



UNIVERSITAS INDONESIA

**EFEKTIFITAS PENGGUNAAN BANTALAN UDARA PADA
TONGKANG PENGANGKUT BATU SPLIT DALAM MENGURANGI
TAHANAN GESEK KAPAL**

SKRIPSI

MUHAMMAD ARIF BUDIYANTO

07 06 27 5385

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

DESEMBER 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

Efektifitas Penggunaan Bantalan Udara Pada Tongkang Pengangkut Batu Split
Dalam Mengurangi Tahanan Gesek Kapal

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Muhammad Arif Budiyanto

07 06 27 5385

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
DESEMBER 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Arif Budiyanto
NPM : 07 06 27 5385
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Efektifitas Penggunaan Bantalan Udara Pada Tongkang Pengangkut Batu Dalam Mengurangi Tahanan Gesek Kapal

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. Hadi Tresno Wibowo ()
Penguji : Ir. Sunaryo, Ph.D ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng ()
Penguji : Ir. M. A. Talahatu, M.T ()

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

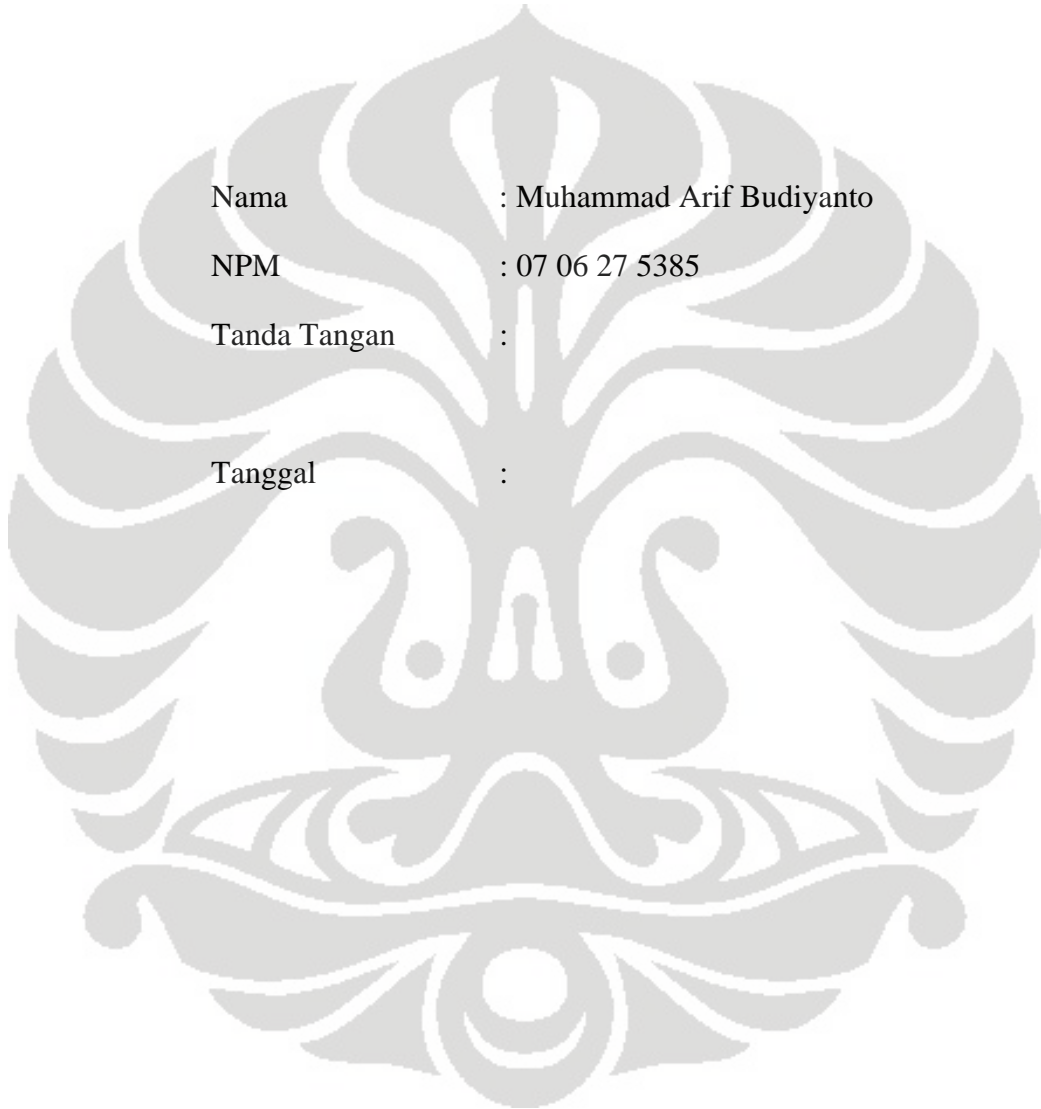
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Arif Budiyanto

NPM : 07 06 27 5385

Tanda Tangan :

Tanggal :



KATA PENGANTAR

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

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

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

Depok, Desember 2010

Muhammad Arif Budiyanto

HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Arif Budiyanto

NPM : 07 06 27 5385

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:

“Efektifitas Penggunaan Bantalan Udara Pada Tongkang Pengangkut Batu Split
Dalam Mengurangi Tahanan Gesek Kapal”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal :

Yang menyatakan,

Muhammad Arif Budiyanto

ABSTRAK

Nama : Muhammad Arif Budiyanto
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Efektifitas Penggunaan Bantalan Udara Pada Tongkang Pengangkut - Batu Split Dalam Mengurangi Tahanan Gesek Kapal

Tahanan pada tongkang identik dengan kecepatan kapal tersebut. Dengan menggunakan bantalan udara diharapkan dapat mengurangi nilai tahanan gesek kapal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan kecepatan pada kedua jenis kapal, baik tongkang dengan bantalan udara dan tanpa menggunakan bantalan udara. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan uji tarik kapal model di kolam uji tarik. Pengujian menggunakan *high speed camera* untuk mendapatkan nilai kecepatan kapal. Hasil dari pengujian menunjukkan kecepatan kapal model dengan bantalan udara mempunyai nilai yang lebih tinggi sekitar 3%-7%. Namun setelah dilakukan perhitungan nilai tahanan gesek kapal model kedua cenderung lebih besar dibandingkan kapal model tanpa bantalan udara. Hal ini menunjukkan bahwa bantalan udara pada percobaan ini belum efektif dalam mengurangi besarnya tahanan gesek pada kapal model.

Kata kunci : Tongkang, tahanan gesek, bantalan udara

ABSTRACT

Name : Muhammad Arif Budiyanto

Study Program: Naval Architecture

Title : The Effectivity of Air Chusion on a Barge to Reduce Frictional Resistance

The resistance of a barge is identically than the velocity of the barge. With using an air chusion are expected to reduce the frictional resistance vessel. The point is to know the diference between barge with air chusion system and withtout air cushion system. The barge's design has make with a measure that real in a testing condition. Mass of hanger variation is used to get some data. Tests using high speed camera to obtain the value of ship speed. From the model test results indicate the speed of air chusion barge have a higher value of about 3% -7%. However, after calculating the value of frictional resistance vessels both models tend to be larger than the model without air cushion barge. This showed that the air cushion in this experiment has not been effective in reducing the amount of frictional resistance on the ship model.

Keywords: Barge, frictional resistance, air cushion

DAFTAR ISI

| | halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | ii |
| PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 01 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 02 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 02 |
| 1.4 Batasan Masalah | 02 |
| 1.5 Metode Penelitian | 03 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 05 |
| BAB II LANDASAN TEORI | |
| 2.1 Tahanan Kapal | 06 |
| 2.2 Tahanan Gesek | 08 |
| 2.3 Tahanan Bentuk | 09 |
| 2.4 Froude Number | 10 |
| 2.5 Kecepatan | 10 |
| 2.6 Teori Bantalan Udara | 11 |

BAB III RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

| | |
|--|---------|
| 3.1 Pembuatan Kapal Modelk |14 |
| 3.1.1 Desain Kapal Model |14 |
| 3.1.2 Bentuk Rancangan Kapal Model |14 |
| 3.1.3 Proses Pembuatan Kapal Model |15 |
| 3.2 Rancangan Alat Uji |18 |
| 3.2.1 Kolam Uji Tarik |18 |
| 3.2.2 High Speed Camera |18 |
| 3.2.3 Kompresor |20 |
| 3.3 Uji Coba Kapal Model |20 |
| BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA | |
| 4.1 Perhitungan Data |24 |
| 4.1.1 Kondisi Muatan I |24 |
| 4.1.2 Kondisi Muatan II |35 |
| 4.2 Analisa Data |43 |
| BAB V KESIMPULAN | |
| 5.1 KESIMPULAN |47 |
| 5.2 SARAN |47 |
| DAFTAR PUSTAKA |48 |

DAFTAR GAMBAR

| | halaman |
|--|---------|
| Gambar 3.1 Koordinat garis patahan kapal model..... | 14 |
| Gambar 3.2 Rancangan tiga dimensi menggunakan software CATIA®..... | 15 |
| Gambar 3.3 Bukaan kulit rancangan kapal..... | 15 |
| Gambar 3.4 Kapal model rancangan..... | 17 |
| Gambar 3.5 Modifikasi kapal model kedua, Tongkang dengan bantalan udara..... | 17 |
| Gambar 3.6 Kolam uji tarik..... | 18 |
| Gambar 3.7 High Speed Camera..... | 19 |
| Gambar 3.8 Skala penggaris pada lambung kapal model..... | 19 |
| Gambar 3.9 Kompresor udara..... | 20 |
| Gambar 3.10 Rancangan alat percobaan..... | 21 |
| Gambar 3.11 Langkah percobaan tahap 1..... | 22 |
| Gambar 4.1 Grafik kecepatan terhadap tahanan gesek pada kondisi muatan I..... | 27 |
| Gambar 4.2 Grafik tahanan gesek terhadap koefisien tahanan gesek pada kondisi I..... | 29 |
| Gambar 4.3 Grafik koefisien tahanan gesek pada kondisi muatan I..... | 34 |
| Gambar 4.4 Grafik kecepatan terhadap tahanan gesek pada kondisi muatan II..... | 37 |
| Gambar 4.5 Grafik tahanan gesek terhadap koefisien tahanan gesek pada kondisi II..... | 39 |
| Gambar 4.6 Grafik koefisien tahanan gesek pada kondisi muatan II..... | 43 |
| Gambar 4.7 Grafik nilai koefisien tahanan total kapal model..... | 44 |
| Gambar 4.8 Grafik nilai koefisien tahanan gesek (C_F) kapal model..... | 45 |
| Gambar 4.9 Grafik nilai koefisien tahanan sisa (C_R) kapal model..... | 46 |

DAFTAR TABEL

| | halaman |
|--|---------|
| Tabel 4.1 Data hasil percobaan kondisi muatan I..... | 24 |
| Tabel 4.2 Data perhitungan kecepatan pada kondisi muatan I..... | 26 |
| Tabel 4.3 Koefisien tahanan total (C_T) pada kondisi muatan I..... | 28 |
| Tabel 4.4 Nilai koefisien tahanan gesek kapal model 1 pada kondisi muatan I..... | 30 |
| Tabel 4.5 Nilai koefisien tahanan sisa kapal model 1 pada kondisi muatan I..... | 31 |
| Tabel 4.6 Nilai koefisien tahanan gesek kapal model 2 pada kondisi muatan I..... | 32 |
| Tabel 4.7 Besar tahanan gesek kapal model 1 pada kondisi muatan I..... | 33 |
| Tabel 4.8 Besar tahanan gesek kapal model 2 pada kondisi muatan I..... | 33 |
| Tabel 4.9 Data hasil percobaan kondisi muatan II..... | 35 |
| Tabel 4.10 Data perhitungan kecepatan pada kondisi muatan II. | 36 |
| Tabel 4.11 Koefisien tahanan total (C_T) pada kondisi muatan II..... | 38 |
| Tabel 4.12 Nilai koefisien tahanan gesek kapal model 1 pada kondisi muatan II..... | 39 |
| Tabel 4.13 Nilai koefisien tahanan sisa kapal model 1 pada kondisi muatan II..... | 40 |
| Tabel 4.14 Nilai koefisien tahanan gesek kapal model 2 pada kondisi muatan II..... | 41 |
| Tabel 4.15 Besar tahanan gesek kapal model 1 pada kondisi muatan II..... | 41 |
| Tabel 4.16 Besar tahanan gesek kapal model 2 pada kondisi muatan II..... | 42 |
| Tabel 4.17 Hasil perhitungan data kapal model 1 dan kapal model 2..... | 43 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tongkang merupakan suatu jenis kapal dengan lambung datar yang digunakan untuk mengangkut barang yang banyak dijumpai di perairan Indonesia. Pada umumnya pengoperasian tongkang ditarik dengan kapal tunda, seiring berkembangnya teknologi terdapat tongkang dengan sistem propulsi sendiri. Daerah pelayaran tongkang umumnya adalah daerah sungai dan daerah pantai. Bentuk tongkang mempunyai karakteristik yang berbeda dengan jenis kapal umum. Oleh karena itu tongkang mempunyai kelebihan dan kekurangan. Struktur konstruksi tongkang yang sederhana membuat biaya produksi lebih rendah dan tidak memakan waktu yang lama. Tongkang juga mempunyai daya angkut besar serta waktu bongkar muat barang cukup cepat.

Dari segi lain, bentuk lambung tongkang mempunyai tahanan lebih besar dibandingkan jenis kapal umum yang tersusun oleh tahanan gesek dan tahanan sisa kapal. Besarnya tahanan gesek membuat kecepatan tongkang tidak efisien dan membutuhkan tenaga yang besar untuk menggerakkannya. Hal ini mendasari penelitian tugas akhir ini tentang pemanfaatan bantalan udara pada tongkang untuk mengurangi tahanan gesek kapal. Sehingga akan diketahui apakah bantalan udara pada tongkang akan mengurangi besarnya tahanan gesek kapal secara signifikan.

Untuk mengurangi tahanan gesek pada tongkang dapat dilakukan pemanfaatan dengan memberikan adanya suatu bantalan udara pada dasar tongkang. Dasar tongkang merupakan permukaan yang rata dan sangat luas. Bantalan udara dibentuk seluas permukaan yang rata mengarah ke dalam lambung dari pelat tinggi sampai 20 cm, di las tegak lurus membentuk kontur yang menyambung, udara akan terjebak di dalam kontur tersebut sehingga membentuk sebuah bantalan udara. Apabila udara keluar dari kontur maka akan diisi kembali menggunakan kompressor udara yang dapat bekerja sepanjang perjalanan.

Dengan adanya bantalan udara ini diharapkan akan mengurangi luas permukaan bidang basah sehingga dapat mengurangi tahanan gesek. Sasaran

penelitian ini adalah tongkang pengangkut batu kali yang rencananya akan di buat bangunan baru sebagai penunjang pembangunan wilayah di Indonesia bagian timur.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan paparan diatas maka permasalahan yang dapat diambil yaitu :

- a. Bagaimana pengaruh bantalan udara pada tongkang terhadap tahanan gesek kapal kapal.
- b. Seberapa besar perbedaan nilai tahanan gesek kapal pada tongkang pemanfaatan bantalan udara dengan tongkang tanpa pemanfaatan udara.

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bantalan udara pada tongkang terhadap tahanan gesek kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui besarnya nilai kenaikan kecepatan tongkang dengan pemanfaatan bantalan udara.
- b. Meberikan gambaran karakteristik pengaruh bantalan udara dan cara yang efektif agar udara yang diberikan ke dalam bantalan udara sesuai dengan kebutuhan.
- 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 laboratorium hidrodinamika Teknik Perkapalan UI dengan peralatan yang ada pada saat penelitian.
2. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua kapal model, kapal model pertama tanpa bantalan udara dan kapal model kedua dengan bantalan udara.
3. Percobaan dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi beban tahanan pada setiap model kapal.

