



UNIVERSITAS INDONESIA

NILAI *FORM FACTOR* PADA KAPAL MODEL TIPE LAMBUNG U

SKRIPSI

ARIF NURROSYIDI

0706275265

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

NILAI *FORM FACTOR* PADA KAPAL MODEL TIPE LAMBUNG U

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ARIF NURROSYIDI

0706275265

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI 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 : Arif Nurrosyidi

NPM : 0706275265

Tanda Tangan : *Arif*

Tanggal : 23 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Arif Nurrosyidi
NPM : 0706275265
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Nilai Form Factor Pada Kapal Model Tipe Lambung U

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, M.T ()

Penguji : Ir. Sunaryo, Ph.D ()

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

Penguji : Ir. Hadi Tresno Wibowo ()

Penguji : Ir. Mukti Wibowo ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2011

KATA PENGANTAR

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

1. Ir. M. A. Talahatu, MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ir. Sunaryo, Ph.D, Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng, Ir. Hadi Tresno Wibowo, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen pada program studi Teknik Perkapalan yang telah bersedia membagi ilmu dan pengalamannya;
3. Gunawan Atmadja, ST dan M. Baqi, ST selaku asisten dosen yang telah membantu dalam memberikan ilmu tambahan;
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material maupun moril.
5. Ditha Puspita Sari yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan doa untuk segera menyelesaikan kuliah; dan
6. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan saudara-saudara semua. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritikan dan saran dari pembaca sekalian. Akhir kata, semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 23 Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Arif Nurrosyidi
NPM : 0706275265
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

“Nilai *Form Factor* Pada Kapal Model Tipe Lambung U”

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 mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 23 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Arif Nurrosyidi)

ABSTRAK

Nama : Arif Nurrosyidi
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Nilai *Form Factor* Pada Kapal Model Tipe Lambung U

Kecepatan pada kapal dipengaruhi oleh hambatan terhadap kapal tersebut. Mulai dari gesekan antar permukaan air, kekasaran permukaan benda, sampai dengan bentuk lambung sangat mempengaruhi hambatan total. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan hambatan pada sebuah kapal model dengan bentuk lambung tipe “U” pada kecepatan dan kondisi pemuatan yang berbeda sehingga dapat diperoleh nilai faktor bentuk. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan uji tarik kapal model di kolam renang tanpa arus. Hasil dari pengujian menunjukkan variasi kecepatan dan pemuatan kapal model tipe lambung “U” berpengaruh pada nilai faktor bentuk yang didapatkan. Faktor bentuk dengan kondisi pemuatan 75% memiliki nilai yang lebih kecil dari kondisi pemuatan 100%.

Kata kunci :
Faktor bentuk, kapal model, hambatan total, tipe lambung U, uji tarik

ABSTRACT

Name : Arif Nurrosyidi
Study Program : Naval Architecture
Title : Form Factor Value on Ship Model With Type of Hull U

The speed of the ship is affected by the resistance of the ship. Starting from the friction between the water surface, surface roughness, until the hull shape greatly affect the total resistance. The purpose of this research is to know the difference constraints on a model ship with hull shape type "U" on the different velocity and different loading conditions to obtain the value of form factor. The method used is doing some tensile test model ship in the pool without wave. The results of this testing showed variations of velocity and loading the ship hull model type "U" effect on the value of form factor that was obtained. Form factor with 75% loading condition has a value smaller than 100% loading condition.

Keywords:

Form factor, ship models, the total resistance, type of hull U, a tensile test

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
2. LANDASAN TEORI	
2.1 Hambatan (<i>Resistance</i>)	6
2.2 Hambatan Gesek	7
2.2.1 Koefisien Gesek	9
2.3 Hambatan Sisa	11
2.4 Bilangan Reynolds	11

2.5 <i>Form Factor</i>	12
------------------------------	----

3. RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

3.1 Spesifikasi Uji Tarik	14
3.1.1 Kapal Model	15
3.1.2 Alat Penarik Kapal Model	16
3.1.3 <i>AC Voltage Regulator</i>	17
3.1.4 <i>Strain Gauge</i>	18
3.1.5 Beban	19
3.1.6 Kamera Digital	19
3.2 Prosedur Uji Tarik	20

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 Perhitungan Koefisien Hambatan Total (C_T), Koefisien Hambatan Gesek (C_F) dan Reynolds Number (Re) pada Kapal Model	21
4.2 Analisis Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T) dan Bilangan Reynolds pada Kapal Model	23
4.3 Analisis Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T) dan Bilangan Froude pada Kapal Model	25
4.4 Analisis Nilai <i>Form Factor</i> (k) dan Bilangan Reynolds pada Kapal Model	26
4.5 Analisis Nilai <i>Form Factor</i> (k) dan Bilangan Froude pada Kapal Model	28
4.6 Analisis Nilai C_T/C_F dan Fn^4/CF	30
4.7 Analisis Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T) dan Bilangan Froude pada Kapal Model antara Draught 75% dengan 100%	32

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN	34
5.2 SARAN	35

DAFTAR PUSTAKA	36
-----------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Hambatan pada Kapal Model	6
Gambar 2.2 Aliran pada Dua Buah Pelat	7
Gambar 3.1 Skemasi Percobaan	14
Gambar 3.2 Kapal Model	15
Gambar 3.3 Rancangan Garis Kapal Model	16
Gambar 3.4 Alat Penarik Kapal Model	16
Gambar 3.5 <i>AC Voltage Regulator</i>	18
Gambar 3.6 <i>Strain Gauge</i>	18
Gambar 3.7 Konblok	19
Gambar 3.8 Kamera Digital	19
Gambar 4.1 Grafik antara CT dengan Re Draught 100%	23
Gambar 4.2 Grafik antara CT dengan Re Draught 75%	24
Gambar 4.3 Grafik antara CT dengan Fn Draught 100%	25
Gambar 4.4 Grafik antara CT dengan Fn Draught 75%	25
Gambar 4.5 Grafik antara k dengan Re Draught 100%	26
Gambar 4.6 Grafik antara k dengan Re Draught 75%	27
Gambar 4.7 Grafik antara k dengan Fn Draught 100%	28
Gambar 4.8 Grafik antara k dengan Fn Draught 75%	29
Gambar 4.9 Grafik antara CT/CF dengan F_n^4/CF Draught 100%	30
Gambar 4.10 Grafik antara CT/CF dengan F_n^4/CF Draught 75%	30
Gambar 4.11 Grafik antara CT dengan Fn draught 100% dan Draught 75%	32

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan <i>Form Factor</i> pada Draught 100%	22
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Form Factor</i> pada Draught 75%	23



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kapal adalah sebuah alat transportasi laut yang sangat membantu dalam menjalankan roda kehidupan. Kapal yang saat ini beroperasi di seluruh perairan dunia memiliki bentuk dan fungsi masing-masing tergantung dari tujuan penggunaannya.

Kapal niaga merupakan suatu jenis kapal yang digunakan untuk mengangkut barang yang banyak dijumpai di perairan Dunia. Bentuk lambung kapal niaga seperti tanker, curah, cargo, dan lain sebagainya mempunyai karakteristik yang berbeda dengan jenis kapal pada umumnya. Oleh karena itu niaga mempunyai kelebihan dan kekurangan. Struktur konstruksi lambung sebuah kapal niaga biasanya mengarah kepada bentuk ekstrem “U”. Hal ini dimaksudkan untuk mampu membawa muatan yang lebih banyak dengan stabil dan biasanya juga kapal dengan model ekstrem “U” ini berlayar mengarungi lautan yg luas dan tenang dengan kecepatan yang tidak terlalu cepat (Ir. MA Talahatu, MT, Hydromekanika kapal 1).

Besarnya tahanan gesek membuat kecepatan kapal niaga tidak efisien dan membutuhkan tenaga yang besar untuk menggerakannya. Hal ini mendasari penelitian tugas akhir ini tentang *form factor* model kapal niaga dengan variasi beberapa kecepatan dan draught pelayaran.

Sasaran penelitian ini adalah sebuah model kapal niaga, hal ini dikarenakan menggunakan kapal niaga 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 kapal model ini akan dikonversikan dengan perhitungan matematis sehingga karakteristik tahanan kapal yang berukuran sebenarnya dapat diprediksikan.

