,00799	0,00369429	0,00429571
3282633,407	0,00829	0,00367714	0,00461286
3438135,071	0,0082	0,00364463	0,00455537
3505855,71	0,00922	0,00363106	0,00558894
3663242,243	0,01041	0,00360077	0,00680923
3842574,033	0,01087	0,00356824	0,00730176
3989055,254	0,01134	0,00354308	0,00779692
4116418,522	0,01173	0,00352215	0,00820785
4270169,952	0,01173	0,00349797	0,00823203
4368721,656	0,01194	0,00348304	0,00845696
4557747,056	0,01252	0,00345559	0,00906441
4694803,934	0,01236	0,00343658	0,00892342
4813550,66	0,0125	0,00342068	0,00907932

Dari perhitungan pada tabel diatas maka diperoleh bentuk grafik berikut :



Gambar 4.10 Grafik nilai C_T terhadap Re

Analisis Grafik

Berdasarkan grafik nilai C_T terhadap bilangan Reynolds (Re) di atas terlihat bahwa nilai C_T dan Re tertinggi tercapai pada draft maksimum (100%) sedangkan terendah pada draft 50% sehingga semakin tinggi draft maka semakin tinggi nilai C_T dan bilangan Reynoldsnya. Karena bilangan Reynolds (Re) merupakan fungsi dari kecepatan kapal sehingga grafik memiliki kesamaan dengan grafik nilai hambatan total (RTs) terhadap kecepatan kapal (Vs) skala penuh.

4.4 Analisis Percobaan dan Hasil Uji Tarik Kapal Model Menggunakan Variasi Draft

Dari hasil pengujian tarik kapal model dengan variasi draft ini terjadi peningkatan hambatan total pada draft maksimum (100%) sehingga dinyatakan semakin tinggi draft semakin besar nilai hambatan total kapalnya. Maka, dalam hal ini terlihat pengujian kapal model dengan variasi draft berpengaruh terhadap nilai hambatan total kapal sehingga pencarian nilai hambatan yang optimal memang perlu dilakukan terhadap kapal model ini. Variasi draft yang dilakukan terjadi karena adanya perbedaan beban angkut atau muatan yang diletakkan pada kapal model. Berarti dari sinilah diketahui bahwa muatan menjadi faktor terhadap nilai hambatan total dan kecepatan suatu kapal muatan curah. Oleh karena itu, dapat dilakukan analisis lebih dalam terhadap kapal ukuran sebenarnya dalam membawa jenis muatan yang cocok sehingga dapat memberikan keuntungan bagi kapal dalam hal nilai hambatan total yang optimal atau tidak terlalu besar. Misalnya, kapal dengan draft 50%, untuk memperoleh nilai hambatan total kapal tidak terlalu besar apabila diletakkan muatan yang bermassa ringan seperti beras, gula, dan gandum, muatan dapat dilakukan secara penuh. Lain halnya bila kapal dimuati dengan besi yang bermassa berat, untuk mencapai draft 50% muatan besi yang diletakkan kemungkinan tidak akan sepenuh muatan beras, gula, dan gandum. Tentunya peletakan muatan tersebut dilakukan dengan persebaran yang merata di seluruh ruang muat kapal. Jenis muatan inilah yang menjadi signifikansi variasi draft dalam upaya optimalisasi nilai hambatan total kapal.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian tarik kapal model serta analisis, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Angka Froude antara 0,10 – 0,18, 0,20 – 0,23 dan 0,30 – 0,35 merupakan angka Froude yang ideal.
- Adanya pengaruh bagi variasi draft yang dilakukan terhadap kecepatan dan nilai hambatan total kapal model. Pada draft 100% (maksimum) nilai hambatan total kapal model besar sedangkan kecepatan kapal lebih dibandingkan draft 50% dan 75%.
- Terdapat hubungan antara kecepatan kapal dengan besarnya hambatan total. Semakin besar kecepatan kapal maka semakin besar pula nilai hambatan totalnya.
- Pada angka Froude antara 0,10 – 0,18 dan 0,20 – 0,23 nilai hambatan total kapal muatan curah lebih kecil dibandingkan saat angka Froude diantara 0,30 – 0,35.
- Pada angka Froude antara 0,10 – 0,18 nilai hambatan gesek kapal muatan curah lebih besar dibandingkan nilai hambatan sisa. Sedangkan, diatas angka Froude 0,18 nilai hambatan gesek lebih kecil daripada nilai hambatan sisa kapal.
- Nilai hambatan sisa kapal muatan curah memberikan kontribusi lebih besar terhadap nilai hambatan total kapal.
- Hubungan antara bilangan Reynolds (Re) dengan nilai koefisien hambatan total (C_T) berbanding lurus. Semakin tinggi nilai koefisien Hambatan Total (C_T) maka semakin kecil bilangan Reynoldsnya (Re).
- Untuk memperoleh nilai hambatan total tidak terlalu besar diperlukan prosentase draft yang tidak maksimum, maka jenis muatan mempengaruhi hal ini supaya muatan yang diangkut kapal tetap terisi dengan penuh.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat dilakukan terhadap percobaan uji tarik kapal model ini kedepannya adalah sebagai berikut :

- Hasil dari percobaan uji tarik kapal model ini dapat dilanjutkan untuk dijadikan sebagai studi kelayakan kapal ukuran sebenarnya dengan menganalisa hal-hal yang lebih mendalam.
- Penggunaan alat pengukur yang standard dan telah dikalibrasi, terutama dalam hal penggunaan *load cell*. Sebaiknya sebelum penggunaan *load cell* terhadap percobaan, temukan tingkat kepresision dari alat tersebut dan ketahui lebih dalam mengenai alat tersebut.
- 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.
- Pastikan bahwa tempat percobaan memiliki kapasitas listrik yang cukup dan jarang terjadi padam listrik supaya tidak tertunda percobannya. Maka, bila memungkinkan usahakan membawa genset.
- Diperlukan jumlah personil yang lebih dalam percobaan ini supaya lebih efektif yaitu minimal 6 orang dimana satu orang sebagai pengamat terjemahan data *load cell* dalam komputer, satu orang pencatat stopwatch, satu orang pengontrol motor listrik, satu orang sebagai pemegang kabel *load cell*, satu orang sebagai penarik kapal saat kapal selesai ditarik dan satu orang lagi sebagai penjaga agar kapal tidak menabrak dinding kolam.

DAFTAR PUSTAKA

Djatmiko et.al. 1983. *Tahanan penggerak kapal*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Harvald, Sv.Aa.1992.*Tahanan dan Proporsi Kapal*. Airlangga University Press. Surabaya.

Hilmi.2009.*Simulasi Uji Tarik Kapal Model Untuk Mengetahui Hambatan Dan Daya Efektif Pada Kapal Sebenarnya*. FT, UI. Depok,

Saksono, Galih Arief. 2009. *Uji Tahanan Gerak Model Perahu Katir Pelabuhan Ratu*. IPB, Bogor.

Sastrodiwongso, Teguh.1998.*Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak*.

Smith, Munro R., 1967..*Applied Naval Architecture*, Longmans.

Talahatu MT, Ir. Marcus A., 1985. *Teori Merancang Kapal*. FT, UI. Jakarta.

Tahara Y, Stern F (1996) A large-domain approach for calculating ship boundary layers and wakes for nonzero Angka froude. J Comput Phys 127:398-411