4. Percobaan dilakukan pada kondisi air tenang.
5. Analisa dilakukan adalah mengenai pengaruh bantalan udara pada model kapal terhadap tahanan gesek 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 karakteristik tongkang yang mempunyai kelebihan dan kekurangan
- Penjelasan mengenai pengurangan nilai tahanan kapal dengan berbagai cara termasuk bantalan udara
- Proses perubahan nilai tahanan kapal sesuai dengan perubahan luas permukaan bidang basah

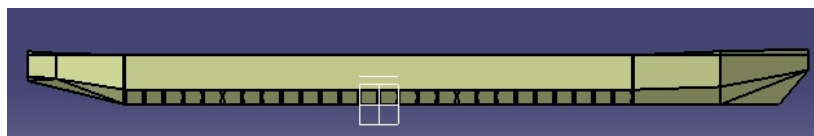
2. Percobaan di Laboratorium

Percobaan di laboratorium digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian.

- Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua variasi model tongkang

1. Kapal Model 1 (Tongkang tanpa bantalan udara)

- a. Panjang Kapal (Loa) : 100 cm
- b. Lpp : 98 cm
- c. Lebar (B) : 25 cm
- d. Tinggi (H) : 6,25 cm
- e. Draft (T) : 4 cm
- f. Cb : 0.9
- g. Skala : 1 : 40



2. Kapal Model 2 (Tongkang dengan bantalan udara)

- a. Panjang Kapal (Loa) : 100 cm
- b. Lpp : 98 cm
- c. Lebar (B) : 25 cm
- d. Tinggi (H) : 6,25 cm
- e. Draft (T) : 4 cm
- f. Cb : 0.9
- g. Skala : 1 : 40



- Percobaan dilakukan dengan melakukan uji tarik dengan melihat kecepatan kapal sesuai dengan beban tahanan yang diberikan yaitu 0,12 kg, 0,14 kg, 0,16 kg, 0,18 kg dan 0,2 kg. Proses pengambilan kecepatan dilakukan dengan menggunakan *High Speed Camera* dengan pengaturan sebagai berikut
 - Panjang frame horizontal : 640 pixel
 - Panjang frame vertikal : 521 pixel
 - Jumlah frame per detik : 500 frame/detik
 - Output gambar : Avi
- Percobaan kedua kapal model menggunakan kondisi muatan yang sama pada tiap model. Setiap percobaan menggunakan dua kondisi muatan yaitu 6,189 kg dan 9,129 kg.

3. Pengumpulan data

- a. Data kecepatan kapal model hasil pengujian berdasarkan variasi beban tahanan yang diberikan pada setiap kondisi muatan kapal model.
- 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 tahanan gesek kedua 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 II

LANDASAN TEORI

2.1 Tahanan Kapal

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

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

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

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

- Hambatan Gesek

Hambatan gesek ini terjadi karena adanya suatu volume air yang melekat pada badan kapal yang terbentuk pada permukaan bagian yang terendam dari badan kapal yang sedang bergerak, dikenal sebagai lapisan batas (boundary layer). Di dalam daerah lapisan batas tersebut, kecepatan gerak dari pada partikel-partikel zat cair bervariasi dari nol pada permukaan kulit kapal menjadi maksimum yaitu sama dengan besarnya kecepatan aliran zat cair pada tepi dari lapisan batas tersebut. Perubahan atau variasi kecepatan partikel-partikel zat cair inilah yang mencerminkan adanya pengaruh intensif gaya-gaya viskositas pada lapisan batas yang menimbulkan tahanan gesek pada lambung kapal tersebut.

- Hambatan Gelombang

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami hambatan sehingga menyebabkan terbentuknya suatu system gelombang. Sistem gelombang ini terbentuk akibat terjadinya variasi tekanan air terhadap lambung kapal pada

saat kapal bergerak dengan kecepatan tertentu. Ada tiga jenis gelombang yang biasanya akan terbentuk pada saat kapal bergerak yaitu gelombang haluan, gelombang melintang pada sisi lambung dan gelombang buritan. Energi yang dibutuhkan untuk membentuk system gelombang ini diperoleh dari gerakan kapal ini sendiri. Pemindahan energi ini dianggap menggambarkan adanya suatu gaya yang menghambat gerak maju dari kapal dan dianggap sebagai hambatan gelombang.

- Hambatan Bentuk

Hambatan ini terjadi karena terbentuknya partikel-partikel air yang bergerak dalam satuan pusaran (*eddy*). Pusaran-pusaran ini terjadi antara lain karena bentuk-bentuk yang tidak stream line, bentuk yang demikian ini terdapat di bagian belakang kapal. Akibat terjadinya arus *eddy* ini, pada bagian buritan tekanan yang terjadi tidak dapat mengimbangi tekanan pada bagian depan sehingga timbullah suatu gaya yang melawannya gerak maju dari kapal.

- Hambatan Udara

Hambatan ini terjadi pada badan kapal yang berada di atas permukaan air. Seperti halnya pada badan kapal yang berada di bawah garis air, maka hambatan udara juga terbagi dua menjadi hambatan gesek dan hambatan bentuk. Kecuali dalam cuaca buruk maka hambatan udara yang dialami kapal hanya berkisar 2% -4% dari hambatan total.

- Hambatan Tambahan

Hambatan ini terjadi karena adanya penonjolan daripada alat-alat bantu pada lambung kapal seperti kemudi, lunas sayap, zinc anode, bentuk buritan, dll. Besarnya hambatan ini dapat mencapai sepuluh persen dari hambatan total yang dialami.

- Hambatan Sisa

Hambatan sisa merupakan gabungan dari hambatan gelombang, hambatan bentuk, hambatan udara dan juga hambatan tambahan. Sehingga dalam berbagai metode perhitungan hambatan total dikenal dua buah komponen hambatan yaitu hambatan gesek dan hambatan sisa.

Untuk menentukan besarnya tahanan kapal dapat dilakukan dengan beberapa metode. Salah satu metode perhitungan yang dapat digunakan adalah “Metode Froude” . Froude menganggap bahwa tahanan suatu kapal atau model dapat dipisahkan ke dalam dua bagian : (1) tahanan gesek dan (2) tahanan sisa. Tahanan sisa ini disebabkan karena pengaruh gaya gravitasi dan inersia, sedangkan tahanan gesek disebabkan karena pengaruh gaya viskositas dan gaya inersia. Jadi tahanan belum dipisah-pisahkan kedalam bagian sebanyak yang sudah dijelaskan diatas.

Tahanan kapal model R_T diukur pada harga kecepatan V . Tahanan ini kemudian dipisahkan ke dalam dua bagian

$$R_T = R_F + R_R \dots\dots\dots(2.2)$$

R_F adalah tahanan gesek dan R_R adalah tahanan sisa model.

2.2 Tahanan Gesek

Tahanan gesek R_F adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan cara mengintegral tegangan tangensial ke seluruh permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal. Tahanan gesek spesifik atau koefisien drag C_F didefinisikan sebagai

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

ρ adalah massa jenis, V kecepatan kapal, dan S permukaan basah kapal.

Di lain pihak, jika pada kecepatan V harga C_F diketahui maka tahanan gesek dapat dihitung memakai

$$R_F = C_F \cdot \left(\frac{1}{2} \rho V^2\right) S \dots\dots\dots(24)$$

Penentuan tahanan gesek secara klasik dengan memakai percobaan dilakukan oleh William Froude dinyatakan dalam rumus :

$$R_F = fSV^n \dots\dots\dots(2.5)$$

S adalah luas total permukaan kapal, f adalah koefisien gesek papan, V adalah kecepatan papan dan n adalah indeks yang merupakan pangkat dari V yang menunjukkan kenaikan R_F . R.E Froude (1888) melengkapi makalah ayahnya dengan data koefisien dan konstan yang dipakainya. Rumus tahanan gesek tersebut kemudian dinyatakan dalam kilogram (gaya) sebagai

$$R_F = \frac{\gamma \lambda}{1000} S V^{1,825} \dots\dots\dots(2.6)$$

- S = Luas permukaan basah (m^2)
- V = Kecepatan (meter/detik)
- γ = Berat jenis air (kg/m^3)
- λ = Koefisien tahanan gesek

Le **Besnerais** menyatakan koefisien tahanan gesekan λ pada suhu $15^\circ C$ dalam rumus sebagai berikut :

$$\lambda = 0,1392 + \frac{0,258}{2,68 + L} \dots\dots\dots(2.7)$$

L adalah panjang kapal model atau kapal dalam meter.

Jika koefisien gesekan tersebut akan dipakai untuk suhu t selain $15^\circ C$ maka koreksi dapat dilakukan dengan memakai rumus berikut ini :

$$\lambda_t = \lambda(1 + 0,0043\Delta t) \dots\dots\dots(2.8)$$

$\Delta t = 15^\circ C - t$ (harga ini negatif jika $t > 15^\circ C$)

Penggabungan persamaan 2.3 dengan persamaan 2.6 menghasilkan hubungan rumus sebagai berikut :

$$C_F = 2 \times 10^{-3} \lambda g V^{-0,175} \dots\dots\dots(2.9)$$

2.3 Tahanan Bentuk

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

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

2.4 Froude Number

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

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g.L}} \dots\dots\dots(2.10)$$

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

$$C_{RS} = \frac{\rho_S}{\rho_M} \cdot C_{RM} \dots\dots\dots(2.11)$$

2.5 Kecepatan

Besarnya kecepatan kapal (V) tersebut dapat dihitung menggunakan perubahan jarak (s) yang ditempuh per satuan waktu (t) .

$$V = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

- V = Kecepatan kapal model (meter/detik)
 s = Perubahan jarak kapal model (meter)
 t = Waktu tempuh kapal model (detik)

2.6 Teori Bantalan Udara

Air cushion adalah sebuah sistem *cushion pressure* dimana udara dimampatkan pada suatu ruangan, khususnya dibawah suatu batasan-batasan yang didalamnya dialirkan udara bertekanan yang akan menghasilkan *cushion pressure* yang bisa menghasilkan gaya angkat pada sistem, sehingga sistem bisa diberikan secara kontinu melalui sebuah baling-baling atau *propeller* yang menghisap udara di bagian luar dan kemudian mengalirkannya kedalam. Atau bisa juga memanfaatkan prinsip *ground effect*, yaitu berupa kecepatan yang menghasilkan gaya angkat.

Sistem *air cushion* dilengkapi oleh *skirt* atau kantung yang mengelilingi bagian dari sistem, sehingga dari kantung tersebut bisa dihasilkan *cushion pressure* yang sanggup mengangkat beban dari dirinya dengan ketinggian tertentu dan sekaligus bisa melakukan pergerakan, dengan gesekan yang sangat kecil. Gambar dibawah ini adalah gambaran mengenai sistem. Untuk bisa menghasilkan kecepatan seperti ini maka sistem harus memperhatikan tenaga yang dibutuhkan untuk digunakan sebagai tekanan *cushion* bisa selalu terpenuhi. Selain itu, tenaga yang dibutuhkan untuk menghasilkan gaya dorong harus cukup kuat supaya kendaraan bisa melaju dengan cepat.

Skirt atau kantung udara yang diterapkan terdiri dari dua jenis yaitu *flexible skirt* dan *rigid*, tergantung dari kebutuhan dan kondisi yang akan diterapkan. Ilustrasi atau perhitungan yang bisa menggambarkan efek dari *air cushion* bisa dilihat pada skema dibawah ini

Ada dua jenis atau cara perhitungan yang dipakai dalam melakukan perhitungan *cushion pressure* yaitu dengan menggunakan sistem *plenum chamber* dan *peripheral jet*. Pada sistem *plenum chamber*, *cushion pressure* dihasilkan dari aliran fluida yang dihasilkan dari *propeller* yang kemudian membentuk *cushion area* yang digunakan untuk menghasilkan *cushion pressure*.

Udara yang bertekanan di pompa atau dihisap oleh sebuah atau beberapa fan atau kompressor ke dalam ruangan yang diperuntukkan untuk membentuk *air cushion* pada sistem. Pada kondisi yang *steady*, udara yang dialirkan hanya cukup untuk menggantikan kebocoran akibat celah atau *peripheral gap* yang ada di bawah dari sistem. Prinsip *air cushion* yang kedua adalah dengan menggunakan *peripheral jet*, dimana udara bertekanan dialirkan melalui pipa yang pada ujungnya dipasangkan sebuah nosel yang bisa membentuk aliran yang berupa semburan atau jet.



BAB III

RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

Untuk dapat mengetahui besarnya hambatan suatu kapal dapat dilakukan percobaan uji tarik terhadap dua model kapal, yang pertama pada kapal jenis tongkang biasa (tanpa bantalan udara) dan jenis tongkang dengan bantalan udara. Percobaan uji tarik dilakukan dengan cara yang sederhana dengan memerlukan wadah atau bak yang tidak terlalu panjang. Hal ini sangat tepat dengan kondisi dan fasilitas laboratorium milik Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Ketika percobaan yang dilakukan terlihat perbedaan kecepatan dan hambatan yang cukup signifikan, barulah uji coba dilakukan dengan wadah dan peralatan yang memadai.

Rancangan alat uji terdiri dari tiga tahapan. Tahap pertama adalah pembuatan kapal model yang meliputi dari desain sampai tercipta kapal model. Tahap kedua adalah rancangan alat uji yang akan digunakan untuk menguji kapal model yang telah dibuat. Tahap ketiga adalah uji coba kapal model dan pengambilan data.

Proses pengujian dilakukan dua kali, pertama yaitu kapal model jenis tongkang tanpa bantalan udara dan yang kedua yaitu kapal model jenis tongkang dengan bantalan udara. Pengujian dilakukan pada saat kondisi air yang tenang, hal ini bertujuan untuk mengurangi adanya hambatan baru yang diakibatkan gelombang air. Posisi kapal model sebelum ditarik harus ditempatkan tepat ditengah agar skala yang ditempel pada kapal model tertangkap oleh High Speed Camera. Tali pengait antara kapal model dan beban harus bebas bergerak tanpa tersangkut, sehingga tidak ada gangguan gaya lain yang mempengaruhi kecepatan kapal.

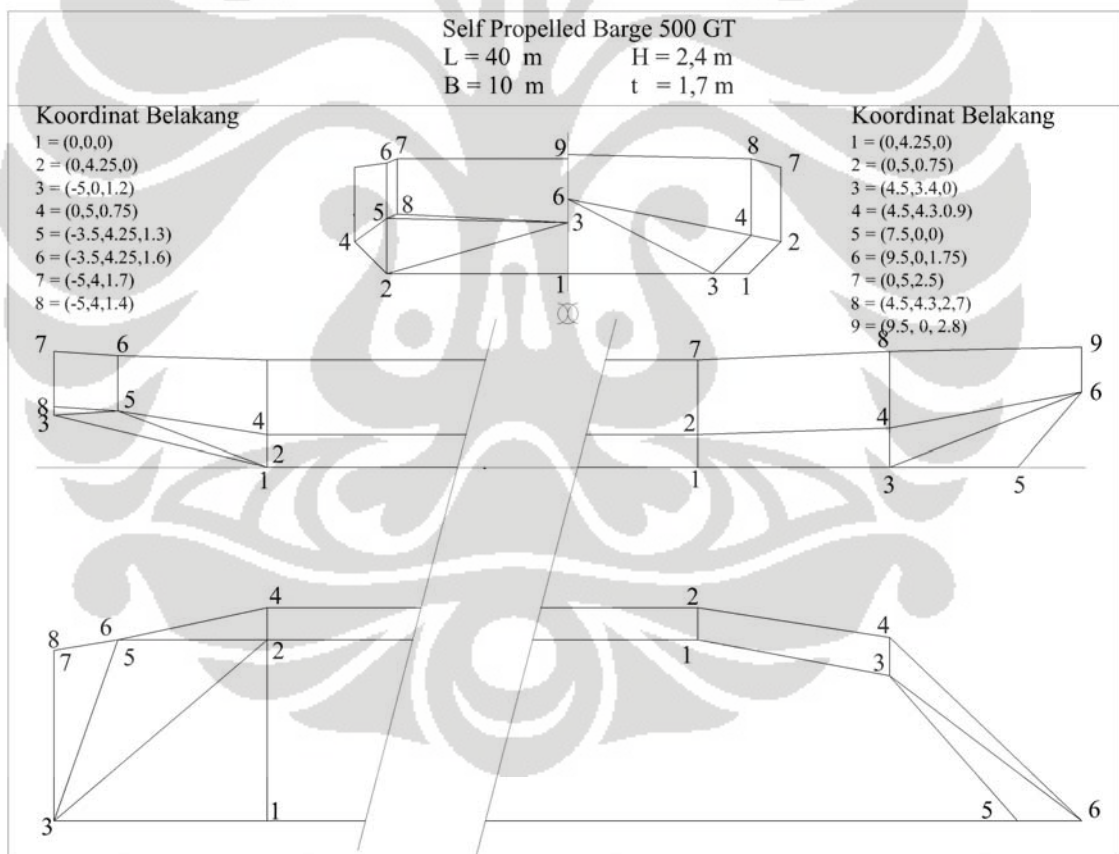
Pengambilan data dilakukan setelah semua alat sudah terpasang sesuai dengan rancangan. Kapal model siap ditarik apabila sudah sesuai dengan kondisi pengujian yang ditetapkan. Sesaat sebelum kapal model melewati garis fokus High Speed Camera yang sudah terpasang, pada saat itu High Speed Camera sudah mulai menangkap gambar. Gambar yang tertangkap oleh camera langsung

disimpan di dalam memori komputer. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua kondisi muatan pada masing-masing kapal.