Sehingga dengan pengujian menggunakan kapal model ini diharapkan mendapatkan nilai *form factor* yang serupa dengan kapal sebenarnya. Setelah

hambatan total dan data lainnya didapatkan, maka *form factor* dari model kapal niaga tipe lambung “U” ini diperoleh guna mencari nilai hambatan gesek yang lebih nyata.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan paparan diatas maka permasalahan yang dapat diambil yaitu :

- a. Bagaimana pengaruh kecepatan tertentu pada hambatan total kapal model
- b. Seberapa besar perbedaan nilai tahanan total pada perbedaan draught kapal

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa hambatan total pada kapal model dengan variasi kecepatan yang berbeda.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui besarnya hambatan total pada kapal model.
- b. Memberikan gambaran karakteristik pengaruh kecepatan yang berbeda-beda dan draught yang berbeda-beda pada *form factor* kapal.
- c. Untuk memenuhi syarat kelulusan dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Universitas Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar pembahasan permasalahan tidak meluas, maka perlu untuk memberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Percobaan dilakukan di kolam renang umum di Bumi Perkemahan Cibubur dengan peralatan yang ada pada saat penelitian.
2. Percobaan dilakukan dengan menggunakan satu kapal model.
3. Percobaan dilakukan pada kondisi air tenang.
4. Analisa dilakukan adalah mengenai pengaruh variasi kecepatan dan draught terhadap *form factor* kapal.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metodologi dan analisa model sebagai berikut :

1. Studi literatur

Penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan beberapa literatur yang didapatkan diantaranya :

- Penjelasan mengenai metode uji tarik sesuai “25th International Towing Tank Conference”
- Proses perubahan nilai tahanan kapal sesuai dengan perubahan kecepatan kapal dan draught kapal

2. Percobaan di kolam renang

Percobaan di kolam renang digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian.

- Percobaan dilakukan dengan menggunakan satu model niaga

Kapal Model Niaga

a. Panjang Kapal (LOA)	:	320	m
b. LPP	:	308	m
c. Lebar (B)	:	53,6	m
d. Tinggi (H)	:	23	m
e. Draught (T)	:	14	m
f. Cb	:	0,87	
g. Skala	:	1 : 123,5	

- Percobaan dilakukan dengan melakukan uji tarik dengan variasi kecepatan 60 volt, 75 volt, 80 volt, 90 volt, dan 100 volt dengan menggunakan mesin uji tarik.
- Percobaan kapal model tersebut menggunakan draught 75% dan 100%.

3. Pengumpulan data
 - a. Data hambatan total kapal model hasil pengujian berdasarkan variasi kecepatan yang diberikan pada kondisi muatan kapal model 75% dan 100%.
 - b. Data ukuran utama dan lines plan model kapal yang diuji.
 - c. Data perhitungan dari hasil pengujian kapal model.
4. Pengolahan dan analisa data meliputi :
 - a. Analisa mengenai perubahan kecepatan pada saat dilakukan uji tarik.
 - b. Analisa mengenai perbedaan hambatan total pada perbedaan draught kapal model.
 - c. Kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika laporan tugas akhir adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II. DASAR TEORI

Bab ini berisi mengenai dasar teori yang akan dipakai dan berhubungan dalam menyelesaikan masalah yang dibahas

BAB III. PERANCANGAN DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi mengenai proses pembuatan alat dan cara-caranya serta hasil dari data tersebut diperoleh

BAB IV. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

Bab ini berisi pengolahan data dari masalah yang dibahas dan analisa dari hasil pembahasan yang telah dilaksanakan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan dan saran dari penulis

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat sumber data dan referensi yang digunakan sebagai acuan pembuatan skripsi ini.

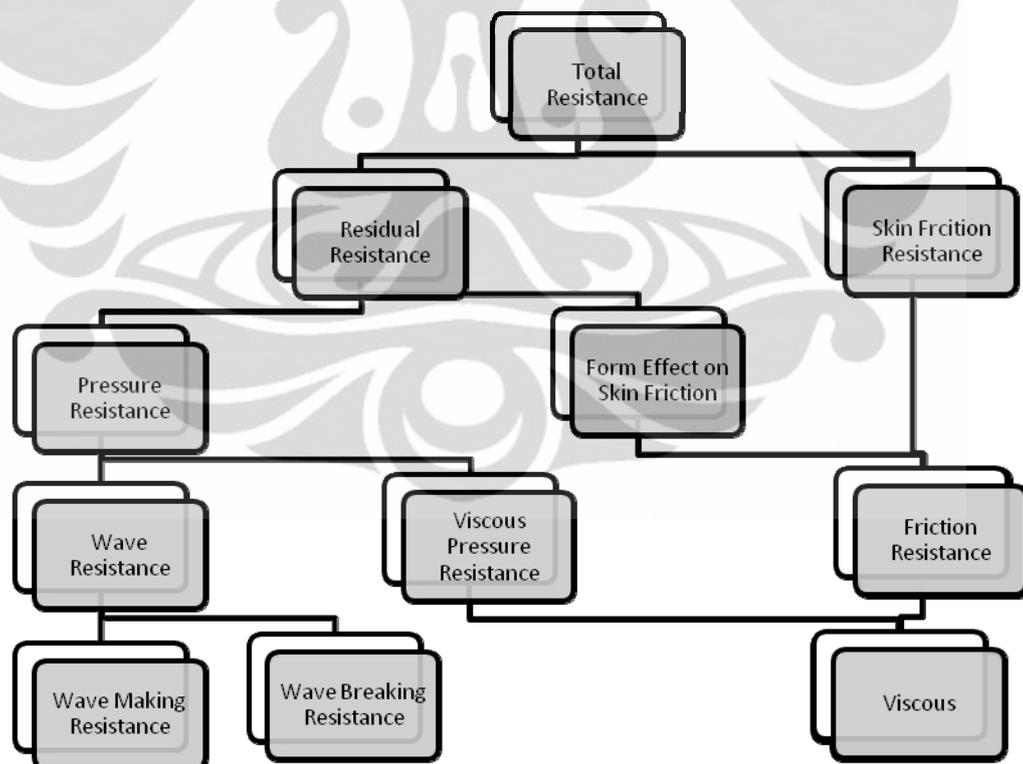


BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 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 :

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

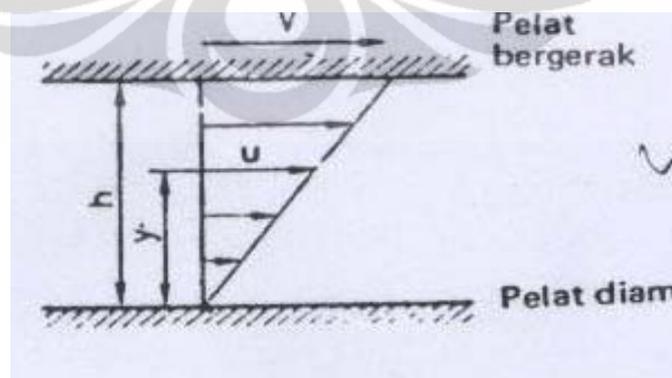
dan,

$$C_T = C_F + C_R \dots\dots\dots (2.2)$$

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

2.2 Hambatan Gesek

Hambatan gesek adalah hambatan yang diperoleh dengan mengintegalkan 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

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

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 ditulis sebagai

$$F = \mu \frac{s \cdot V}{h} \dots\dots\dots (2.4)$$

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 tegangan tangensial yang melawan perubahan bentuk yang terjadi. Dengan meninjau elemen kecil pada fluida yang sedang dalam keadaan bergeseran dengan lainnya maka dapat dituliskan:

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

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

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

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

Dengan C_F adalah hambatan gesek spesifik atau koefisien gesek.

2.2.1 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 :

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

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 :

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

Dimana ;

f : Koefisien gesek papan

S : Luas total permukaan

V : Kecepatan papan

n : Indeks yang merupakan pangkat kenaikan R_F

Selanjutnya rumus tersebut dilengkapi oleh R.E Froude menjadi :

$$R_F = f \cdot S \cdot V^{1.825} \dots \dots \dots (2.9)$$

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

$$R_F = \frac{\gamma \lambda}{1000} S \cdot V^{1.825} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana ;

γ : Berat jenis dalam kg/m

λ : Koefisien tahanan gesek

S : Luas permukaan basah

V : Kecepatan dalam m/detik

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

$$\lambda = 0,1392 \left(1 + \frac{0,228}{2,68 + L} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

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 :

$$\lambda_c = \lambda (1 + 0,0043 \Delta t) \dots\dots\dots (2.12)$$

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

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

$$C_F = \frac{R_F}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2} = \frac{\left(\frac{\gamma g \lambda}{1000} \right) \cdot S \cdot V^{1.825}}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2}$$

$$C_F = 2 \times 10^{-3} \lambda \cdot g \cdot V^{-0.175} \dots\dots\dots (2.15)$$

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 :

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

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

2.3 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".