3.1 Pembuatan Kapal Model

3.1.1 Desain Kapal Model

Kapal model yang akan dilakukan pengujian adalah jenis Tongkang untuk pengangkutan batu kali dengan sistem propulsi sendiri (*self-propelled barge*). Desain pada pengujian ini menggunakan desain plat datar yang dikembangkan oleh dosen pembimbing. Desain tersebut dibuat menggunakan metode aljabar linear untuk mencari koordinat garis patahan yang tepat sesuai alur aslinya. Secara garis besar karena bentuk tongkang seperti balok, desain tongkang pada umumnya memang menggunakan lambung datar.

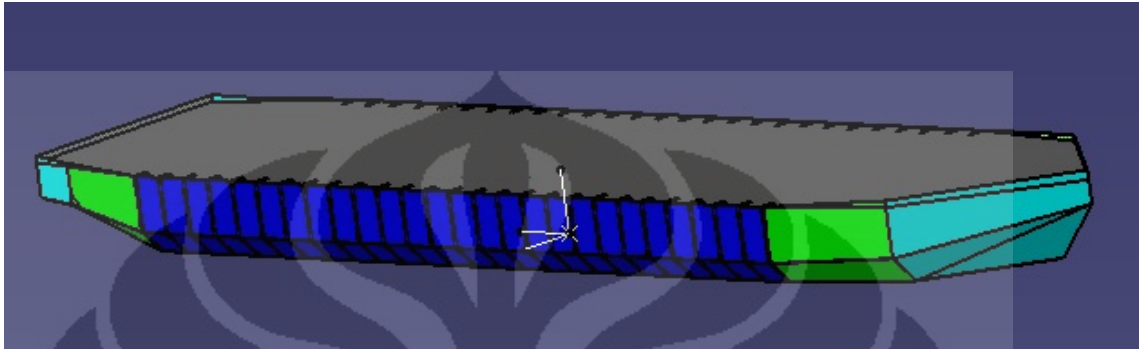


Gambar 3.1 Koordinat garis patahan kapal model

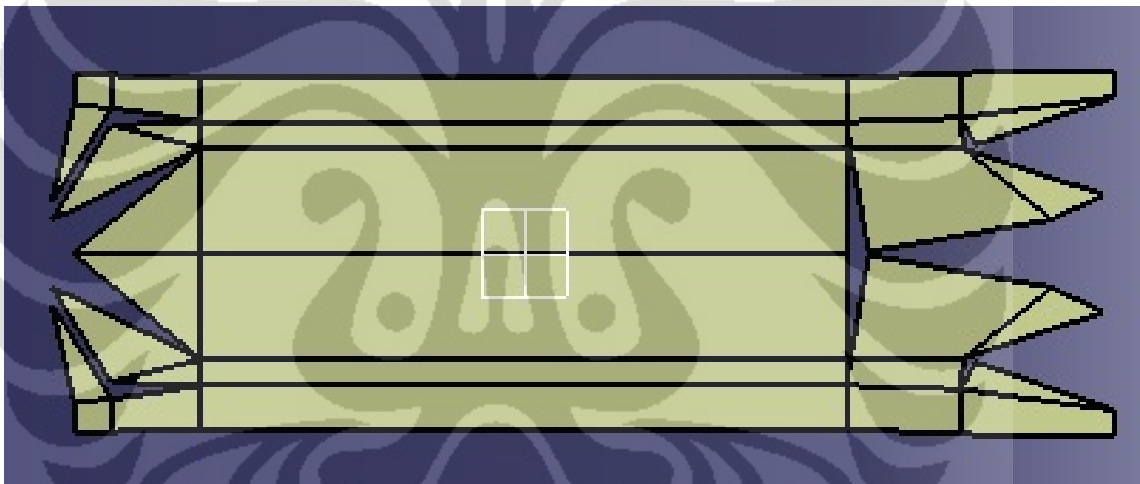
3.1.2 Bentuk Rancangan Kapal Model

Dari desain yang telah dibuat maka langkah selanjutnya yaitu membuat rancangan dari koordinat patahan garis kedalam sebuah gambar sehingga dapat dibuat dalam

bentuk model dengan skala yang diinginkan. Dalam pembuatan rancangan kedalam bentuk gambar dibantu menggunakan software CATIA®. Dengan software ini koordinat-kordinat patahan garis dibuat menjadi sebuah gambar tiga dimensi dan dapat dicetak langsung bukaan kulitnya sehingga memudahkan dalam proses selanjutnya.



Gambar 3.2 Rancangan tiga dimensi menggunakan software CATIA®



Gambar 3.3 Bukaan kulit rancangan kapal

3.1.3 Proses pembuatan kapal model

Proses pembuatan kapal model membutuhkan waktu sekitar 1 bulan. Pembuatan kapal model pada pengujian ini menggunakan bahan dasar dari triplex kemudian diperhalus dengan dempul dan cat. Berikut langkah pembuatan kapal model pengujian :

- a. Bukaan kulit yang telah dibuat dalam software CATIA® kemudian di cetak kedalam kertas sesuai dengan skala kapal model yang ingin kita uji. Pada pengujian ini skala kapal model yaitu 1 : 40
- b. Dari hasil cetakan bukaan kulit yang berada dikertas kemudian jiplak cetakan tersebut kedalam lembaran triplex dengan ukuran yang sama,

berikan tanda jiplakan agar pada proses penyambunagn tidak salah. Metode penjiplakan dapat menggunakan kertas karbon ataupun melakukan pengukuran manual.

- c. Setelah bukaan kulit sudah di jiplak pada lembaran triplex langkah selanjutnya yaitu memotong triplex sesuai dengan garis jiplakan sehingga menjadi bagian-bagian yang siap untuk dirangkai.
- d. Rangkaialah hasil potongan sesuai dengan gambar awal hingga membentuk sebuah kapal model yang kasar. Proses perangkaian dapat menggunakan lem perekat kayu yang kuat.
- e. Dari hasil rangkaian kapal model kasar tahapan selanjutnya yaitu penghalusan. Penghalusan dilakukan dengan cara melapisi permukaan yang kasar menggunakan dempul kemudian dihaluskan dengan amplas halus. Proses pendempulan dan pengaplasan dilakukan berkali-kali sehingga mendapatkan hasil yang bagus.
- f. Proses terakhir setelah kulit kapal model halus yaitu dilakukan pengecatan. Sebelum dilakukan pengecatan kulit kapal dilapisi hardener agar air tidak merembes kedalam triplek. Setelah selesai dilapis hardener barulah di lakukan pengecatan.

Proses diatas merupakan pembuatan kapal model pertama (tongkang tanpa bantalan udara), kapal model kedua (tongkang dengan bantalan udara) menggunakan kapal model pertama yang dimodifikasi. Letak modifikasi kapal model kedua (tongkang dengan bantalan udara) yaitu adanya ruang untuk bantalan udara yang terdapat pada dasar kapal model. Ruang bantalan udara menyatu dengan badan kapal yang menjorok kedalam membentuk sebuah cekungan tempat udara disuplai.

Spesifikasi kapal model :

- | | |
|------------------------|-----------|
| a. Panjang Kapal (Loa) | : 100 cm |
| b. Lpp | : 98 cm |
| c. Lebar (B) | : 25 cm |
| d. Tinggi (H) | : 6,25 cm |
| e. Draft (T) | : 4 cm |
| f. Cb | : 0.9 |

g. Skala : 1 : 40



Gambar 3.4 Kapal model rancangan

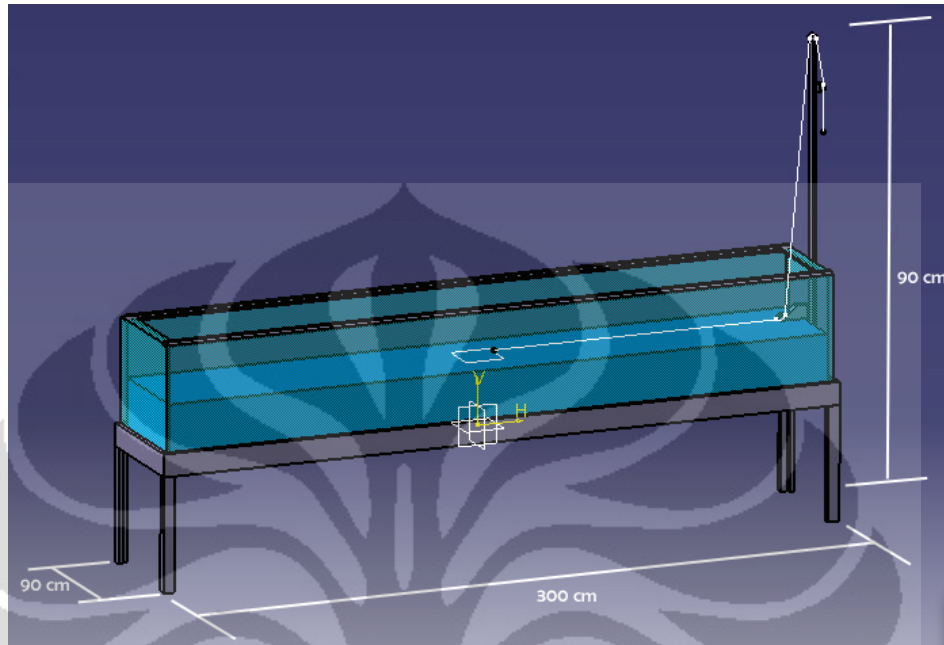


Gambar 3.5 Modifikasi kapal model kedua, Tongkang dengan bantalan udara

3.2 Rancangan Alat Uji

Pada proses pengujian ini rancangan alat uji terdiri dari :

3.2.1 Kolam Uji Tarik



Gambar 3.6 Kolam uji tarik

Kolam uji tarik ini merupakan salah satu fasilitas yang terdapat di Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Indonesia. Kolam uji tarik ini terbuat dari kaca transparan setebal 1 cm dan memiliki panjang 300 meter dengan kedalaman air bisa mencapai 40 cm. Sistem kerja kolam uji tarik ini masih menggunakan sistem manual yaitu dengan menggunakan bandul sebagai beban gaya tarik kapal, bandul terhubung dengan rangkaian tali sedemikian rupa dengan mekanismes katrol, ujung dari tali tersebut di kaitkan di kapal model yang ingin kita uji.

3.2.2 High Speed Camera

High speed camera digunakan untuk mengambil gambar ketika kapal model bergerak. High speed camera ini mempunyai kecepatan pengambilan gambar mencapai 3200 frame per detik. Gambar yang di dihasilkan terhubung langsung ke dalam memori komputer. Dengan menggunakan high speed camera waktu yang tercatat akan lebih presisi dibandingkan dengan pencatatan waktu manual. Cara kerja high speed camera ini yaitu merekam objek yang melintas di depannya untuk disimpan dalam memori komputer. Setelah data tersimpan di

komputer maka dapat dilihat besarnya waktu benda tersebut berjalan melewati fokus camera. Pengaturan posisi high speed camera ini terletak di ujung kolam uji tarik sesaat sebelum kapal model menyentuh ujung lintasan, hal ini bertujuan agar kecepatan kapal model sudah stabil.



Gambar 3.7 High Speed Camera

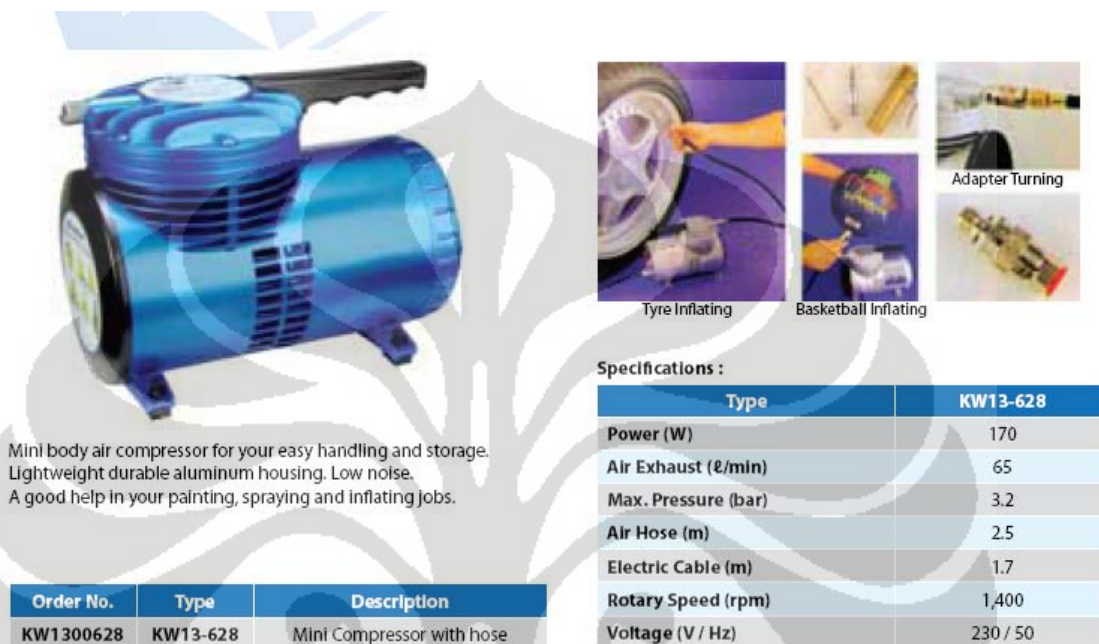
Untuk mengetahui jarak perpindahan kapal model yang bergerak maka kapal model harus diberi skala penggaris yang nantinya menjadi acuan jarak yang kita inginkan. Skala penggaris itu ditempel pada lambung kapal yang terekam oleh high speed camera. Pada percobaan ini skala penggaris yang digunakan sepanjang 20 cm terbuat dari cetakan kertas yang dilaminating dan ditempel pada lambung kapal model.



Gambar 3.8 Skala penggaris pada lambung kapal model.

3.2.3 Kompresor

Kompresor digunakan menyuplai udara pada kapal model kedua (tongkang dengan bantalan udara). Kompresor ini dihubungkan dengan selang kecil yang terhubung langsung pada kapal model. Kompresor yang digunakan adalah kompresor bertekanan rendah yang biasa digunakan untuk pengecatan.



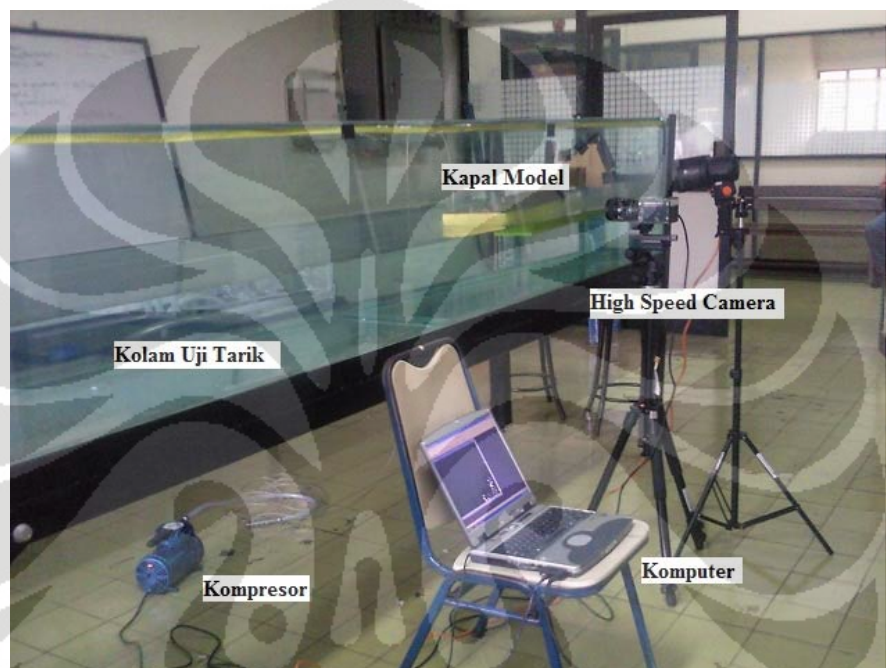
Gambar 3.9 Kompresor udara

3.3 Uji Coba Kapal Model

Proses pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kecepatan kapal model tersebut. Kecepatan kapal model kapal dapat dicari menggunakan waktu tempuh ketika kapal model tersebut ditarik menggunakan beban tertentu. Untuk mendapatkan waktu tempuh kapal model dapat dilakukan dengan berbagai cara, untuk mendapatkan hasil yang presisi maka pada percobaan ini digunakan *high speed camera*. Pada lambung kapal di tempelkan skala penggaris sepanjang 20 cm. *High speed camera* tersebut akan merekam skala penggaris sepanjang 20 cm ketika kapal model berjalan melewati fokus kamera. Dari skala penggaris tersebut maka akan diketahui besarnya waktu dengan jarak setiap 1 cm. Dari waktu tersebut maka data dapat dihitung untuk keperluan selanjutnya.

Berikut langkah percobaan dalam uji coba kapal model ini :

1. Siapkan semua peralatan alat uji sesuai dengan rancangan alat uji dan pastikan semua alat dalam kondisi yang baik.
2. Mempersiapkan kolam uji tarik, pasang tali penghubung antara bandul dan kapal model dengan sistem katrol yang sudah ada. Pastikan semua peralatan tersebut tidak ada gangguan disaat dilakukan percobaan. Panjang tali yang digunakan sekitar 370 cm.



Gambar 3.10 Rancangan alat percobaan

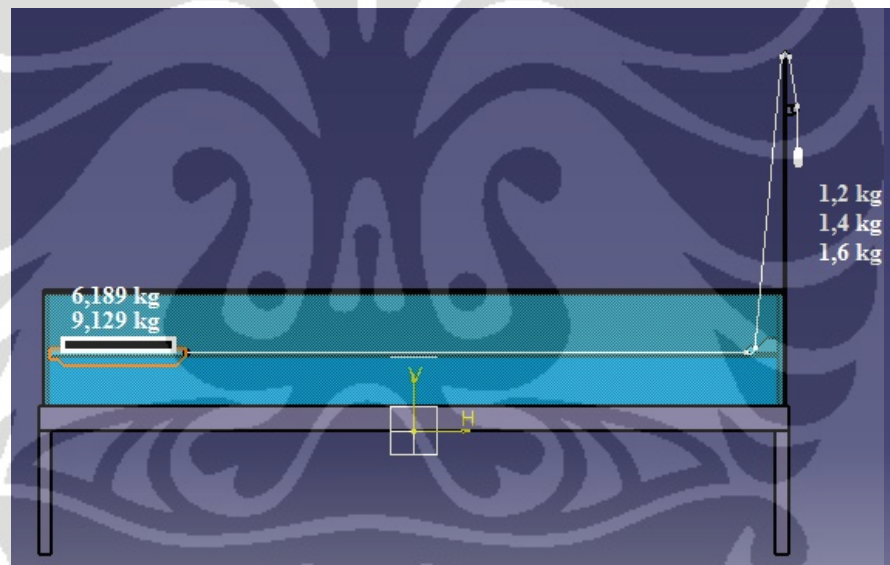
3. Menimbang berat kapal model kosong, beban kondisi muatan dan beban bandul. Pada pengujian ini beban menggunakan dua kondisi pemuatan yaitu 6,189 kg dan 9,129 kg. Sedangkan beban bandul menggunakan lima kisaran beban yaitu 0,12 kg, 0,14 kg, 0,16 kg, 0,18 kg dan 0,2 kg.
4. Menyiapkan high speed camera sehingga siap digunakan. Posisi high speed camera terlihat pada gambar. Pastikan semua kabel-kabel penghubung antara high speed camera dengan komputer tersusun rapi sehingga tidak terjadi kecelakaan. Atur software high speed camera yang terdapat di komputer sesuai dengan kebutuhan yang kita inginkan. Pada percobaan ini pengaturan hasil high speed camera sebagai berikut :

Panjang frame horizontal : 640 pixel

Panjang frame vertikal : 521 pixel

Jumlah frame per detik : 500 frame/detik
 Output gambar : Avi

5. Mengecek kembali semua rangkaian pengujian. Pengecekan meliputi kondisi air kolam uji tari sudah tenang, bandul terpasang, kapal model terikat dengan benar, tali penghubung terpasang dengan benar, beban kondisi muatan sudah di cek, dan high speed camera sudah siap untuk merekam.
6. Siap untuk melakukan uji tarik kapal model. Uji tarik kapal model dilakukan selama dua tahap. Tahap pertama yaitu untuk kapal model pertama (tongkang tanpa bantalan udara) dan tahap kedua untuk kapal model kedua (tongkang dengan banatala udara). Masing masing tahap dilakukan dengan dua kondisi muatan dan 3 pembebanan bandul yang berbeda.



Gambar 3.11 Langkah percobaan tahap 1

7. Pada setiap melakukan uji tarik data yang tersimpan di high speed camera langsung disimpan di memori di komputer untuk melakukan pengolahan data selanjutnya.
8. Setelah uji tarik tahap 1 selesai maka proses selanjutnya yaitu memodifikasi kapal model pertama, seperti telah disebutkan diawal modifikasi yang dilakukan yaitu memberikan sebuah ruangan untuk bantalan udara pada dasar kapal.

9. Setelah proses modifikasi selesai barulah dilakukan proses pengujian tahap dua.
10. Secara keseluruhan proses pengujian tahap dua hampir sama dengan langkah percobaan yang pertama. Perbedaannya yaitu penggunaan kompresor untuk menyuplai udara kedalam ruangan bantalan udara.



BAB IV

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 Perhitungan Data

Dari percobaan yang dilakukan didapatkan data mentah berupa jumlah frame yang dilalui oleh masing-masing kapal model. Waktu tempuh (t) kapal model didapat dengan cara membagi jumlah frame dengan kecepatan tangkap *high speed camera* yang sudah diatur sebelumnya. Dalam pengambilan data terdapat beberapa variasi beban gaya tarik (F) yang diberikan dengan kondisi muatan yang berbeda. Pada percobaan ini menggunakan variasi beban tahanan 0,12 kg, 0,14 kg, 1,16 kg, 0,18 kg dan 0,2 kg pada dua kondisi muatan yang berbeda yaitu 6,189 kg dan 9,129 kg. Luas permukaan basah yang dipakai dalam perhitungan didapatkan dari software CATIA® yaitu sebesar 0,272 m² untuk kapal model 1 pada draft 1, 0,312 m² untuk kapal model 1 pada draft 2, 0,141 m² untuk kapal model 2 pada draft 1, dan 0,181 m² untuk kapal model 2 pada draft 2.

4.1.1 Kondisi Muatan I (muatan 6,189 kg)

Kondisi muatan I dilakukan pada kedua jenis kapal model, kapal model 1 (tongkang tanpa bantalan udara) dan kapal model 2 (tongkang dengan bantalan udara).

Tabel 4.1 Data hasil percobaan kondisi muatan I.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|------------|------------|------------|-----------|
| s (m) | Δ Frame | | | | | Δ t (detik) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 12 | 11 | 11 | 10 | 9 | 0,024 | 0,022 | 0,022 | 0,02 | 0,018 |
| 0,02 | 24 | 22 | 21 | 20 | 18 | 0,048 | 0,044 | 0,042 | 0,04 | 0,036 |
| 0,03 | 35 | 33 | 30 | 29 | 27 | 0,07 | 0,066 | 0,06 | 0,058 | 0,054 |
| 0,04 | 48 | 43 | 40 | 39 | 37 | 0,096 | 0,086 | 0,08 | 0,078 | 0,074 |
| 0,05 | 59 | 54 | 50 | 48 | 45 | 0,118 | 0,108 | 0,1 | 0,096 | 0,09 |
| 0,06 | 71 | 64 | 59 | 58 | 55 | 0,142 | 0,128 | 0,118 | 0,116 | 0,11 |
| 0,07 | 82 | 75 | 69 | 67 | 63 | 0,164 | 0,15 | 0,138 | 0,134 | 0,126 |

| | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,08 | 94 | 85 | 78 | 77 | 72 | 0,188 | 0,17 | 0,156 | 0,154 | 0,144 |
| 0,09 | 105 | 96 | 88 | 86 | 81 | 0,21 | 0,192 | 0,176 | 0,172 | 0,162 |
| 0,1 | 116 | 106 | 97 | 95 | 90 | 0,232 | 0,212 | 0,194 | 0,19 | 0,18 |
| 0,11 | 128 | 117 | 107 | 105 | 99 | 0,256 | 0,234 | 0,214 | 0,21 | 0,198 |
| 0,12 | 140 | 127 | 116 | 114 | 108 | 0,28 | 0,254 | 0,232 | 0,228 | 0,216 |
| 0,13 | 151 | 138 | 127 | 123 | 116 | 0,302 | 0,276 | 0,254 | 0,246 | 0,232 |
| 0,14 | 162 | 148 | 135 | 132 | 125 | 0,324 | 0,296 | 0,27 | 0,264 | 0,25 |
| 0,15 | 174 | 158 | 144 | 142 | 134 | 0,348 | 0,316 | 0,288 | 0,284 | 0,268 |
| 0,16 | 185 | 169 | 154 | 151 | 143 | 0,37 | 0,338 | 0,308 | 0,302 | 0,286 |
| 0,17 | 196 | 179 | 163 | 160 | 152 | 0,392 | 0,358 | 0,326 | 0,32 | 0,304 |
| 0,18 | 208 | 189 | 173 | 169 | 160 | 0,416 | 0,378 | 0,346 | 0,338 | 0,32 |
| 0,19 | 219 | 200 | 182 | 178 | 168 | 0,438 | 0,4 | 0,364 | 0,356 | 0,336 |
| 0,2 | 230 | 210 | 192 | 187 | 177 | 0,46 | 0,42 | 0,384 | 0,374 | 0,354 |

| Kapal Model 2 (Tongkang Bantalan Udara) | | | | | | | | | | |
|---|----------------|------------|------------|------------|-----------|--------------------|------------|------------|------------|-----------|
| s (m) | Δ Frame | | | | | Δ t (detik) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 11 | 11 | 9 | 9 | 9 | 0,022 | 0,022 | 0,018 | 0,018 | 0,018 |
| 0,02 | 23 | 21 | 18 | 18 | 18 | 0,046 | 0,042 | 0,036 | 0,036 | 0,036 |
| 0,03 | 34 | 31 | 28 | 27 | 27 | 0,068 | 0,062 | 0,056 | 0,054 | 0,054 |
| 0,04 | 45 | 42 | 38 | 37 | 35 | 0,09 | 0,084 | 0,076 | 0,074 | 0,07 |
| 0,05 | 56 | 52 | 47 | 45 | 44 | 0,112 | 0,104 | 0,094 | 0,09 | 0,088 |
| 0,06 | 67 | 62 | 57 | 54 | 53 | 0,134 | 0,124 | 0,114 | 0,108 | 0,106 |
| 0,07 | 78 | 72 | 66 | 64 | 61 | 0,156 | 0,144 | 0,132 | 0,128 | 0,122 |
| 0,08 | 89 | 82 | 76 | 72 | 70 | 0,178 | 0,164 | 0,152 | 0,144 | 0,14 |
| 0,09 | 100 | 92 | 86 | 81 | 78 | 0,2 | 0,184 | 0,172 | 0,162 | 0,156 |
| 0,1 | 111 | 103 | 95 | 90 | 87 | 0,222 | 0,206 | 0,19 | 0,18 | 0,174 |
| 0,11 | 122 | 112 | 105 | 99 | 95 | 0,244 | 0,224 | 0,21 | 0,198 | 0,19 |
| 0,12 | 132 | 122 | 114 | 108 | 103 | 0,264 | 0,244 | 0,228 | 0,216 | 0,206 |
| 0,13 | 143 | 132 | 123 | 116 | 112 | 0,286 | 0,264 | 0,246 | 0,232 | 0,224 |
| 0,14 | 154 | 142 | 132 | 125 | 120 | 0,308 | 0,284 | 0,264 | 0,25 | 0,24 |
| 0,15 | 165 | 152 | 142 | 133 | 128 | 0,33 | 0,304 | 0,284 | 0,266 | 0,256 |
| 0,16 | 176 | 162 | 151 | 143 | 137 | 0,352 | 0,324 | 0,302 | 0,286 | 0,274 |
| 0,17 | 186 | 172 | 161 | 151 | 145 | 0,372 | 0,344 | 0,322 | 0,302 | 0,29 |
| 0,18 | 197 | 182 | 169 | 160 | 154 | 0,394 | 0,364 | 0,338 | 0,32 | 0,308 |
| 0,19 | 208 | 191 | 179 | 168 | 161 | 0,416 | 0,382 | 0,358 | 0,336 | 0,322 |
| 0,2 | 218 | 201 | 188 | 177 | 170 | 0,436 | 0,402 | 0,376 | 0,354 | 0,34 |

Dari waktu yang didapatkan diatas maka perhitungan selanjutnya yaitu mencari besarnya kecepatan kapal tersebut. Besarnya kecepatan kapal (V) tersebut dapat dihitung menggunakan perubahan jarak (s) yang ditempuh per satuan waktu (t).

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

Dimana :

V = Kecepatan kapal model (meter/detik)

s = Perubahan jarak kapal model (meter)

t = Waktu tempuh kapal model (detik)

Dari menggunakan rumus diatas maka didapatkan kecepatan kapal model kondisi muatan 1.