2.4 Bilangan Reynolds

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

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

$$Re = \frac{V L}{\nu} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana ;

- Re : Bilangan Reynolds
 V : Kecepatan Kapal (m/s)
 L : Panjang kapal (m)
 ν : Viskositas kinematik (m²/s)

2.5 Form Factor

Form Factor adalah sebuah perbandingan yang meliputi total koefisien tahanan viskos dari sebuah model atau sebuah kapal C_v dan koefisien tahanan gesek 2 dimensi dari sebuah bidang datar C_{f0} pada Reynold number pada sebuah aliran. Form factor dapat ditampilkan dalam 2 cara :

$$k = \frac{C_v - C_{F0}}{C_{F0}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Atau

$$k = \frac{C_v - C_F}{C_F} \dots\dots\dots(2.20)$$

Menurut,

<http://itc.sname.org/newrecomendations/Dictionary/Alphabet.Dictionary.pdf> page 27

Form factor juga didapat dari sebuah bentuk persamaan

$$y = k + bx \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana untuk nilai y mewakili sebuah persamaan $C_T/C_F - 1$, kemudian untuk nilai x mewakili persamaan Fr^n/C_F . Lekukan nilai b dan perpotongan k dan kurva dapat ditentukan dengan analisis linear regresi sebagaimana yang terdapat di dalam ITTC (2008b). Standar uncertainty pada form faktor k , yang juga merupakan perpotongan, dapat di estimasikan dengan analisis regresi linear sebagaimana yang terdapat di dalam ITTC (2008b).

Nilai dari kemiringan itu adalah

$$b = s_{xy}/s_{xx} \dots\dots\dots(2.22)$$

kemudian untuk perpotongan adalah

$$\bar{k} = \bar{y} - b\bar{x} \dots\dots\dots(2.23)$$

sehingga uncertainty dalam persamaan itu adalah

$$\mu_{ka} = s_k = SEE \sqrt{(1/N) \sum_{i=1}^N x_i^2 / s_{xx}} / \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \dots\dots\dots(2.25)$$

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^N x_i y_i - (1/n) \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i$$

dimana parameter lainnya selanjutnya dipaparkan di dalam ITTC 2008b. Sebagai tambahan untuk uncertainty di dalam perpotongan dari analisis linear regresi. *K* juga memiliki uncertainty terkait dengan uncertainty yang terdapat didalam nilai pengukuran C_T dan C_F . Sesuai dengan persamaan $y = k + bx$ akan didapatkan sebuah persamaan pada $x = 0$ yaitu

$$k = C_T / C_F - 1 \dots\dots\dots(2.26)$$

Disamping itu untuk bisa mendapatkan sebuah nilai rata-rata dari beberapa nilai *k* yang divariasikan dengan beragam pengaturan voltase maka digunakanlah sebuah persamaan regresi linear yang rumus dasarnya mengacu pada persamaan (2.21), sehingga kemudian persamaan tersebut dapat kita substitusi menjadi sebuah bentuk sebagai berikut :

$$X = Fr^4 / C_F \quad Y = C_T / C_F \dots\dots\dots(2.27)$$

$$X = Fr^4 / C_F \dots\dots\dots(2.28)$$

Maka faktor bentuk (1+k) adalah perpotongan yang dapat diambil dari nilai pada sumbu X dan Y tersebut.

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

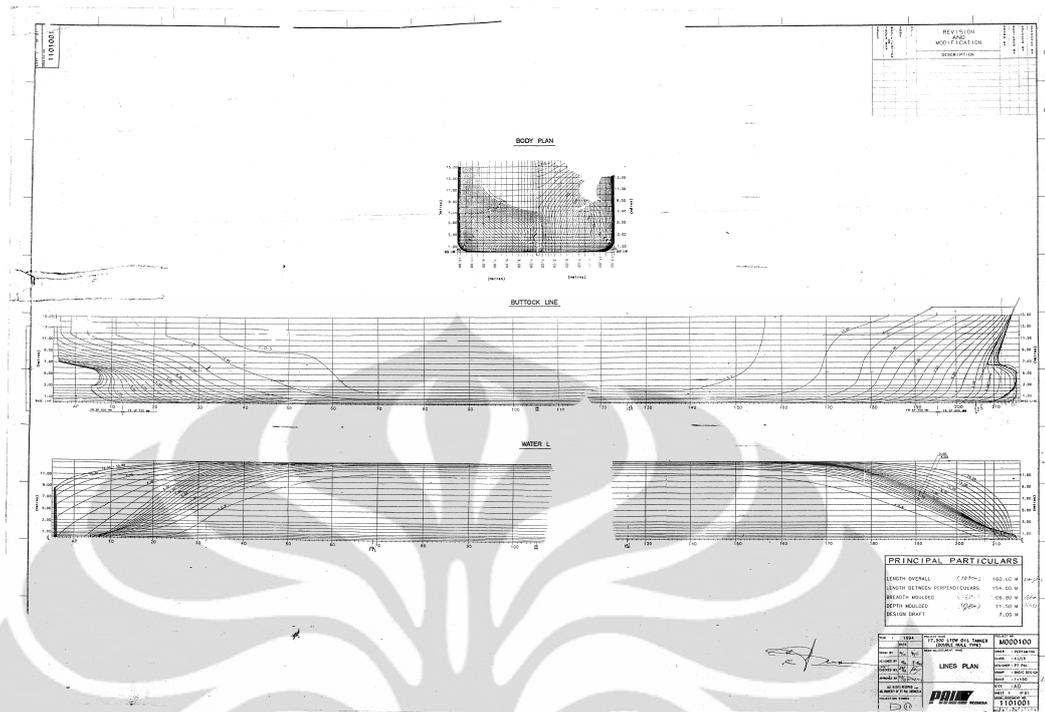
3.1.1 Kapal Model

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

L : 2590 mm
B : 300 mm
H : 145 mm
T : 111 mm
Cb : 0,87



Gambar 3.2 Kapal Model



Gambar 3.3 Rancangan garis kapal model

3.1.2 Alat Penarik Kapal Model

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



Gambar 3.4 Alat penarik kapal model

- **Rangka**
Rangka yang digunakan adalah besi siku berlubang yang disambung dengan menggunakan baut dan disusun sedemikian sehingga sehingga kokoh untuk menahan berat dari motor listrik dan gulungan tali.
- **Motor Listrik**
Motor listrik disambungkan dengan gulungan tali yang dihubungkan dengan belt. Fungsi dari motor listrik ini nantinya adalah untuk memutar gulungan tali dimana tali tersebut akan menarik kapal model.
- **Gulungan Tali**
Gulungan tali yang menggunakan silinder hollow berbahan 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 3.5 AC voltage regulator

3.1.4 Strain Gauge

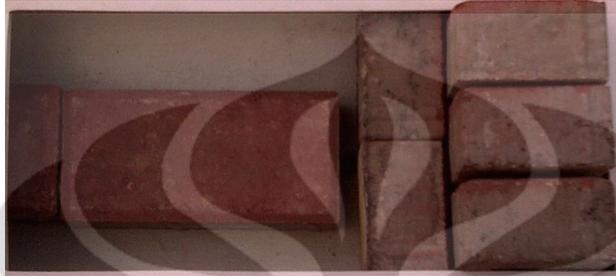
Alat ini digunakan untuk mengukur gaya tarik kapal model pada saat ditarik. Strain gauge yang digunakan pada percobaan menggunakan digital Strain gauge dengan gaya tarik maksimum 20 Kg. Strain gauge diletakkan pada bagian depan kapal sebagai penghubung antara tali dan kapal model.



Gambar 3.6 strain gauge

3.1.5 Beban

Beban diletakkan pada cargo hold kapal model untuk mendapatkan draught dan trim kapal model yang diinginkan. Beban yang digunakan adalah bata konblok yang masing-masing memiliki berat 1 - 2 Kg.



Gambar 3.7 Konblok

3.1.6 Digital Kamera

Kamera digital ditempelkan pada anjungan kapal sejajar dengan Strain gauge. Fungsi kamera digital ini untuk merekam nilai gaya yang muncul pada Strain gauge pada saat kapal ditarik. Spesifikasi kamera digital yang digunakan adalah :

Merk : Nikon

Total Pixels : 3,2 Megapixels



Gambar 3.8 Kamera digital

3.2 PROSEDUR UJI TARIK

Pada percobaan uji tarik, kapal model dikondisikan pada *full loaded* yaitu draught 100 % (maksimum) dan draught 75%. 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, *Strain gauge* akan menunjukkan berapa besar gaya tarik yang terjadi. Besar gaya tarik yang terbaca adalah besar hambatan total yang dialami oleh kapal pada saat ditarik.

Pada masing-masing variasi di atas diberikan besar voltase yang berbeda yaitu 60V, 75V, 80V, 90V, dan 100V untuk mendapatkan kecepatan yang berbeda-beda pada tiap penarikan.