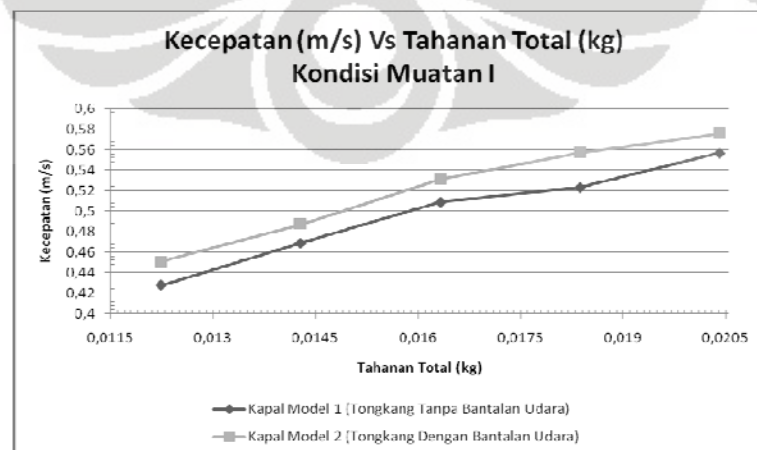
Tabel 4.2 Data perhitungan kecepatan pada kondisi muatan I.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | |
|---|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | Kecepatan (m/s) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,416667 | 0,454545 | 0,454545 | 0,5 | 0,555556 |
| 0,02 | 0,416667 | 0,454545 | 0,47619 | 0,5 | 0,555556 |
| 0,03 | 0,428571 | 0,454545 | 0,5 | 0,517241 | 0,555556 |
| 0,04 | 0,416667 | 0,465116 | 0,5 | 0,512821 | 0,540541 |
| 0,05 | 0,423729 | 0,462963 | 0,5 | 0,520833 | 0,555556 |
| 0,06 | 0,422535 | 0,46875 | 0,508475 | 0,517241 | 0,545455 |
| 0,07 | 0,426829 | 0,466667 | 0,507246 | 0,522388 | 0,555556 |
| 0,08 | 0,425532 | 0,470588 | 0,512821 | 0,519481 | 0,555556 |
| 0,09 | 0,428571 | 0,46875 | 0,511364 | 0,523256 | 0,555556 |
| 0,1 | 0,431034 | 0,471698 | 0,515464 | 0,526316 | 0,555556 |
| 0,11 | 0,429688 | 0,470085 | 0,514019 | 0,52381 | 0,555556 |
| 0,12 | 0,428571 | 0,472441 | 0,517241 | 0,526316 | 0,555556 |
| 0,13 | 0,430464 | 0,471014 | 0,511811 | 0,528455 | 0,560345 |
| 0,14 | 0,432099 | 0,472973 | 0,518519 | 0,530303 | 0,56 |
| 0,15 | 0,431034 | 0,474684 | 0,520833 | 0,528169 | 0,559701 |
| 0,16 | 0,432432 | 0,473373 | 0,519481 | 0,529801 | 0,559441 |
| 0,17 | 0,433673 | 0,47486 | 0,521472 | 0,53125 | 0,559211 |
| 0,18 | 0,432692 | 0,47619 | 0,520231 | 0,532544 | 0,5625 |
| 0,19 | 0,43379 | 0,475 | 0,521978 | 0,533708 | 0,565476 |

| | | | | | |
|-----|----------|---------|----------|----------|----------|
| 0,2 | 0,434783 | 0,47619 | 0,520833 | 0,534759 | 0,564972 |
|-----|----------|---------|----------|----------|----------|

| Kapal Model 2 Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | |
|---|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | Kecepatan (m/s) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,454545 | 0,454545 | 0,555556 | 0,555556 | 0,555556 |
| 0,02 | 0,434783 | 0,47619 | 0,555556 | 0,555556 | 0,555556 |
| 0,03 | 0,441176 | 0,483871 | 0,535714 | 0,555556 | 0,555556 |
| 0,04 | 0,444444 | 0,47619 | 0,526316 | 0,540541 | 0,571429 |
| 0,05 | 0,446429 | 0,480769 | 0,531915 | 0,555556 | 0,568182 |
| 0,06 | 0,447761 | 0,483871 | 0,526316 | 0,555556 | 0,566038 |
| 0,07 | 0,448718 | 0,486111 | 0,530303 | 0,546875 | 0,57377 |
| 0,08 | 0,449438 | 0,487805 | 0,526316 | 0,555556 | 0,571429 |
| 0,09 | 0,45 | 0,48913 | 0,523256 | 0,555556 | 0,576923 |
| 0,1 | 0,45045 | 0,485437 | 0,526316 | 0,555556 | 0,574713 |
| 0,11 | 0,45082 | 0,491071 | 0,52381 | 0,555556 | 0,578947 |
| 0,12 | 0,454545 | 0,491803 | 0,526316 | 0,555556 | 0,582524 |
| 0,13 | 0,454545 | 0,492424 | 0,528455 | 0,560345 | 0,580357 |
| 0,14 | 0,454545 | 0,492958 | 0,530303 | 0,56 | 0,583333 |
| 0,15 | 0,454545 | 0,493421 | 0,528169 | 0,56391 | 0,585938 |
| 0,16 | 0,454545 | 0,493827 | 0,529801 | 0,559441 | 0,583942 |
| 0,17 | 0,456989 | 0,494186 | 0,52795 | 0,562914 | 0,586207 |
| 0,18 | 0,456853 | 0,494505 | 0,532544 | 0,5625 | 0,584416 |
| 0,19 | 0,456731 | 0,497382 | 0,530726 | 0,565476 | 0,590062 |
| 0,2 | 0,458716 | 0,497512 | 0,531915 | 0,564972 | 0,588235 |

Gambar 4.1 Grafik kecepatan terhadap tahanan total pada kondisi muatan I.



Dari perhitungan kecepatan maka dapat dihitung besarnya koefisien tahanan total masing-masing kapal model. Besarnya koefisien tahanan total ditentukan koefisien yang terdapat pada landasan teori.

$$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2} \dots\dots\dots(4.2)$$

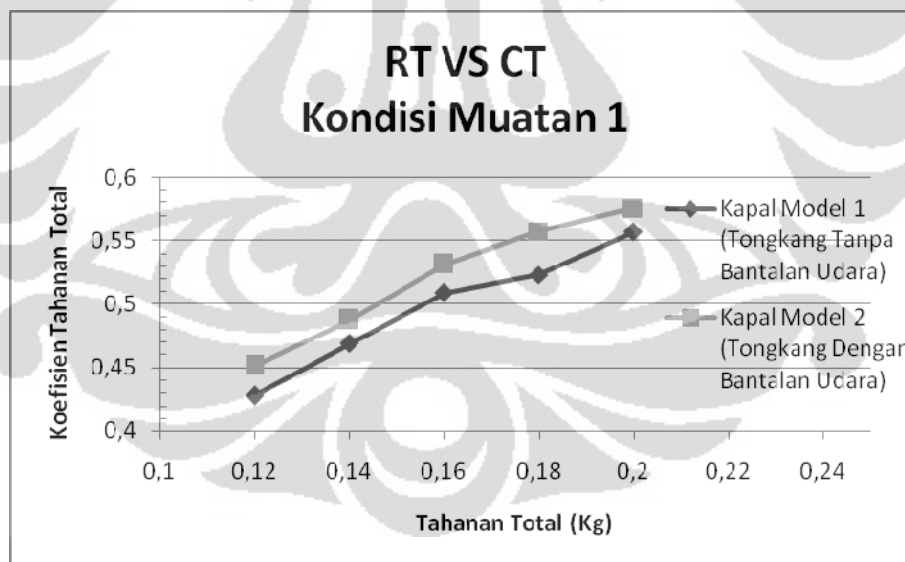
Tabel 4.3 Koefisien tahanan total (C_T) pada kondisi muatan I.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | |
|--|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| s (m) | CT, Koefiesen tahanan total | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,005082 | 0,004982 | 0,005694 | 0,005294 | 0,004765 |
| 0,02 | 0,005082 | 0,004982 | 0,005188 | 0,005294 | 0,004765 |
| 0,03 | 0,004804 | 0,004982 | 0,004706 | 0,004947 | 0,004765 |
| 0,04 | 0,005082 | 0,004758 | 0,004706 | 0,005033 | 0,005033 |
| 0,05 | 0,004914 | 0,004803 | 0,004706 | 0,004879 | 0,004765 |
| 0,06 | 0,004942 | 0,004685 | 0,00455 | 0,004947 | 0,004943 |
| 0,07 | 0,004843 | 0,004727 | 0,004572 | 0,00485 | 0,004765 |
| 0,08 | 0,004873 | 0,004648 | 0,004474 | 0,004905 | 0,004765 |
| 0,09 | 0,004804 | 0,004685 | 0,004499 | 0,004834 | 0,004765 |
| 0,1 | 0,004749 | 0,004627 | 0,004428 | 0,004778 | 0,004765 |
| 0,11 | 0,004779 | 0,004658 | 0,004453 | 0,004824 | 0,004765 |
| 0,12 | 0,004804 | 0,004612 | 0,004397 | 0,004778 | 0,004765 |
| 0,13 | 0,004762 | 0,00464 | 0,004491 | 0,004739 | 0,004684 |
| 0,14 | 0,004726 | 0,004602 | 0,004376 | 0,004706 | 0,004689 |
| 0,15 | 0,004749 | 0,004569 | 0,004337 | 0,004744 | 0,004694 |
| 0,16 | 0,004719 | 0,004594 | 0,00436 | 0,004715 | 0,004699 |
| 0,17 | 0,004692 | 0,004565 | 0,004326 | 0,00469 | 0,004703 |
| 0,18 | 0,004713 | 0,00454 | 0,004347 | 0,004667 | 0,004648 |
| 0,19 | 0,004689 | 0,004562 | 0,004318 | 0,004647 | 0,004599 |
| 0,2 | 0,004668 | 0,00454 | 0,004337 | 0,004628 | 0,004607 |

| Kapal Model Dengan Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|--|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| s (m) | CT, Koefiesen tahanan total | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,008238 | 0,009611 | 0,007353 | 0,008272 | 0,009191 |
| 0,02 | 0,009004 | 0,008757 | 0,007353 | 0,008272 | 0,009191 |
| 0,03 | 0,008745 | 0,008482 | 0,007908 | 0,008272 | 0,009191 |

| | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,04 | 0,008617 | 0,008757 | 0,008193 | 0,008738 | 0,008688 |
| 0,05 | 0,008541 | 0,008591 | 0,008021 | 0,008272 | 0,008788 |
| 0,06 | 0,00849 | 0,008482 | 0,008193 | 0,008272 | 0,008854 |
| 0,07 | 0,008454 | 0,008404 | 0,00807 | 0,008537 | 0,008617 |
| 0,08 | 0,008427 | 0,008345 | 0,008193 | 0,008272 | 0,008688 |
| 0,09 | 0,008406 | 0,0083 | 0,008289 | 0,008272 | 0,008523 |
| 0,1 | 0,008389 | 0,008427 | 0,008193 | 0,008272 | 0,008589 |
| 0,11 | 0,008375 | 0,008235 | 0,008271 | 0,008272 | 0,008464 |
| 0,12 | 0,008238 | 0,00821 | 0,008193 | 0,008272 | 0,00836 |
| 0,13 | 0,008238 | 0,00819 | 0,008127 | 0,008132 | 0,008423 |
| 0,14 | 0,008238 | 0,008172 | 0,00807 | 0,008142 | 0,008337 |
| 0,15 | 0,008238 | 0,008156 | 0,008136 | 0,008029 | 0,008263 |
| 0,16 | 0,008238 | 0,008143 | 0,008085 | 0,008158 | 0,00832 |
| 0,17 | 0,00815 | 0,008131 | 0,008142 | 0,008057 | 0,008255 |
| 0,18 | 0,008155 | 0,008121 | 0,008002 | 0,008069 | 0,008306 |
| 0,19 | 0,00816 | 0,008027 | 0,008057 | 0,007985 | 0,008148 |
| 0,2 | 0,008089 | 0,008023 | 0,008021 | 0,007999 | 0,008199 |

Gambar 4.2 Grafik tahanan gesek terhadap koefisien tahanan gesek pada kondisi I.



Menurut William Froude tahanan kapal dipisahkan kedalam dua bagian yaitu tahanan gesek (R_F) dan tahanan sisa (R_R). Dengan begitu sama halnya bahwa koefisien tahanan total terbagi menjadi dua bagian yaitu tahanan gesek (C_F) dan tahanan sisa (C_R). Tahanan gesek (C_F) pada kapal model tanpa bantalan udara menurut teori Froude dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$C_F = 2 \times 10^{-3} \lambda g V^{-0,175} \dots\dots\dots(4.3)$$

Dalam hal ini

$$\lambda_t = \left(0,1392 + \frac{0,258}{2,68 + L}\right) * (1 + 0,0043\Delta t) \dots\dots\dots(4.4)$$

Dimana :

L = Panjang model (meter)

t = Suhu ruangan percobaan (°C)

S = Luas permukaan basah (m²)

V = Kecepatan (meter/detik)

γ = Berat jenis air (1000 kg/m³)

λ_t = Koefisien tahanan gesek pada suhu ruangan

Tabel 4.4 Nilai koefisien tahanan gesek kapal model 1 pada kondisi muatan I.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | |
|---|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | CF, Koefiesen tahanan gesek | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,004473 | 0,004406 | 0,004406 | 0,004333 | 0,004254 |
| 0,02 | 0,004473 | 0,004406 | 0,00437 | 0,004333 | 0,004254 |
| 0,03 | 0,004451 | 0,004406 | 0,004333 | 0,004307 | 0,004254 |
| 0,04 | 0,004473 | 0,004388 | 0,004333 | 0,004314 | 0,004274 |
| 0,05 | 0,00446 | 0,004392 | 0,004333 | 0,004302 | 0,004254 |
| 0,06 | 0,004462 | 0,004382 | 0,00432 | 0,004307 | 0,004267 |
| 0,07 | 0,004454 | 0,004385 | 0,004322 | 0,0043 | 0,004254 |
| 0,08 | 0,004457 | 0,004379 | 0,004314 | 0,004304 | 0,004254 |
| 0,09 | 0,004451 | 0,004382 | 0,004316 | 0,004298 | 0,004254 |
| 0,1 | 0,004447 | 0,004377 | 0,00431 | 0,004294 | 0,004254 |
| 0,11 | 0,004449 | 0,00438 | 0,004312 | 0,004298 | 0,004254 |
| 0,12 | 0,004451 | 0,004376 | 0,004307 | 0,004294 | 0,004254 |

| | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,13 | 0,004448 | 0,004378 | 0,004315 | 0,004291 | 0,004247 |
| 0,14 | 0,004445 | 0,004375 | 0,004305 | 0,004288 | 0,004248 |
| 0,15 | 0,004447 | 0,004372 | 0,004302 | 0,004291 | 0,004248 |
| 0,16 | 0,004444 | 0,004374 | 0,004304 | 0,004289 | 0,004248 |
| 0,17 | 0,004442 | 0,004372 | 0,004301 | 0,004287 | 0,004249 |
| 0,18 | 0,004444 | 0,00437 | 0,004303 | 0,004285 | 0,004244 |
| 0,19 | 0,004442 | 0,004372 | 0,0043 | 0,004284 | 0,00424 |
| 0,2 | 0,00444 | 0,00437 | 0,004302 | 0,004282 | 0,004241 |

Dari hasil perhitungan koefisien tahanan total (C_T) dan koefisien tahanan gesek (C_F) maka dapat diketahui besarnya nilai tahanan sisa pada kapal model tanpa bantalan udara kondisi muatan I.

Tabel 4.5 Nilai koefisien tahanan sisa kapal model 1 pada kondisi muatan I.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | |
|---|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | CR, Koefisien tahanan sisa | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,000609 | 0,000577 | 0,001288 | 0,000961 | 0,000511 |
| 0,02 | 0,000609 | 0,000577 | 0,000818 | 0,000961 | 0,000511 |
| 0,03 | 0,000353 | 0,000577 | 0,000373 | 0,00064 | 0,000511 |
| 0,04 | 0,000609 | 0,00037 | 0,000373 | 0,000719 | 0,000759 |
| 0,05 | 0,000454 | 0,000411 | 0,000373 | 0,000577 | 0,000511 |
| 0,06 | 0,00048 | 0,000303 | 0,00023 | 0,00064 | 0,000675 |
| 0,07 | 0,000389 | 0,000341 | 0,00025 | 0,00055 | 0,000511 |
| 0,08 | 0,000416 | 0,000269 | 0,00016 | 0,000601 | 0,000511 |
| 0,09 | 0,000353 | 0,000303 | 0,000183 | 0,000536 | 0,000511 |
| 0,1 | 0,000302 | 0,000249 | 0,000118 | 0,000484 | 0,000511 |
| 0,11 | 0,00033 | 0,000279 | 0,000141 | 0,000526 | 0,000511 |
| 0,12 | 0,000353 | 0,000236 | 9,02E-05 | 0,000484 | 0,000511 |
| 0,13 | 0,000314 | 0,000262 | 0,000176 | 0,000448 | 0,000436 |
| 0,14 | 0,000281 | 0,000227 | 7,05E-05 | 0,000418 | 0,000442 |
| 0,15 | 0,000302 | 0,000196 | 3,5E-05 | 0,000453 | 0,000446 |
| 0,16 | 0,000274 | 0,000219 | 5,57E-05 | 0,000426 | 0,00045 |
| 0,17 | 0,00025 | 0,000193 | 2,53E-05 | 0,000403 | 0,000454 |
| 0,18 | 0,000269 | 0,00017 | 4,42E-05 | 0,000382 | 0,000403 |
| 0,19 | 0,000247 | 0,000191 | 1,76E-05 | 0,000363 | 0,000359 |
| 0,2 | 0,000228 | 0,00017 | 3,5E-05 | 0,000346 | 0,000366 |

Perhitungan selanjutnya yaitu menghitung besarnya tahanan gesek (R_F) pada kapal model dengan bantalan udara. Tahanan gesek pada kapal model dengan bantalan udara dapat dihitung dari koefisien tahanan gesek kapal model dengan bantalan udara. Koefisien tahanan gesek kapal model dengan bantalan udara dapat ditentukan dengan mengurangi koefisien tahanan total (C_T) kapal model bantalan udara dengan koefisien tahanan sisa (C_R). Koefisien tahanan sisa kapal model bantalan udara dianggap sama dengan koefisien tahanan sisa tanpa bantalan udara karena kedua kapal model ini mempunyai bentuk dan perlakuan yang sama ketika dilakukan percobaan.

Tabel 4.6 Nilai koefisien tahanan gesek kapal model 2 pada kondisi muatan I.

| Kapal Model Dengan Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | |
|--|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | CF, Koefisien tahanan gesek | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,007629 | 0,009035 | 0,006065 | 0,007311 | 0,00868 |
| 0,02 | 0,008395 | 0,008181 | 0,006535 | 0,007311 | 0,00868 |
| 0,03 | 0,008392 | 0,007905 | 0,007535 | 0,007632 | 0,00868 |
| 0,04 | 0,008008 | 0,008387 | 0,00782 | 0,008019 | 0,007929 |
| 0,05 | 0,008086 | 0,00818 | 0,007648 | 0,007695 | 0,008276 |
| 0,06 | 0,00801 | 0,008179 | 0,007963 | 0,007632 | 0,008179 |
| 0,07 | 0,008065 | 0,008062 | 0,00782 | 0,007987 | 0,008106 |
| 0,08 | 0,008011 | 0,008076 | 0,008033 | 0,007672 | 0,008177 |
| 0,09 | 0,008053 | 0,007997 | 0,008106 | 0,007737 | 0,008012 |
| 0,1 | 0,008086 | 0,008178 | 0,008075 | 0,007788 | 0,008078 |
| 0,11 | 0,008045 | 0,007956 | 0,008131 | 0,007746 | 0,007953 |
| 0,12 | 0,007886 | 0,007974 | 0,008103 | 0,007788 | 0,007849 |
| 0,13 | 0,007924 | 0,007928 | 0,007951 | 0,007683 | 0,007986 |
| 0,14 | 0,007957 | 0,007945 | 0,008 | 0,007724 | 0,007895 |
| 0,15 | 0,007936 | 0,00796 | 0,008101 | 0,007576 | 0,007817 |
| 0,16 | 0,007964 | 0,007924 | 0,00803 | 0,007732 | 0,007869 |
| 0,17 | 0,007901 | 0,007938 | 0,008117 | 0,007655 | 0,007802 |
| 0,18 | 0,007886 | 0,007951 | 0,007958 | 0,007688 | 0,007903 |
| 0,19 | 0,007912 | 0,007836 | 0,00804 | 0,007622 | 0,007789 |
| 0,2 | 0,007862 | 0,007853 | 0,007986 | 0,007653 | 0,007833 |

Dengan diperolehnya nilai koefisien tahanan gesek masing-masing kapal model, baik kapal model tanpa bantalan udara dan kapal model dengan bantalan udara, maka dapat diketahui besarnya tahanan gesek (R_F) masing-masing kapal model.

Tabel 4.7 Besar tahanan gesek kapal model 1 pada kondisi muatan I.

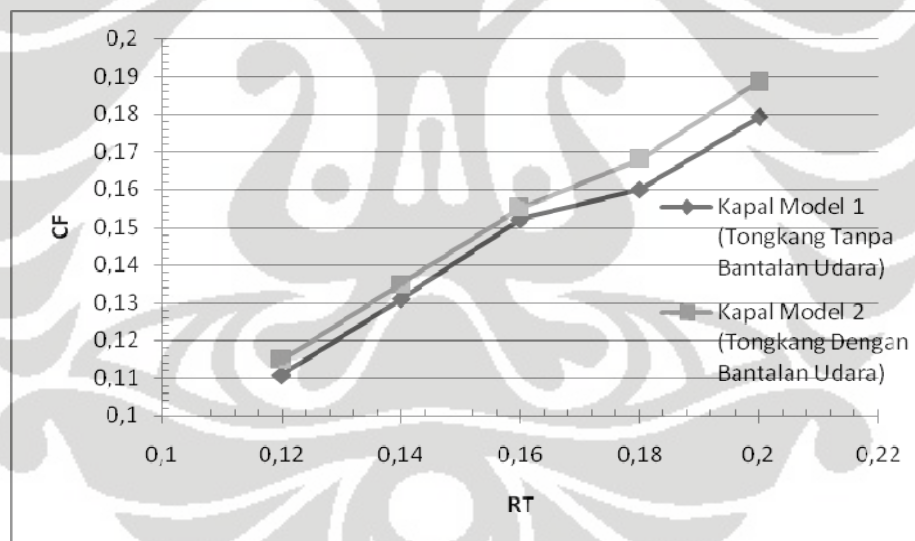
| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|----------------|---------------|
| s (m) | R_F, tahanan gesek (kg) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,105619 | 0,123795 | 0,123795 | 0,147315 | 0,178547 |
| 0,02 | 0,105619 | 0,123795 | 0,134765 | 0,147315 | 0,178547 |
| 0,03 | 0,111191 | 0,123795 | 0,147315 | 0,156717 | 0,178547 |
| 0,04 | 0,105619 | 0,1291 | 0,147315 | 0,154281 | 0,169839 |
| 0,05 | 0,108908 | 0,128011 | 0,147315 | 0,158709 | 0,178547 |
| 0,06 | 0,108349 | 0,130946 | 0,151903 | 0,156717 | 0,172667 |
| 0,07 | 0,110367 | 0,129886 | 0,151234 | 0,159575 | 0,178547 |
| 0,08 | 0,109756 | 0,131885 | 0,154281 | 0,157957 | 0,178547 |
| 0,09 | 0,111191 | 0,130946 | 0,153482 | 0,160059 | 0,178547 |
| 0,1 | 0,11236 | 0,132453 | 0,155736 | 0,161771 | 0,178547 |
| 0,11 | 0,11172 | 0,131628 | 0,15494 | 0,160368 | 0,178547 |
| 0,12 | 0,111191 | 0,132834 | 0,156717 | 0,161771 | 0,178547 |
| 0,13 | 0,112088 | 0,132103 | 0,153727 | 0,162973 | 0,181367 |
| 0,14 | 0,112867 | 0,133107 | 0,157424 | 0,164015 | 0,181163 |
| 0,15 | 0,11236 | 0,133987 | 0,158709 | 0,162812 | 0,180987 |
| 0,16 | 0,113026 | 0,133313 | 0,157957 | 0,163732 | 0,180833 |
| 0,17 | 0,113618 | 0,134078 | 0,159064 | 0,16455 | 0,180697 |
| 0,18 | 0,11315 | 0,134765 | 0,158374 | 0,165282 | 0,182642 |
| 0,19 | 0,113674 | 0,13415 | 0,159346 | 0,165942 | 0,184409 |
| 0,2 | 0,114149 | 0,134765 | 0,158709 | 0,166539 | 0,184109 |

Tabel 4.8 Besar tahanan gesek kapal model 2 pada kondisi muatan I.

| Kapal Model Dengan Bantalan Udara Kondisi Muatan I | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|---------------|
| s (m) | R_F, tahanan gesek (kg) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,111128 | 0,1316 | 0,131964 | 0,159082 | 0,188879 |
| 0,02 | 0,111883 | 0,130781 | 0,142195 | 0,159082 | 0,188879 |
| 0,03 | 0,115161 | 0,130481 | 0,152451 | 0,166076 | 0,188879 |
| 0,04 | 0,111518 | 0,134077 | 0,152714 | 0,165188 | 0,182527 |

| | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,05 | 0,113618 | 0,133298 | 0,152558 | 0,167442 | 0,188368 |
| 0,06 | 0,113218 | 0,134999 | 0,155503 | 0,166076 | 0,184742 |
| 0,07 | 0,114481 | 0,134311 | 0,155034 | 0,168396 | 0,188138 |
| 0,08 | 0,114076 | 0,13548 | 0,156877 | 0,166931 | 0,188235 |
| 0,09 | 0,114965 | 0,13489 | 0,156462 | 0,168347 | 0,188008 |
| 0,1 | 0,115675 | 0,135857 | 0,157695 | 0,169471 | 0,188099 |
| 0,11 | 0,115275 | 0,135264 | 0,157276 | 0,168552 | 0,187923 |
| 0,12 | 0,114863 | 0,135975 | 0,158238 | 0,169471 | 0,187774 |
| 0,13 | 0,115427 | 0,135526 | 0,156533 | 0,170076 | 0,189638 |
| 0,14 | 0,115908 | 0,136119 | 0,158603 | 0,170759 | 0,189404 |
| 0,15 | 0,115596 | 0,136632 | 0,159312 | 0,169843 | 0,189198 |
| 0,16 | 0,116005 | 0,136227 | 0,158899 | 0,170597 | 0,189175 |
| 0,17 | 0,116327 | 0,136675 | 0,159503 | 0,171008 | 0,189004 |
| 0,18 | 0,116041 | 0,137073 | 0,159117 | 0,171488 | 0,190287 |
| 0,19 | 0,116365 | 0,136675 | 0,15965 | 0,171819 | 0,1912 |
| 0,2 | 0,116624 | 0,137038 | 0,159302 | 0,172211 | 0,19107 |

Gambar 4.3 Grafik koefisien tahanan gesek pada kondisi muatan I.



4.1.2 Kondisi Muatan II (muatan 9,129 kg)

Tabel 4.9 Data hasil percobaan kondisi muatan II.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | | | | | | |
|--|----------------|------------|------------|------------|-----------|--------------------|------------|------------|------------|-----------|
| s (m) | Δ Frame | | | | | Δ t (detik) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0 | | | | | | | | | | |
| 0,01 | 15 | 12 | 12 | 11 | 10 | 0,03 | 0,024 | 0,024 | 0,022 | 0,02 |
| 0,02 | 28 | 24 | 23 | 21 | 21 | 0,056 | 0,048 | 0,046 | 0,042 | 0,042 |
| 0,03 | 42 | 36 | 34 | 32 | 31 | 0,084 | 0,072 | 0,068 | 0,064 | 0,062 |
| 0,04 | 55 | 48 | 46 | 42 | 42 | 0,11 | 0,096 | 0,092 | 0,084 | 0,084 |
| 0,05 | 68 | 60 | 56 | 53 | 52 | 0,136 | 0,12 | 0,112 | 0,106 | 0,104 |
| 0,06 | 82 | 72 | 67 | 63 | 61 | 0,164 | 0,144 | 0,134 | 0,126 | 0,122 |
| 0,07 | 95 | 84 | 78 | 73 | 71 | 0,19 | 0,168 | 0,156 | 0,146 | 0,142 |
| 0,08 | 108 | 96 | 89 | 83 | 82 | 0,216 | 0,192 | 0,178 | 0,166 | 0,164 |
| 0,09 | 121 | 108 | 100 | 94 | 92 | 0,242 | 0,216 | 0,2 | 0,188 | 0,184 |
| 0,1 | 134 | 119 | 111 | 104 | 102 | 0,268 | 0,238 | 0,222 | 0,208 | 0,204 |
| 0,11 | 147 | 131 | 122 | 114 | 111 | 0,294 | 0,262 | 0,244 | 0,228 | 0,222 |
| 0,12 | 160 | 143 | 133 | 124 | 121 | 0,32 | 0,286 | 0,266 | 0,248 | 0,242 |
| 0,13 | 173 | 154 | 144 | 134 | 131 | 0,346 | 0,308 | 0,288 | 0,268 | 0,262 |
| 0,14 | 185 | 166 | 154 | 144 | 141 | 0,37 | 0,332 | 0,308 | 0,288 | 0,282 |
| 0,15 | 198 | 177 | 165 | 154 | 151 | 0,396 | 0,354 | 0,33 | 0,308 | 0,302 |
| 0,16 | 211 | 189 | 175 | 164 | 160 | 0,422 | 0,378 | 0,35 | 0,328 | 0,32 |
| 0,17 | 224 | 200 | 186 | 175 | 170 | 0,448 | 0,4 | 0,372 | 0,35 | 0,34 |
| 0,18 | 236 | 212 | 197 | 185 | 180 | 0,472 | 0,424 | 0,394 | 0,37 | 0,36 |
| 0,19 | 249 | 224 | 207 | 194 | 189 | 0,498 | 0,448 | 0,414 | 0,388 | 0,378 |
| 0,2 | 261 | 235 | 218 | 205 | 199 | 0,522 | 0,47 | 0,436 | 0,41 | 0,398 |

| Kapal Model Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | | | | | | |
|--|----------------|------------|------------|------------|-----------|--------------------|------------|------------|------------|-----------|
| s (m) | Δ Frame | | | | | Δ t (detik) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0 | | | | | | | | | | |
| 0,01 | 13 | 12 | 11 | 11 | 10 | 0,026 | 0,024 | 0,022 | 0,022 | 0,02 |
| 0,02 | 25 | 24 | 22 | 21 | 20 | 0,05 | 0,048 | 0,044 | 0,042 | 0,04 |
| 0,03 | 39 | 36 | 33 | 31 | 30 | 0,078 | 0,072 | 0,066 | 0,062 | 0,06 |
| 0,04 | 52 | 47 | 44 | 42 | 40 | 0,104 | 0,094 | 0,088 | 0,084 | 0,08 |
| 0,05 | 65 | 58 | 55 | 52 | 50 | 0,13 | 0,116 | 0,11 | 0,104 | 0,1 |
| 0,06 | 78 | 70 | 66 | 62 | 60 | 0,156 | 0,14 | 0,132 | 0,124 | 0,12 |
| 0,07 | 90 | 82 | 77 | 72 | 69 | 0,18 | 0,164 | 0,154 | 0,144 | 0,138 |
| 0,08 | 103 | 94 | 87 | 83 | 79 | 0,206 | 0,188 | 0,174 | 0,166 | 0,158 |