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

1. Strain gauge ditempelkan pada anjungan kapal dihubungkan dengan tali penarik yang berasal dari gulungan tali yang nantinya akan diputar oleh motor listrik.
2. Kamera digital ditempatkan pada anjungan kapal sejajar dengan layar Strain gauge. Penanda diberikan berupa tulisan keterangan pengujian sesaat kamera mulai merekam. Hal ini dilakukan agar mudah meidentifikasi video pada saat pengeditan di komputer.
3. Pemberian beban konblok pada ruang muatan kapal model. Besar dan posisi beban disesuaikan dengan variasi draught yang akan diuji.
4. Motor listrik dinyalakan dengan aba-aba dan diatur voltase nya dengan menggunakan AC voltage regulator. Setelah kapal model melewati batas perhitungan waktu, motor listrik dimatikan.
5. Posisi kapal model dikondisikan segaris dengan alat penarik sehingga pada saat penarikan kapal model tidak berbelok.
6. Perhitungan waktu tempuh dihitung dengan jarak perhitungan waktu adalah 4 m.

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

Pada bab ini akan dilakukan pengolahan data berdasarkan hasil pengujian uji tarik pada kapal model, dimana berdasarkan data tersebut akan didapatkan nilai hambatan total dan *form factor* untuk kapal model dengan menggunakan variasi beda potensial yang terdapat pada alat tarik dan perbedaan draught kapal model, lalu pada akhirnya akan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapat guna merumuskan kesimpulan.

4.1 Perhitungan Koefisien Hambatan Total (C_T), Koefisien Hambatan Gesek (C_F) dan Reynolds Number (Re) pada Kapal Model

Hasil bacaan nilai yang tertera pada *strain gauge* merupakan nilai hambatan total (R_T) pada kapal model, sehingga penulis bisa menentukan nilai koefisien hambatan total (C_T) dengan menggunakan rumus :

$$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2}$$

Nilai hambatan total kapal model merupakan gaya tarik yang dibutuhkan untuk menarik kapal. *Reynolds number* (Re) dibutuhkan untuk mengetahui jenis aliran yang terjadi pada masing-masing kecepatan kapal model pada saat diuji tarik. *Reynolds number* dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Re = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

Dimana kecepatan (V) dan panjang (L) untuk kapal model dan viskositas kinematik air tawar (ν) pada suhu pengujian adalah $0,8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. (Sv. Aa. Harvald, hal 341)

Selain koefisien hambatan total, sebuah faktor yang perlu ditampilkan untuk memperoleh nilai *form factor* adalah nilai **koefisien hambatan gesek** (C_F)

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

Koefisien gesek merupakan sebuah variabel penyusun yang diperlukan untuk dikombinasikan dengan koefisien hambatan total agar menghasilkan nilai *form factor* tersebut. Pada koefisien gesek ini, rumus mengacu pada ITTC 2002 (International Towing Tank Conference), yang memerlukan *Reynold number* (Re) untuk dapat menghasilkan nilai C_F tersebut.

Dalam proses pengambilan data ini, digunakan dua kondisi draught air yang berbeda, masing-masing terdiri dari 75% dan 100%. Pada proses pengambilan data ini, akan didapatkan data awal berupa hambatan total (R_T), waktu (t) dan jarak titik acuan (s). Dengan menggunakan data yang berhasil diperoleh dan mengkombinasikan informasi penunjang dari kapal model tersebut serta dukungan referensi dari sumber yang terkait maka nilai C_T dan C_F dapat ditemukan.

Dari perhitungan menggunakan microsoft excel diatas didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Voltage	v (kecepatan)	R_T	C_T	C_F	Re	Fn	k
60	1,134751773	3,912	0,00610551	0,00359881	3673758,87	0,2291376	0,696535723
75	1,320132013	4,89	0,00563896	0,00349739	4273927,39	0,26657097	0,612332319
80	1,374570447	5,1834	0,00551322	0,00347103	4450171,82	0,27756359	0,588351626
90	1,47601476	5,868	0,00541294	0,00342531	4778597,79	0,29804799	0,580279325
100	1,544401544	6,357	0,00535619	0,00339669	5000000	0,31185716	0,576886331

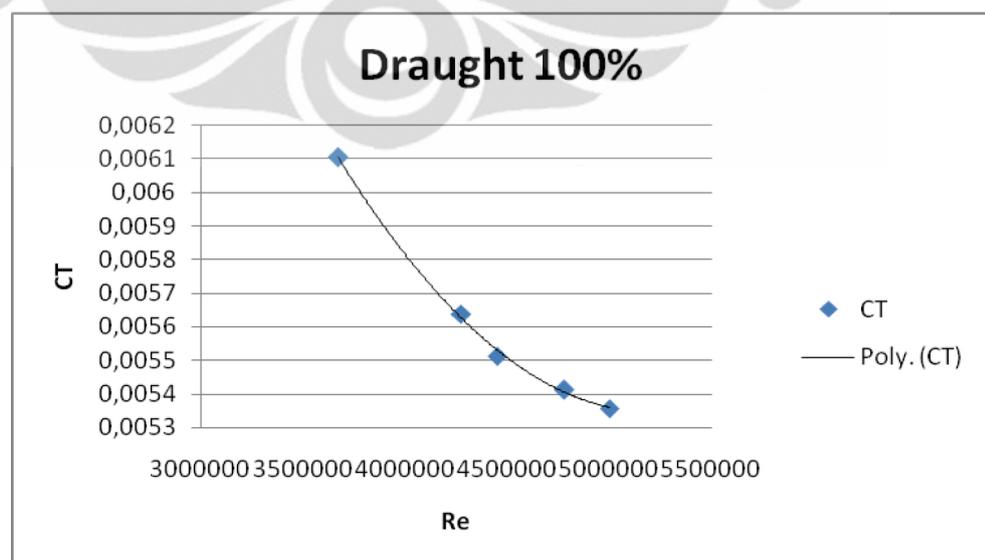
Tabel 4.1 Hasil perhitungan *form factor* pada draught 100%

NO	Voltage	v (kecepatan)	R_T	C_T	C_F	Re	Fn	k
1	60	1,238390093	3,412	0,0059615	0,00374	3006965,9	0,283689	0,594003
2	75	1,470588235	4,39	0,0054393	0,0036184	3570772,1	0,3368807	0,503261
3	80	1,53256705	4,6834	0,005343	0,00359	3721264,4	0,3510787	0,488291
4	90	1,659751037	5,368	0,0052214	0,0035362	4030083	0,3802138	0,476546
5	100	1,762114537	5,857	0,0050544	0,0034967	4278634,4	0,4036632	0,445492

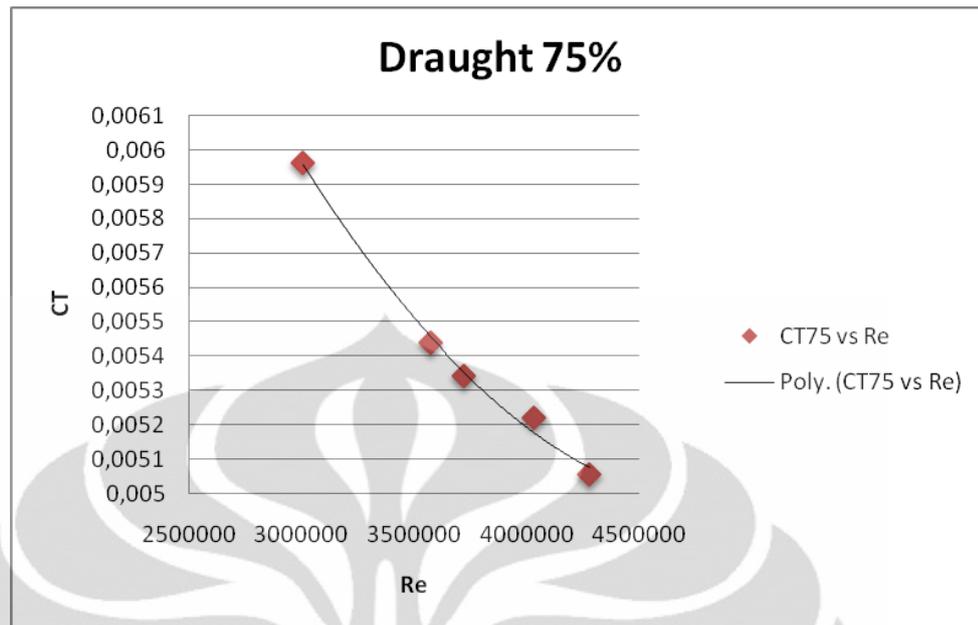
Tabel 4.2 Hasil perhitungan *form factor* pada draught 75%

Jika dilihat dari nilai yang berhasil diperoleh dengan menggunakan formula yang telah dijabarkan pada bab teori maka nilai *form factor* yang diperoleh mengalami penurunan apabila dinaikkan beda potensialnya (*voltage*). Hal ini dipengaruhi oleh faktor kecepatan yang menyebabkan pembagiannya semakin besar sehingga nilai koefisien hambatan totalnya menjadi lebih kecil. Untuk lebih detilnya mengenai penyebab menurunnya nilai *form factor* terhadap kecepatan, dapat dilihat pada analisa selanjutnya.

4.2 Analisis Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T) dan Bilangan Reynolds pada Kapal Model



Gambar 4.1 Grafik antara C_T dengan Re draught 100%



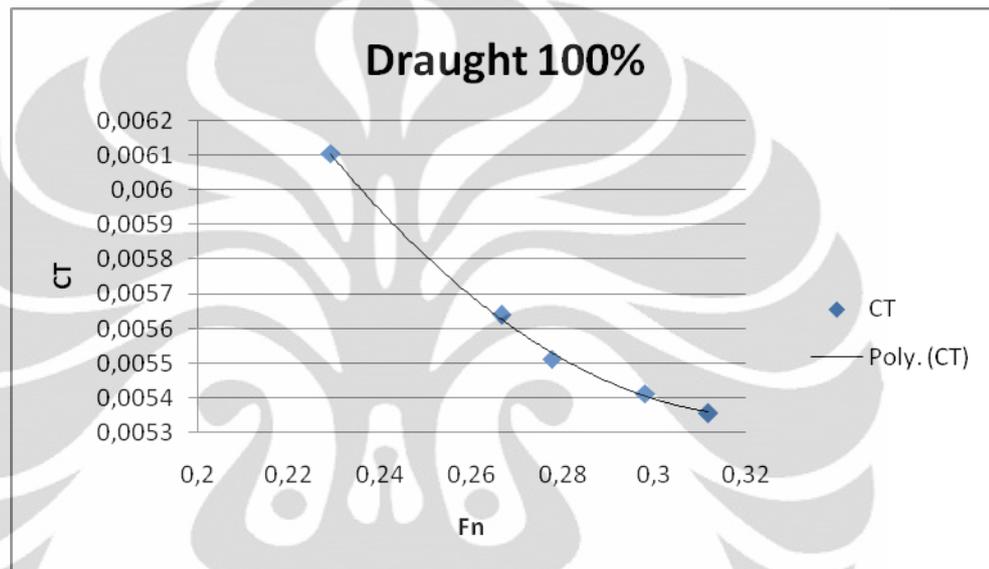
Gambar 4.2 Grafik antara CT dengan Re draught 75%

Berdasarkan grafik yang diperoleh dari perhitungan data-data yang telah dikumpulkan, dapat terlihat bahwa setiap kenaikan kecepatan, maka nilai koefisien hambatan total akan berkurang (berbanding terbalik). Hal ini juga terjadi pada bilangan Reynold yang bertambah setiap penambahan kecepatan. Kecepatan pada kapal berbanding lurus dengan bilangan Reynolds tetapi berbanding terbalik dengan koefisien hambatan totalnya. Saat kecepatan (*velocity*) suatu kapal bertambah maka membuat nilai koefisien hambatan total akan berkurang karena kecepatan adalah faktor pembagi kuadrat pada koefisien hambatan total.

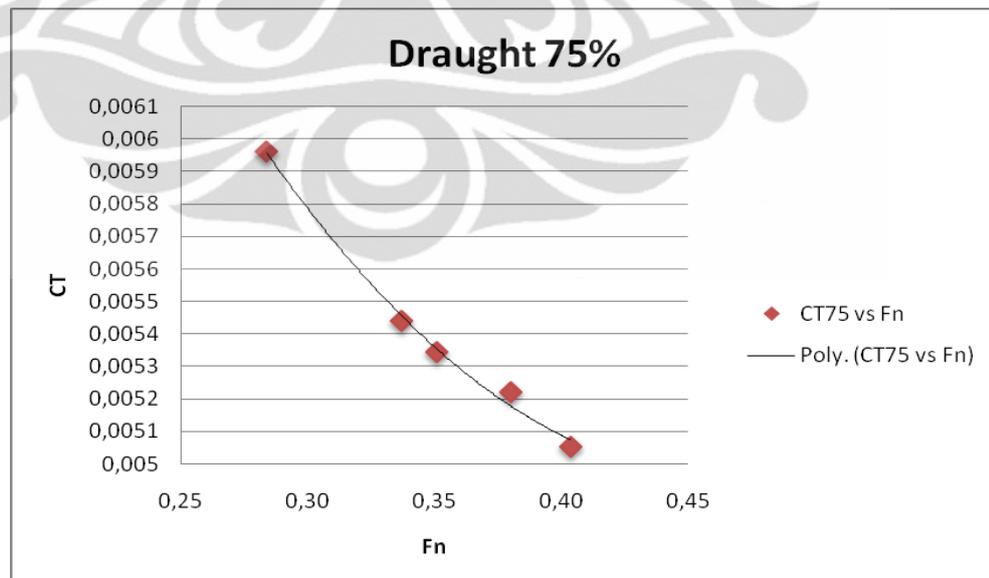
Selain itu, dari grafik di atas juga dapat dilihat bahwa adanya **kenaikan bilangan Reynolds pada peningkatan prosentase draught**. Bilangan Reynolds dengan draught 75% lebih kecil dibandingkan dengan draught 100% (maksimum), seiring dengan bertambahnya kecepatan dan panjang kapal yang tercelup air. Kecepatan dan panjang kapal pada rumus bilangan Reynold terlihat berbanding lurus. Peristiwa tersebut berbanding terbalik dengan **nilai koefisien hambatan total yang naik pada saat peningkatan prosentase draught**. Hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan beban muatan yang diangkut kapal model sehingga menyebabkan draught kapal menjadi tinggi. Semakin besar beban muatan yang diangkut kapal, maka kecepatan kapal akan berkurang. Dengan

berkurangnya kecepatan yang merupakan nilai kuadrat, maka secara langsung akan menaikkan nilai koefisien hambatan totalnya.