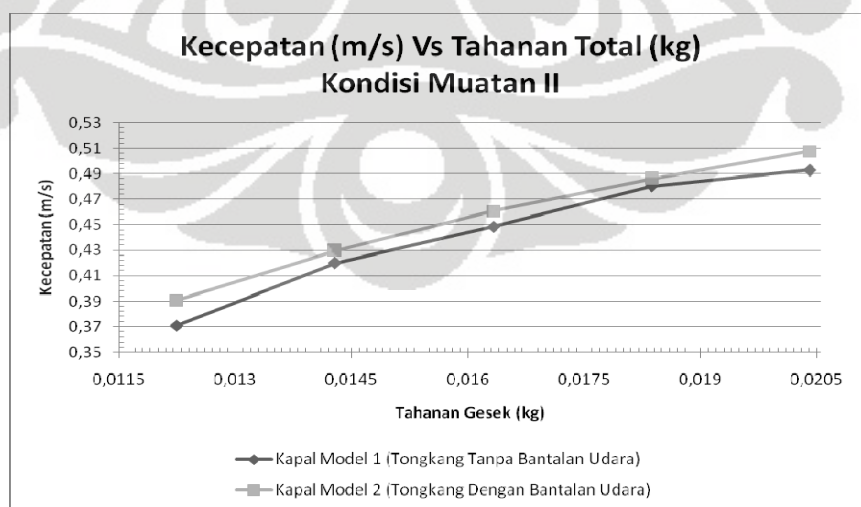
| | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,09 | 116 | 105 | 98 | 93 | 89 | 0,232 | 0,21 | 0,196 | 0,186 | 0,178 |
| 0,1 | 128 | 116 | 109 | 103 | 99 | 0,256 | 0,232 | 0,218 | 0,206 | 0,198 |
| 0,11 | 140 | 127 | 119 | 112 | 108 | 0,28 | 0,254 | 0,238 | 0,224 | 0,216 |
| 0,12 | 153 | 139 | 130 | 123 | 118 | 0,306 | 0,278 | 0,26 | 0,246 | 0,236 |
| 0,13 | 166 | 150 | 140 | 132 | 127 | 0,332 | 0,3 | 0,28 | 0,264 | 0,254 |
| 0,14 | 178 | 161 | 151 | 142 | 137 | 0,356 | 0,322 | 0,302 | 0,284 | 0,274 |
| 0,15 | 191 | 173 | 161 | 152 | 146 | 0,382 | 0,346 | 0,322 | 0,304 | 0,292 |
| 0,16 | 203 | 184 | 171 | 162 | 156 | 0,406 | 0,368 | 0,342 | 0,324 | 0,312 |
| 0,17 | 216 | 195 | 182 | 172 | 165 | 0,432 | 0,39 | 0,364 | 0,344 | 0,33 |
| 0,18 | 228 | 206 | 192 | 182 | 174 | 0,456 | 0,412 | 0,384 | 0,364 | 0,348 |
| 0,19 | 240 | 218 | 203 | 192 | 184 | 0,48 | 0,436 | 0,406 | 0,384 | 0,368 |
| 0,2 | 253 | 229 | 213 | 201 | 194 | 0,506 | 0,458 | 0,426 | 0,402 | 0,388 |

Tabel 4.10 Data perhitungan kecepatan pada kondisi muatan II.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|--|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | Kecepatan (m/s) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,333333 | 0,416667 | 0,416667 | 0,454545 | 0,5 |
| 0,02 | 0,357143 | 0,416667 | 0,434783 | 0,47619 | 0,47619 |
| 0,03 | 0,357143 | 0,416667 | 0,441176 | 0,46875 | 0,483871 |
| 0,04 | 0,363636 | 0,416667 | 0,434783 | 0,47619 | 0,47619 |
| 0,05 | 0,367647 | 0,416667 | 0,446429 | 0,471698 | 0,480769 |
| 0,06 | 0,365854 | 0,416667 | 0,447761 | 0,47619 | 0,491803 |
| 0,07 | 0,368421 | 0,416667 | 0,448718 | 0,479452 | 0,492958 |
| 0,08 | 0,37037 | 0,416667 | 0,449438 | 0,481928 | 0,487805 |
| 0,09 | 0,371901 | 0,416667 | 0,45 | 0,478723 | 0,48913 |
| 0,1 | 0,373134 | 0,420168 | 0,45045 | 0,480769 | 0,490196 |
| 0,11 | 0,37415 | 0,419847 | 0,45082 | 0,482456 | 0,495495 |
| 0,12 | 0,375 | 0,41958 | 0,451128 | 0,483871 | 0,495868 |
| 0,13 | 0,375723 | 0,422078 | 0,451389 | 0,485075 | 0,496183 |
| 0,14 | 0,378378 | 0,421687 | 0,454545 | 0,486111 | 0,496454 |
| 0,15 | 0,378788 | 0,423729 | 0,454545 | 0,487013 | 0,496689 |
| 0,16 | 0,379147 | 0,42328 | 0,457143 | 0,487805 | 0,5 |
| 0,17 | 0,379464 | 0,425 | 0,456989 | 0,485714 | 0,5 |
| 0,18 | 0,381356 | 0,424528 | 0,456853 | 0,486486 | 0,5 |
| 0,19 | 0,381526 | 0,424107 | 0,458937 | 0,489691 | 0,502646 |
| 0,2 | 0,383142 | 0,425532 | 0,458716 | 0,487805 | 0,502513 |

| Kapal Model 2 Dengan Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|---|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | Kecepatan (m/s) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,384615 | 0,416667 | 0,454545 | 0,454545 | 0,5 |
| 0,02 | 0,4 | 0,416667 | 0,454545 | 0,47619 | 0,5 |
| 0,03 | 0,384615 | 0,416667 | 0,454545 | 0,483871 | 0,5 |
| 0,04 | 0,384615 | 0,425532 | 0,454545 | 0,47619 | 0,5 |
| 0,05 | 0,384615 | 0,431034 | 0,454545 | 0,480769 | 0,5 |
| 0,06 | 0,384615 | 0,428571 | 0,454545 | 0,483871 | 0,5 |
| 0,07 | 0,388889 | 0,426829 | 0,454545 | 0,486111 | 0,507246 |
| 0,08 | 0,38835 | 0,425532 | 0,45977 | 0,481928 | 0,506329 |
| 0,09 | 0,387931 | 0,428571 | 0,459184 | 0,483871 | 0,505618 |
| 0,1 | 0,390625 | 0,431034 | 0,458716 | 0,485437 | 0,505051 |
| 0,11 | 0,392857 | 0,433071 | 0,462185 | 0,491071 | 0,509259 |
| 0,12 | 0,392157 | 0,431655 | 0,461538 | 0,487805 | 0,508475 |
| 0,13 | 0,391566 | 0,433333 | 0,464286 | 0,492424 | 0,511811 |
| 0,14 | 0,393258 | 0,434783 | 0,463576 | 0,492958 | 0,510949 |
| 0,15 | 0,39267 | 0,433526 | 0,465839 | 0,493421 | 0,513699 |
| 0,16 | 0,394089 | 0,434783 | 0,467836 | 0,493827 | 0,512821 |
| 0,17 | 0,393519 | 0,435897 | 0,467033 | 0,494186 | 0,515152 |
| 0,18 | 0,394737 | 0,436893 | 0,46875 | 0,494505 | 0,517241 |
| 0,19 | 0,395833 | 0,43578 | 0,46798 | 0,494792 | 0,516304 |
| 0,2 | 0,395257 | 0,436681 | 0,469484 | 0,497512 | 0,515464 |

Gambar 4.4 Grafik kecepatan terhadap tahanan total pada kondisi muatan II.



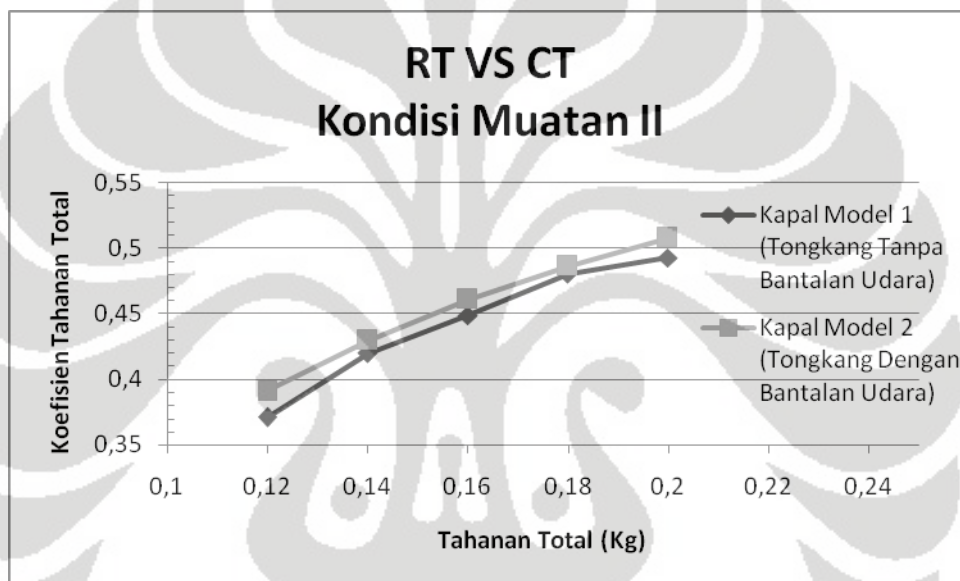
Tabel 4.11 Koefisien tahanan total (C_T) pada kondisi muatan II.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|---|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| s (m) | CT, Koefiesen tahanan total | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,006923 | 0,005169 | 0,005908 | 0,005585 | 0,005128 |
| 0,02 | 0,006031 | 0,005169 | 0,005426 | 0,005088 | 0,005654 |
| 0,03 | 0,006031 | 0,005169 | 0,00527 | 0,005251 | 0,005476 |
| 0,04 | 0,005817 | 0,005169 | 0,005426 | 0,005088 | 0,005654 |
| 0,05 | 0,005691 | 0,005169 | 0,005146 | 0,005186 | 0,005547 |
| 0,06 | 0,005747 | 0,005169 | 0,005116 | 0,005088 | 0,005301 |
| 0,07 | 0,005667 | 0,005169 | 0,005094 | 0,005019 | 0,005276 |
| 0,08 | 0,005608 | 0,005169 | 0,005078 | 0,004968 | 0,005388 |
| 0,09 | 0,005562 | 0,005169 | 0,005065 | 0,005035 | 0,005359 |
| 0,1 | 0,005525 | 0,005083 | 0,005055 | 0,004992 | 0,005335 |
| 0,11 | 0,005495 | 0,005091 | 0,005046 | 0,004957 | 0,005222 |
| 0,12 | 0,00547 | 0,005098 | 0,00504 | 0,004928 | 0,005214 |
| 0,13 | 0,005449 | 0,005038 | 0,005034 | 0,004904 | 0,005207 |
| 0,14 | 0,005373 | 0,005047 | 0,004964 | 0,004883 | 0,005202 |
| 0,15 | 0,005361 | 0,004998 | 0,004964 | 0,004865 | 0,005197 |
| 0,16 | 0,005351 | 0,005009 | 0,004908 | 0,004849 | 0,005128 |
| 0,17 | 0,005342 | 0,004969 | 0,004911 | 0,004891 | 0,005128 |
| 0,18 | 0,005289 | 0,00498 | 0,004914 | 0,004875 | 0,005128 |
| 0,19 | 0,005285 | 0,004989 | 0,00487 | 0,004812 | 0,005074 |
| 0,2 | 0,00524 | 0,004956 | 0,004874 | 0,004849 | 0,005077 |

| Kapal Model Dengan Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|--|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| s (m) | CT, Koefiesen tahanan total | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,008964 | 0,00891 | 0,008557 | 0,009627 | 0,00884 |
| 0,02 | 0,008287 | 0,00891 | 0,008557 | 0,008771 | 0,00884 |
| 0,03 | 0,008964 | 0,00891 | 0,008557 | 0,008495 | 0,00884 |
| 0,04 | 0,008964 | 0,008543 | 0,008557 | 0,008771 | 0,00884 |
| 0,05 | 0,008964 | 0,008326 | 0,008557 | 0,008605 | 0,00884 |
| 0,06 | 0,008964 | 0,008422 | 0,008557 | 0,008495 | 0,00884 |
| 0,07 | 0,008768 | 0,008491 | 0,008557 | 0,008417 | 0,008589 |
| 0,08 | 0,008792 | 0,008543 | 0,008364 | 0,008564 | 0,00862 |
| 0,09 | 0,008811 | 0,008422 | 0,008385 | 0,008495 | 0,008644 |
| 0,1 | 0,00869 | 0,008326 | 0,008402 | 0,00844 | 0,008664 |
| 0,11 | 0,008591 | 0,008248 | 0,008276 | 0,008248 | 0,008521 |
| 0,12 | 0,008622 | 0,008302 | 0,0083 | 0,008359 | 0,008548 |
| 0,13 | 0,008648 | 0,008238 | 0,008202 | 0,008202 | 0,008436 |

| | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,14 | 0,008574 | 0,008183 | 0,008227 | 0,008185 | 0,008465 |
| 0,15 | 0,0086 | 0,008231 | 0,008147 | 0,008169 | 0,008375 |
| 0,16 | 0,008538 | 0,008183 | 0,008078 | 0,008156 | 0,008403 |
| 0,17 | 0,008563 | 0,008142 | 0,008105 | 0,008144 | 0,008327 |
| 0,18 | 0,00851 | 0,008105 | 0,008046 | 0,008134 | 0,00826 |
| 0,19 | 0,008463 | 0,008146 | 0,008073 | 0,008124 | 0,00829 |
| 0,2 | 0,008487 | 0,008112 | 0,008021 | 0,008036 | 0,008317 |

Gambar 4.5 Grafik tahanan gesek terhadap koefisien tahanan gesek pada kondisi II.



Tabel 4.12 Nilai koefisien tahanan gesek kapal model 1 pada kondisi muatan II.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|--|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | CF, Koefiesen tahanan gesek | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,004651 | 0,004473 | 0,004473 | 0,004406 | 0,004333 |
| 0,02 | 0,004596 | 0,004473 | 0,00444 | 0,00437 | 0,00437 |
| 0,03 | 0,004596 | 0,004473 | 0,004429 | 0,004382 | 0,004358 |
| 0,04 | 0,004581 | 0,004473 | 0,00444 | 0,00437 | 0,00437 |
| 0,05 | 0,004572 | 0,004473 | 0,00442 | 0,004377 | 0,004363 |
| 0,06 | 0,004576 | 0,004473 | 0,004417 | 0,00437 | 0,004345 |
| 0,07 | 0,004571 | 0,004473 | 0,004416 | 0,004365 | 0,004344 |
| 0,08 | 0,004566 | 0,004473 | 0,004414 | 0,004361 | 0,004352 |
| 0,09 | 0,004563 | 0,004473 | 0,004413 | 0,004366 | 0,004349 |

| | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,1 | 0,00456 | 0,004467 | 0,004413 | 0,004363 | 0,004348 |
| 0,11 | 0,004558 | 0,004467 | 0,004412 | 0,00436 | 0,00434 |
| 0,12 | 0,004557 | 0,004468 | 0,004411 | 0,004358 | 0,004339 |
| 0,13 | 0,004555 | 0,004463 | 0,004411 | 0,004356 | 0,004339 |
| 0,14 | 0,004549 | 0,004464 | 0,004406 | 0,004354 | 0,004338 |
| 0,15 | 0,004548 | 0,00446 | 0,004406 | 0,004353 | 0,004338 |
| 0,16 | 0,004548 | 0,004461 | 0,004401 | 0,004352 | 0,004333 |
| 0,17 | 0,004547 | 0,004458 | 0,004402 | 0,004355 | 0,004333 |
| 0,18 | 0,004543 | 0,004459 | 0,004402 | 0,004354 | 0,004333 |
| 0,19 | 0,004543 | 0,004459 | 0,004398 | 0,004349 | 0,004329 |
| 0,2 | 0,004539 | 0,004457 | 0,004399 | 0,004352 | 0,004329 |

Tabel 4.13 Nilai koefisien tahanan sisa kapal model I pada kondisi muatan

II.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|---|------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| s (m) | RR, tahanan sisa (kg) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,039376 | 0,018849 | 0,038849 | 0,037999 | 0,031021 |
| 0,02 | 0,028557 | 0,018849 | 0,029064 | 0,025417 | 0,045417 |
| 0,03 | 0,028557 | 0,018849 | 0,025529 | 0,029797 | 0,040837 |
| 0,04 | 0,0255 | 0,018849 | 0,029064 | 0,025417 | 0,045417 |
| 0,05 | 0,02359 | 0,018849 | 0,022593 | 0,028068 | 0,042694 |
| 0,06 | 0,024446 | 0,018849 | 0,021843 | 0,025417 | 0,036043 |
| 0,07 | 0,023219 | 0,018849 | 0,021304 | 0,023479 | 0,03534 |
| 0,08 | 0,022282 | 0,018849 | 0,020898 | 0,022001 | 0,038467 |
| 0,09 | 0,021544 | 0,018849 | 0,02058 | 0,023913 | 0,037665 |
| 0,1 | 0,020947 | 0,016985 | 0,020325 | 0,022694 | 0,037019 |
| 0,11 | 0,020455 | 0,017156 | 0,020116 | 0,021685 | 0,033789 |
| 0,12 | 0,020042 | 0,017299 | 0,019942 | 0,020837 | 0,033561 |
| 0,13 | 0,01969 | 0,015962 | 0,019794 | 0,020113 | 0,033368 |
| 0,14 | 0,018392 | 0,016172 | 0,017999 | 0,019489 | 0,033202 |
| 0,15 | 0,018191 | 0,015076 | 0,017999 | 0,018945 | 0,033058 |
| 0,16 | 0,018015 | 0,015317 | 0,016515 | 0,018467 | 0,031021 |
| 0,17 | 0,017859 | 0,014391 | 0,016603 | 0,019728 | 0,031021 |
| 0,18 | 0,016928 | 0,014645 | 0,016681 | 0,019263 | 0,031021 |
| 0,19 | 0,016844 | 0,014872 | 0,015485 | 0,017326 | 0,029386 |
| 0,2 | 0,016046 | 0,014104 | 0,015613 | 0,018467 | 0,029468 |