4.3 Analisis Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T) dan Bilangan Froude pada Kapal Model



Gambar 4.3 Grafik antara C_T dengan F_n draught 100%

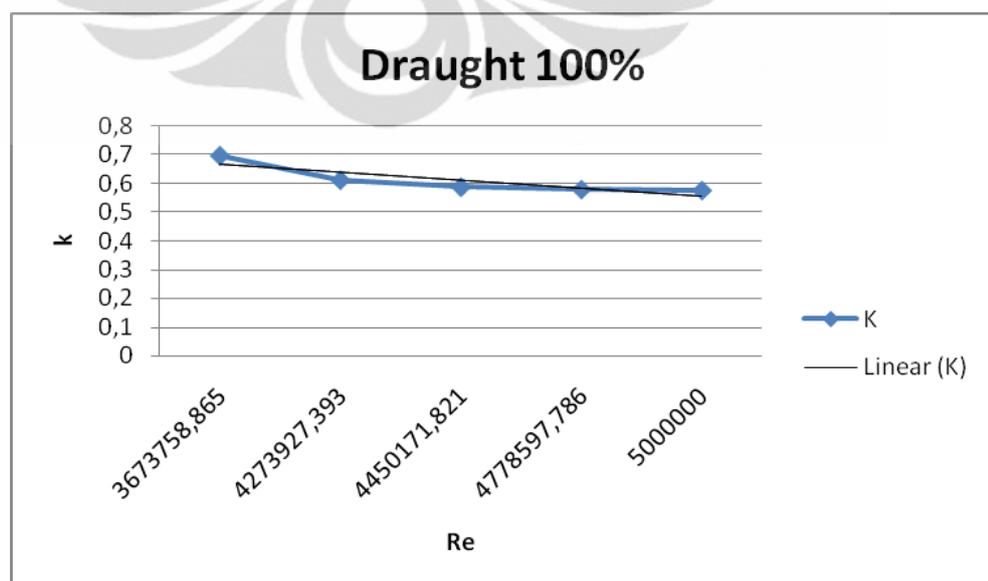


Gambar 4.4 Grafik antara C_T dengan F_n draught 75%

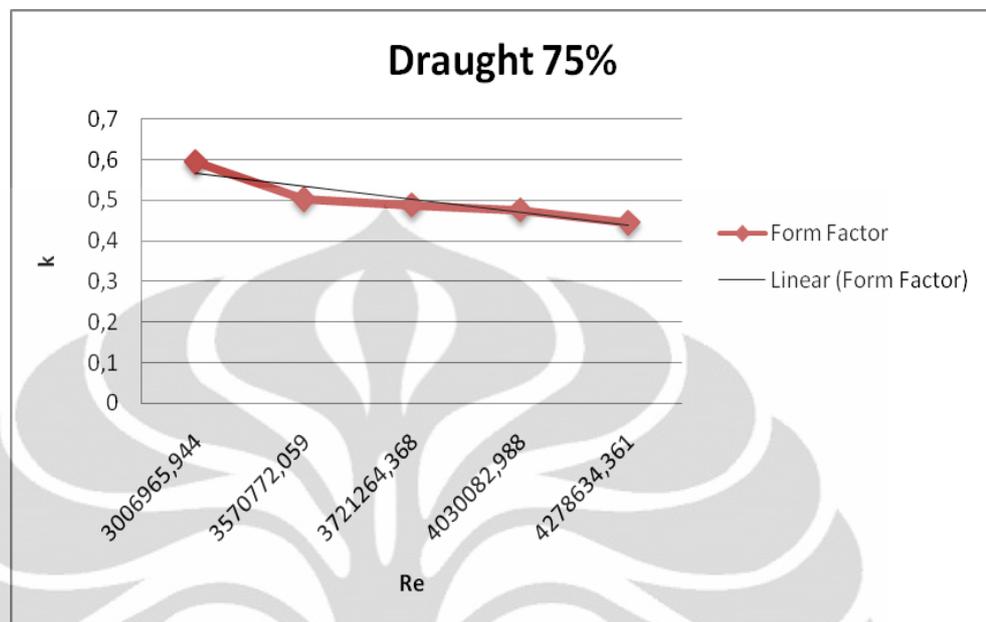
Pada grafik antara koefisien hambatan total dengan bilangan froude di atas, dapat kita lihat bahwa semakin bertambahnya kecepatan maka koefisien hambatan totalnya (C_T) akan berkurang sedangkan *froude numbers* (F_n) akan bertambah. Bertambahnya bilangan froude dikarenakan bertambahnya kecepatan kapal tersebut. Rumus bilangan froude mengatakan bilangan froude berbanding lurus dengan kecepatan kapal, semakin cepat kapal maka akan semakin besar bilangan froude-nya terlebih lagi bila semakin kecil kapalnya. Saat kecepatan kapal semakin besar maka secara langsung juga akan mengakibatkan menurunnya koefisien hambatan total. Karena di dalam rumus perhitungannya C_T dan V (kecepatan kapal) berbanding terbalik.

Draught air juga mempengaruhi besaran koefisien hambatan total dan bilangan Froude pada kapal. Semakin berat muatan kapal berarti bagian yang tercelup air akan semakin luas, semakin bertambah luas maka panjang kapal yang tercelup air juga akan bertambah. Bertambahnya panjang kapal yang tercelup air mengakibatkan nilai *Froude number* akan berkurang. Sedangkan hambatannya akan berkurang kecepatan rendah, sehingga nilai C_T lebih besar pada draught yang tinggi.

4.4 Analisis Nilai *Form Factor* (k) dan Bilangan Reynolds pada Kapal Model



Gambar 4.5 Grafik antara k dengan Re draught 100%



Gambar 4.6 Grafik antara k dengan Re draught 75%

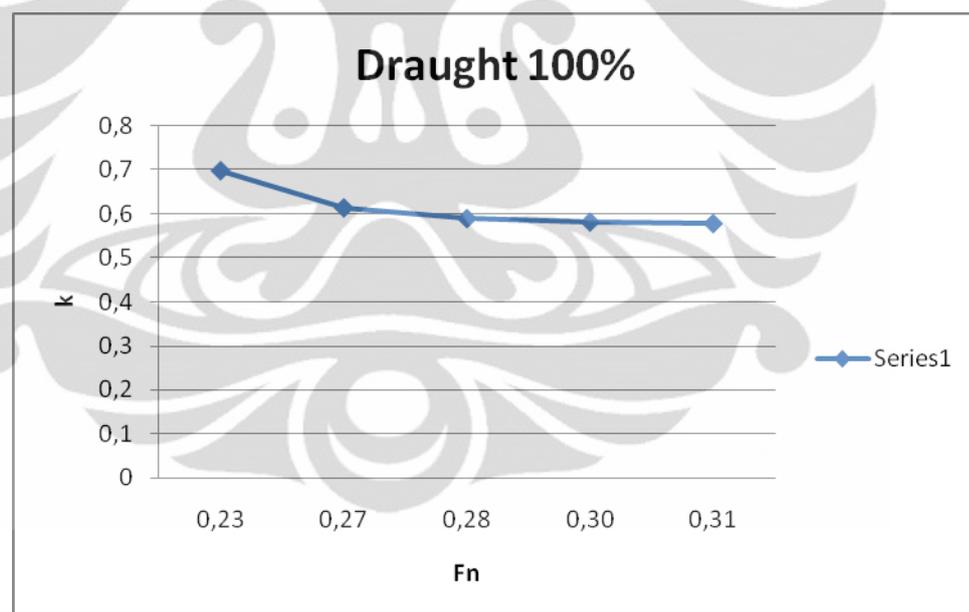
Analisa grafik selanjutnya disusun oleh komponen *form factor* (k) dan *Reynold number* (Re). *Form factor* sebagaimana yang telah dijabarkan pada bab teori, merupakan sebuah nilai yang merupakan hasil pembagian dari koefisien hambatan total (C_T) dengan koefisien hambatan gesek (C_F) yang kemudian nilainya tersebut dikurangi dengan satu ($k = C_T/C_F - 1$). Jika diamati dari grafik yang ditampilkan, terlihat nilai *form factor* yang diwakili oleh sebuah garis linier tersebut, arahnya menurun setiap kenaikan nilai kecepatan. Bilangan Reynold bertambah seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal model. Tetapi hal ini tidak berbanding lurus dengan nilai koefisien hambatan totalnya, karena kecepatan merupakan faktor pembagi kuadrat dalam menentukan nilai koefisien hambatan total sebuah kapal. Sehingga semakin bertambahnya kecepatan maka nilai koefisien hambatan total akan berkurang dan mengakibatkan nilai *form factor* (k) juga akan secara otomatis berkurang.

Jika mengamati lebih detil lagi data hasil pengukurannya, maka dapat dilihat bahwa sebenarnya nilai *form factor* tersebut tidak mengalami penurunan sesuai dengan garis linier, namun pada kondisi tertentu, nilainya dapat sedikit lebih naik ataupun sedikit menurun dari garis linearnya. Penulis menganalisa bahwa nilai

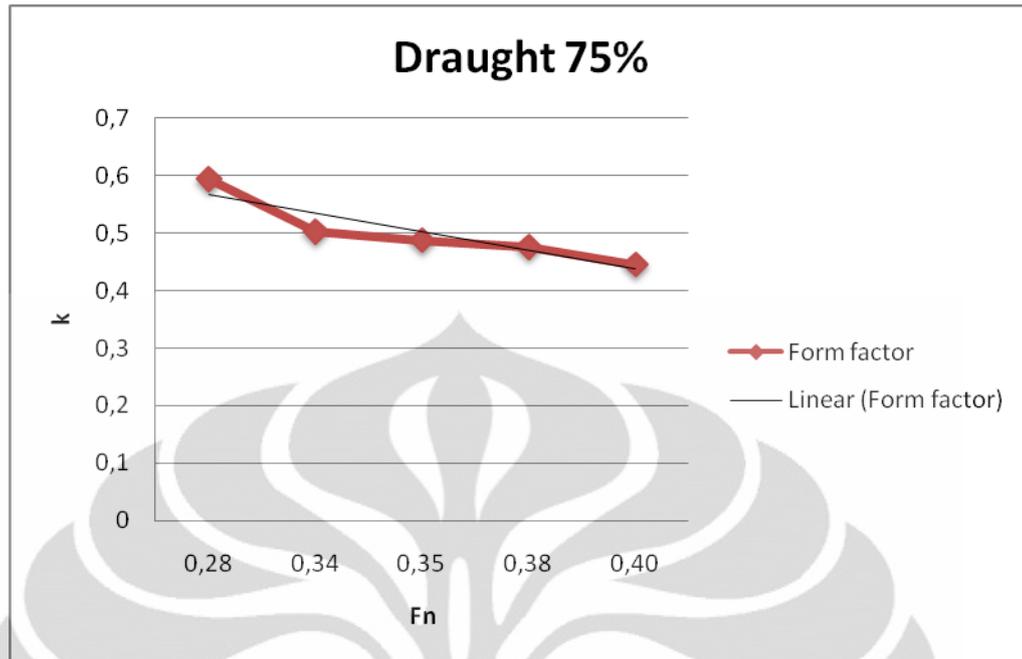
yang fluktuatif pada data yang timbul dikarenakan nilai koefisien hambatan total yang memang fluktuatif. Kondisi ini mungkin dipengaruhi oleh besarnya hambatan gelombang yang timbul akibat penarikan kapal model pada uji yang sebelumnya, sehingga nilai hambatan totalnya tidak sesuai dengan garis linearnya.

Seperti yang telah dijelaskan pada analisa 4.2 bahwa setiap kenaikan draught kapal dari 75% ke 100%, maka bilangan Reynold akan naik disebabkan semakin luasnya lambung kapal yang tercelup air yang mempengaruhi semakin bertambahnya panjang kapal yang sesuai rumus memaparkan bahwa Re berbanding lurus dengan panjang kapal. Kemudian juga akan memperbesar nilai *form factor* sejalan dengan penambahan nilai C_T pada tiap kenaikan draught.

4.5 Analisis Nilai *Form Factor* (k) dan Bilangan Froude pada Kapal Model



Gambar 4.7 Grafik antara k dengan Fn draught 100%



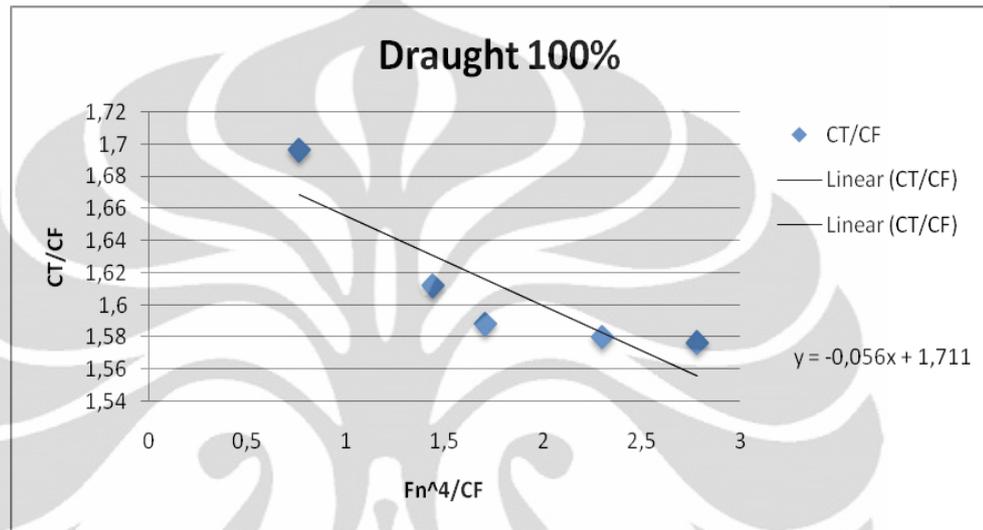
Gambar 4.8 Grafik antara k dengan Fn draught 75%

Serupa dengan penjelasan analisa 4.4 grafik ini disusun oleh komponen *form factor* (k) dan *Froude number* (F_n). *Form factor* sebagaimana yang telah dijabarkan pada bab teori, merupakan sebuah nilai yang merupakan hasil pembagian dari koefisien hambatan total (C_T) dengan koefisien hambatan gesek (C_F) yang kemudian nilainya tersebut dikurangi dengan satu ($k = C_T/C_F - 1$). Jika diamati dari grafik yang ditampilkan, terlihat nilai *form factor* yang diwakili oleh sebuah garis linier tersebut, arahnya menurun setiap kenaikan nilai Bilangan Froude seperti pada grafik bilangan Reynold sebelumnya. Bilangan Froude bertambah seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal model. Tetapi hal ini tidak berbanding lurus dengan nilai koefisien hambatan totalnya, karena kecepatan merupakan faktor pembagi kuadrat dalam menentukan nilai koefisien hambatan total sebuah kapal. Sehingga semakin bertambahnya kecepatan maka nilai koefisien hambatan total akan berkurang dan mengakibatkan nilai *form factor* (k) juga akan secara otomatis berkurang.

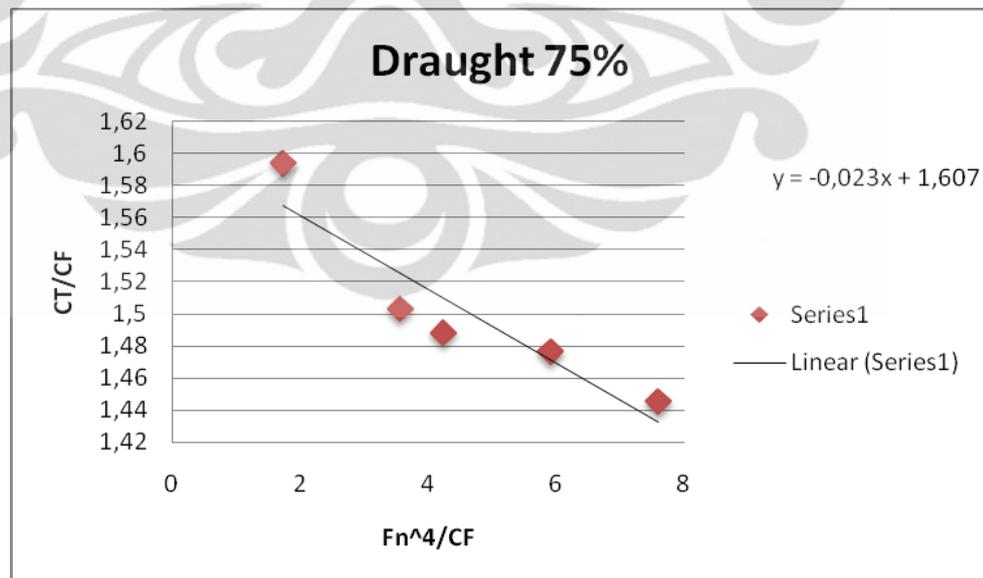
Draught air juga mempengaruhi besaran *form factor* dan bilangan Froude pada kapal. Semakin berat muatan kapal berarti bagian yang tercelup air akan semakin luas, semakin bertambah luas maka kecepatan kapal akan berkurang karena

hambatannya besar. Sehingga semakin bertambah besarnya draught kapal berarti semakin kecilnya nilai bilangan Froude sedangkan nilai k akan semakin naik.

4.6 Analisis Nilai C_T/C_F dan F_n^4/C_F



Gambar 4.9 Grafik antara C_T/C_F dengan F_n^4/C_F draught 100%



Gambar 4.10 Grafik antara C_T/C_F dengan F_n^4/C_F draught 75%

Grafik ini adalah grafik yang didalamnya diwakili oleh komponen sumbu Y berupa perbandingan nilai koefisien hambatan total dengan nilai koefisien

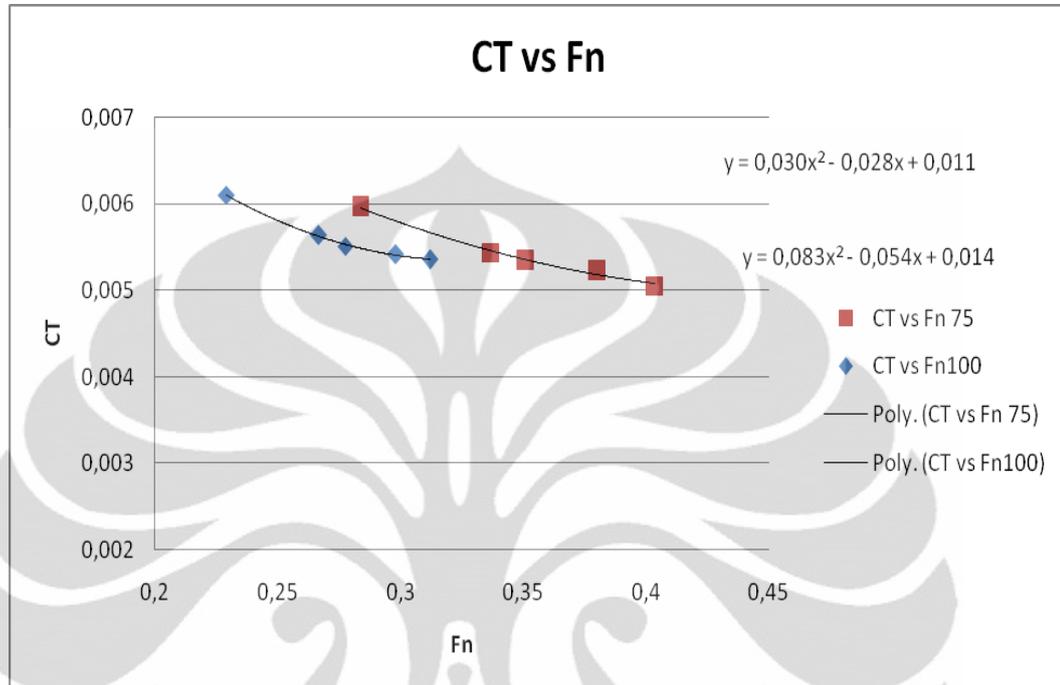
hambatan gesek (C_T/C_F), sedangkan untuk sumbu X diwakili oleh perbandingan nilai Froude number pangkat 4 dengan nilai koefisien hambatan gesek (F_n^4/C_F). Komposisi penyusun grafik ini diambil dari *International Towing Tank Conference* (ITTC '02), maka akan diperoleh sebuah persamaan:

$$y = mx + c$$

nilai ini akan membantu dalam menentukan nilai form factor yang bisa diperoleh dengan membaca persamaan grafik yang ditampilkan tersebut. Jika dari grafik tersebut kita telah mendapatkan sebuah bentuk persamaan pada draught 100% adalah $y = -0,056x + 1,711$ sedangkan pada draught 75% persamaanya yang didapatkan adalah $y = -0,037x + 1,607$ maka dari persamaan tersebut bisa didapatkan nilai *form factor* tersebut. Mengacu pada persamaan yang telah ditemukan maka diperoleh nilai *form factor* (k) untuk kapal tipe lambung U dengan draught 100% senilai 0,711 dan pada draught 75% senilai 0,607.

Dari grafik juga dapat kita lihat bahwa setiap penambahan draught kapal, maka nilai C_T/C_F akan semakin turun sedangkan nilai F_n^4/C_F akan semakin naik. Hal itu disebabkan setiap kenaikan draught maka bagian yang tercelup air akan semakin luas sehingga laju kecepatan kapal akan berkurang. Nilai kecepatan yang berkurang mengakibatkan nilai C_T dan C_F akan naik. Selain itu hal lain terjadi pada nilai F_n^4/C_F yang menurun dengan semakin meningkatnya nilai draught. Semakin tingginya draught air maka kecepatan kapal akan berkurang dimana seharusnya kecepatan ini bernilai pangkat empat tetapi karena berkurang, maka nilai F_n dan nilai C_F akan merangkak turun. Sehingga nilai F_n^4/C_F akan semakin turun tiap penambahan draught.

4.7 Analisis Nilai Koefisien Hambatan Total (C_T) dan Bilangan Froude pada Kapal Model antara draught 75% dengan 100%



Gambar 4.11 Grafik antara C_T dengan F_n draught 100% dan draught 75%

Grafik terakhir yang akan ditampilkan dalam analisis data ini adalah grafik perbandingan nilai Koefisien hambatan total dan nilai *Froude number* untuk kapal model tipe lambung U dengan masing-masing garis yang terbentuk mewakili kondisi pemuatan, yakni 75 % dan 100 %. Grafik ini ditujukan untuk menampilkan perbedaan secara visual yang timbul apabila kita melakukan variasi muatan dalam kapal model tipe lambung U. Pada kedua grafik yang terbentuk tersebut, dapat dilihat bahwa arah garis grafik yang terbentuk mewakili kondisi pemuatan 75 % lebih diatas jika dibandingkan dengan grafik yang mewakili kondisi pemuatan 100 %. Analisa yang diambil apabila mengamati kondisi grafik seperti ini adalah diperkirakan untuk nilai froude yang sama, nilai koefisien hambatan total yang terbentuk pada kondisi pemuatan 75 % lebih rendah daripada kondisi pemuatan 100 %. Yang membuat perbedaan itu menjadi jelas adalah pada voltage penarikannya. Sebagai acuan kita ambil Froude number 0,35. Pada kondisi itu terlihat jelas garis grafik yang mewakili kondisi pemuatan 75 % diatas dari garis yang mewakili grafik pada kondisi pemuatan 100 % namun jika

diperhatikan dengan seksama, voltase penarikan yang mewakili garis dengan kondisi pemuatan sebesar 75 % jauh lebih rendah, dapat diperkirakan apabila ditarik garis tegak lurus tepat di nilai Froude number 0,35 maka untuk voltase penarikan pada kondisi pemuatan 75 % masih berada pada jangkauan 80 volt sedangkan jika mengamati garis yang mewakili kondisi pemuatan 100 % maka akan terlihat bahwa jangkauan voltage nya ada pada rasio 100 volt.

Pada sumbu X yang mewakili nilai *Froude number*, dapat dilihat bahwa pada garis yang mewakili kondisi pemuatan 75 % memiliki nilai froude number yang lebih besar jika dibandingkan dengan kondisi pemuatan 100 %. Kondisi ini terjadi dipengaruhi oleh faktor pemuatan, sehingga apabila kapal model tipe lambung U ini ditarik maka akan menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi pada pemuatan 75 % dibandingkan dengan kondisi pemuatan 100 %. Karena tentu saja semakin berat muatan kapal maka bagian yang tercelup akan semakin besar dan hambatannya akan semakin tinggi.

Nilai *form factor* yang diperoleh pada kondisi pemuatan kapal model sebesar 75% ini tentu saja lebih kecil nilainya dari nilai *form factor* yang berhasil diperoleh dengan kondisi pemuatan kapal model sebesar 100%. Jika kita bandingkan untuk nilai *form factor* pada pemuatan kapal model tipe lambung U dengan draught 100% senilai 0,711 dan pada draught 75% senilai 0,607, terlihat jelas jika nilai yang dihasilkan pada kondisi pemuatan sebesar 75 % lebih kecil dari nilai yang dihasilkan oleh pemuatan 100%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari percobaan ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Nilai koefisien hambatan total akan naik seiring dengan peningkatan draught kapal. Hal ini semakin naiknya draught kapal berarti muatannya besar sehingga bagian yang tercelup air akan lebih luas. Semakin luas bidang basahnya maka hambatan akan lebih besar dan kecepatan akan berkurang.
2. Koefisien hambatan total dan *form factor* dipengaruhi oleh kecepatan kapal.
3. Kapal yang memiliki kecepatan lebih tinggi akan menghasilkan *form factor* lebih rendah, sehingga berbanding lurus dengan koefisien hambatan total.
4. Pengaruh akibat kenaikan *Froude number* dan *Reynold number* akan berdampak pada nilai *form factor* menjadi lebih rendah sehingga akan berpengaruh pada rendahnya nilai koefisien hambatan total.
5. Nilai *form factor* pada pemuatan kapal model tipe lambung U dengan draught 75% senilai 0,607 dan pada draught 100% senilai 0,711.
6. *Form factor* yang memiliki nilai variatif terhadap kondisi pemuatan dapat dijadikan konstanta untuk selanjutnya dapat dimasukkan ke dalam perhitungan dalam menentukan koefisien hambatan gesek untuk merancang sebuah kapal.

5.2 Saran

Dari percobaan ini ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan alat ukur yang lebih baik akan memudahkan dalam proses pengambilan data, mungkin *load cell* dapat menjadi alternatif lain dalam pengambilan data karena lebih presisi dan setiap tarikan memiliki nilai yang dapat dengan mudah terbaca secara komputerisasi karena dapat ditransmisikan langsung ke sebuah perangkat pembaca.
2. 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.
3. Studi lanjutan mengenai informasi teraktual dari *form factor* harus selalu dilakukan karena mungkin saja di kemudian hari terdapat tambahan formula dalam menentukan nilai ini.
4. Uji tarik sebaiknya dilakukan dengan menggunakan variasi model lambung yang berbeda sehingga hasil perhitungannya dapat dijadikan database yang nantinya dapat menjadi sebuah referensi perhitungan bagi lulusan teknik perkapalan dalam mendesain lambung kapal.
5. Data akan lebih akurat apabila proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan wind tunnel karena akan mewakili nilai kapal model secara utuh yang akan mempermudah dalam mendapatkan nilai form factor dengan variasi kondisi pemuatan.

DAFTAR PUSTAKA

Harvald, Sv.Aa. (1992). *Tahanan dan Propulsi Kapal* (Jusuf Susanto, Penerjemah). Surabaya : Airlangga University Pers.

Talahatu, M.A. (1985). *Teori Merancang Kapal*. Jakarta : FTUI

Talahatu, M.A. (1985). *Hydromekanika Kapal I*. Jakarta : FTUI

Hilmi. (2009). *Simulasi Uji Tarik Kapal Model Untuk Mengetahui Hambatan Dan Daya Efektif Pada Kapal Sebenarnya*. Depok : FTUI

International Towing Tank Conference. (2002). *Testing and Extrapolation Methods, General Guidelines for Uncertainty analysis in Resistance Towing Tank Tes Journal*.