Tabel 4.14 Nilai koefisien tahanan gesek kapal model 2 pada kondisi muatan II.

| Kapal Model Dengan Bantalan Udara kondisi Muatan II | | | | | |
|---|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | CF, Koefiesen tahanan gesek | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,006692 | 0,008215 | 0,007122 | 0,008448 | 0,008044 |
| 0,02 | 0,006852 | 0,008215 | 0,007571 | 0,008053 | 0,007556 |
| 0,03 | 0,007528 | 0,008215 | 0,007716 | 0,007626 | 0,007722 |
| 0,04 | 0,007727 | 0,007847 | 0,007571 | 0,008053 | 0,007556 |
| 0,05 | 0,007845 | 0,00763 | 0,00783 | 0,007796 | 0,007656 |
| 0,06 | 0,007793 | 0,007726 | 0,007859 | 0,007777 | 0,007885 |
| 0,07 | 0,007671 | 0,007795 | 0,007879 | 0,007762 | 0,007657 |
| 0,08 | 0,007751 | 0,007847 | 0,0077 | 0,007956 | 0,007584 |
| 0,09 | 0,007812 | 0,007726 | 0,007733 | 0,007826 | 0,007635 |
| 0,1 | 0,007725 | 0,00771 | 0,00776 | 0,007811 | 0,007676 |
| 0,11 | 0,007655 | 0,007624 | 0,007642 | 0,007651 | 0,007639 |
| 0,12 | 0,007709 | 0,007673 | 0,007671 | 0,007788 | 0,007673 |
| 0,13 | 0,007754 | 0,007664 | 0,007579 | 0,007655 | 0,007568 |
| 0,14 | 0,00775 | 0,0076 | 0,007668 | 0,007656 | 0,007601 |
| 0,15 | 0,007787 | 0,007693 | 0,007589 | 0,007657 | 0,007516 |
| 0,16 | 0,007734 | 0,007635 | 0,007571 | 0,007658 | 0,007608 |
| 0,17 | 0,007767 | 0,007631 | 0,007596 | 0,007608 | 0,007532 |
| 0,18 | 0,007764 | 0,007584 | 0,007534 | 0,007612 | 0,007465 |
| 0,19 | 0,007721 | 0,007616 | 0,007601 | 0,007661 | 0,007545 |
| 0,2 | 0,007787 | 0,007613 | 0,007545 | 0,007538 | 0,007569 |

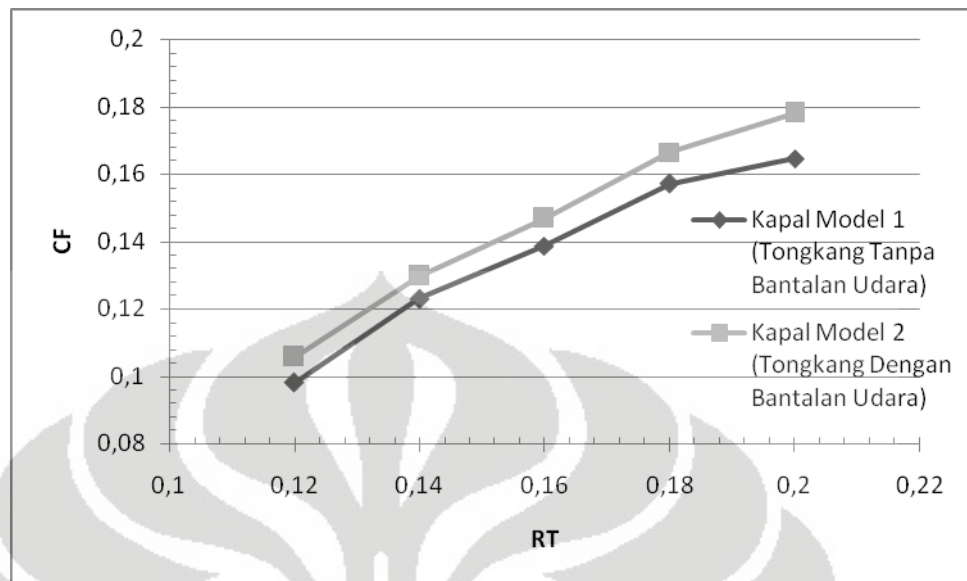
Tabel 4.15 Besar tahanan gesek kapal model 1 pada kondisi muatan II.

| Kapal Model Tanpa Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|--|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | RF, tahanan gesek (kg) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,080624 | 0,121151 | 0,121151 | 0,142001 | 0,168979 |
| 0,02 | 0,091443 | 0,121151 | 0,130936 | 0,154583 | 0,154583 |
| 0,03 | 0,091443 | 0,121151 | 0,134471 | 0,150203 | 0,159163 |
| 0,04 | 0,0945 | 0,121151 | 0,130936 | 0,154583 | 0,154583 |
| 0,05 | 0,09641 | 0,121151 | 0,137407 | 0,151932 | 0,157306 |
| 0,06 | 0,095554 | 0,121151 | 0,138157 | 0,154583 | 0,163957 |
| 0,07 | 0,096781 | 0,121151 | 0,138696 | 0,156521 | 0,16466 |
| 0,08 | 0,097718 | 0,121151 | 0,139102 | 0,157999 | 0,161533 |
| 0,09 | 0,098456 | 0,121151 | 0,13942 | 0,156087 | 0,162335 |
| 0,1 | 0,099053 | 0,123015 | 0,139675 | 0,157306 | 0,162981 |

| | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,11 | 0,099545 | 0,122844 | 0,139884 | 0,158315 | 0,166211 |
| 0,12 | 0,099958 | 0,122701 | 0,140058 | 0,159163 | 0,166439 |
| 0,13 | 0,10031 | 0,124038 | 0,140206 | 0,159887 | 0,166632 |
| 0,14 | 0,101608 | 0,123828 | 0,142001 | 0,160511 | 0,166798 |
| 0,15 | 0,101809 | 0,124924 | 0,142001 | 0,161055 | 0,166942 |
| 0,16 | 0,101985 | 0,124683 | 0,143485 | 0,161533 | 0,168979 |
| 0,17 | 0,102141 | 0,125609 | 0,143397 | 0,160272 | 0,168979 |
| 0,18 | 0,103072 | 0,125355 | 0,143319 | 0,160737 | 0,168979 |
| 0,19 | 0,103156 | 0,125128 | 0,144515 | 0,162674 | 0,170614 |
| 0,2 | 0,103954 | 0,125896 | 0,144387 | 0,161533 | 0,170532 |

Tabel 4.16 Besar tahanan gesek kapal model 2 pada kondisi muatan II.

| Kapal Model Dengan Bantalan Udara Kondisi Muatan II | | | | | |
|---|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| s (m) | RF, tahanan gesek (kg) | | | | |
| | 0,12 kg | 0,14 kg | 0,16 kg | 0,18 kg | 0,2 kg |
| 0,01 | 0,089588 | 0,129065 | 0,133178 | 0,157956 | 0,182004 |
| 0,02 | 0,099218 | 0,129065 | 0,141571 | 0,165255 | 0,170952 |
| 0,03 | 0,100786 | 0,129065 | 0,144279 | 0,161581 | 0,174704 |
| 0,04 | 0,10345 | 0,128595 | 0,141571 | 0,165255 | 0,170952 |
| 0,05 | 0,105023 | 0,128298 | 0,146412 | 0,163085 | 0,173211 |
| 0,06 | 0,104326 | 0,128431 | 0,146941 | 0,164775 | 0,178388 |
| 0,07 | 0,104992 | 0,128525 | 0,147318 | 0,165998 | 0,178293 |
| 0,08 | 0,105788 | 0,128595 | 0,147313 | 0,167236 | 0,175957 |
| 0,09 | 0,106401 | 0,128431 | 0,147569 | 0,165827 | 0,176651 |
| 0,1 | 0,106682 | 0,12963 | 0,147772 | 0,166578 | 0,177203 |
| 0,11 | 0,106917 | 0,12941 | 0,147734 | 0,166967 | 0,179294 |
| 0,12 | 0,107285 | 0,129379 | 0,147891 | 0,167715 | 0,179528 |
| 0,13 | 0,107594 | 0,130239 | 0,147851 | 0,167975 | 0,179404 |
| 0,14 | 0,108474 | 0,130026 | 0,149139 | 0,168373 | 0,179597 |
| 0,15 | 0,108659 | 0,130845 | 0,149033 | 0,168718 | 0,179486 |
| 0,16 | 0,108709 | 0,130625 | 0,149966 | 0,169021 | 0,181069 |
| 0,17 | 0,108858 | 0,131218 | 0,14994 | 0,168152 | 0,180896 |
| 0,18 | 0,109478 | 0,131002 | 0,149812 | 0,168454 | 0,180741 |
| 0,19 | 0,109482 | 0,130891 | 0,150659 | 0,169738 | 0,182013 |
| 0,2 | 0,110093 | 0,131384 | 0,150512 | 0,168856 | 0,182012 |

Gambar 4.6 Grafik koefisien tahanan gesek pada kondisi muatan II.

4.2 Analisa Data

Dari data yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan kecepatan antara kapal model pertama (tongkang tanpa bantalan udara) dengan kapal model kedua (tongkang dengan bantalan udara) pada semua kondisi muatan. Kapal model kedua mempunyai kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan kapal model pertama. Kisaran perbedaan kecepatan antara kapal model kedua dan kapal model pertama sekitar 3% - 7%. Dengan demikian menunjukkan bahwa ada sebuah pengaruh yang ditimbulkan akibat adanya bantalan udara pada kapal model kedua. Secara teoritis adanya bantalan udara dapat mengurangi besarnya tahanan kapal (R_T) akibat pengurangan luas permukaan basah pada kapal model. Besarnya tahanan kapal (R_T) model dipengaruhi oleh besarnya nilai koefisien tahanan (C_T) masing-masing kapal model.

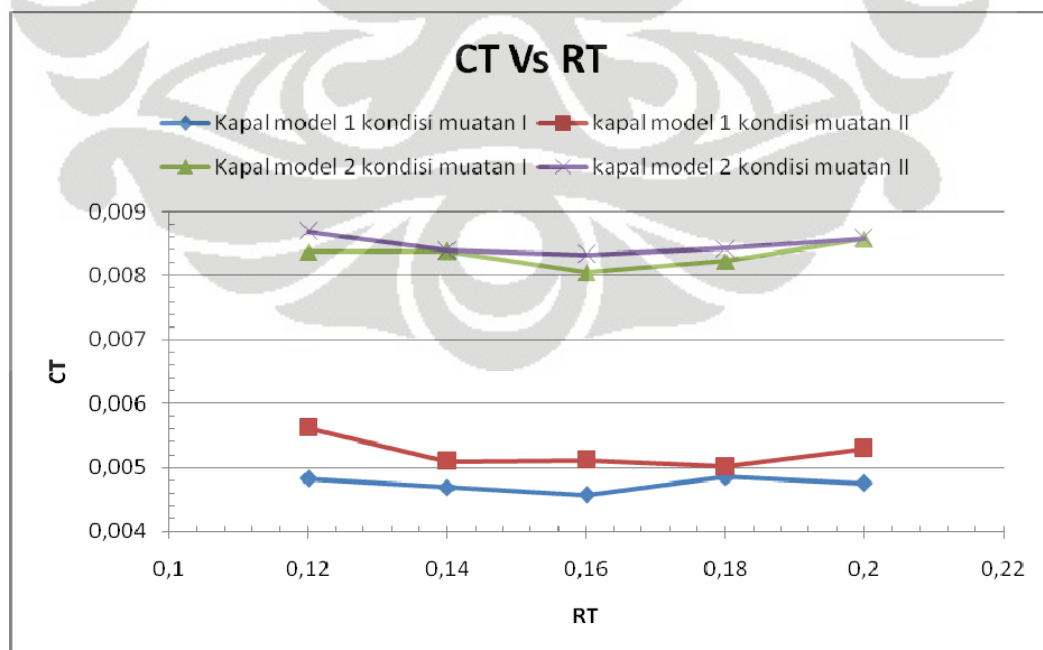
Tabel 4.17 Hasil perhitungan data kapal model 1 dan kapal model 2.

| | Kapal Model 1, Tanpa Bantalan Udara | | Kapal Model 2, Bantalan Udara | |
|------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| | Kondisi Muatan 1 | Kondisi Muatan 2 | Kondisi Muatan 1 | Kondisi Muatan 2 |
| Kecepatan (m/s) | 0,508626 | 0,448563 | 0,531378 | 0,4609 |

| | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|
| R_T,Tahanan Total (Kg) | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| R_F, tahanan gesek (kg) | 0,152105 | 0,13866 | 0,154994 | 0,146823 |
| R_R, tahanan sisa (kg) | 0,001291 | 0,015613 | 0,001291 | 0,015613 |
| C_T, Koefiesen tahanan total | 0,004563 | 0,005105 | 0,008044 | 0,008326 |
| C_F, Koefiesen tahanan gesek | 0,00432 | 0,004416 | 0,007801 | 0,00763 |
| C_R, Koefiesen tahanan sisa | 0,001291 | 0,015613 | 0,001291 | 0,015613 |
| Luas Permukaan Basah (m²) | 0,272 | 0,312 | 0,141 | 0,181 |

Nilai koefisien tahanan total (C_T) kapal model tanpa bantalan udara lebih kecil dibandingkan kapal model bantalan udara. Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai tahanan total yaitu faktor pembagi yang ada didalam rumus. Faktor pembagi terdiri dari berat jenis air, luas permukaan basah, dan kuadrat kecepatan kapal yang diperoleh. Secara teoritis perbedaan kecepatan yang lebih tinggi pada kapal model kedua akan memperbesar faktor pembagi sehingga nilai koefisien gesek akan berkurang.

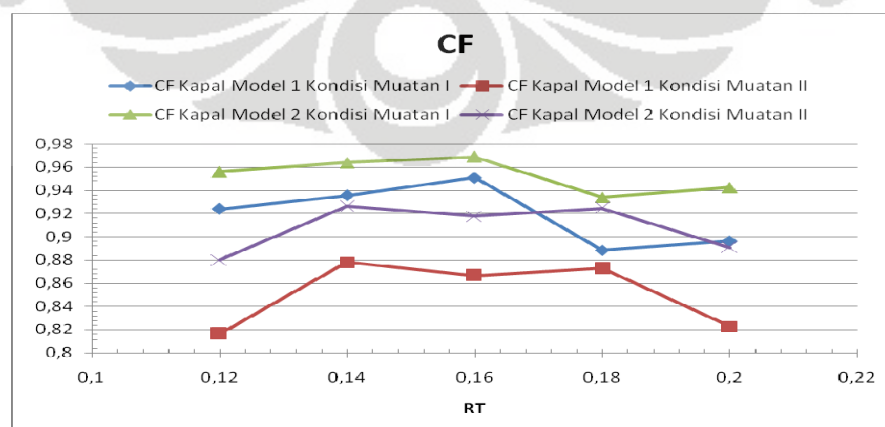
Gambar 4.7 Grafik nilai koefisien tahanan total kapal model.



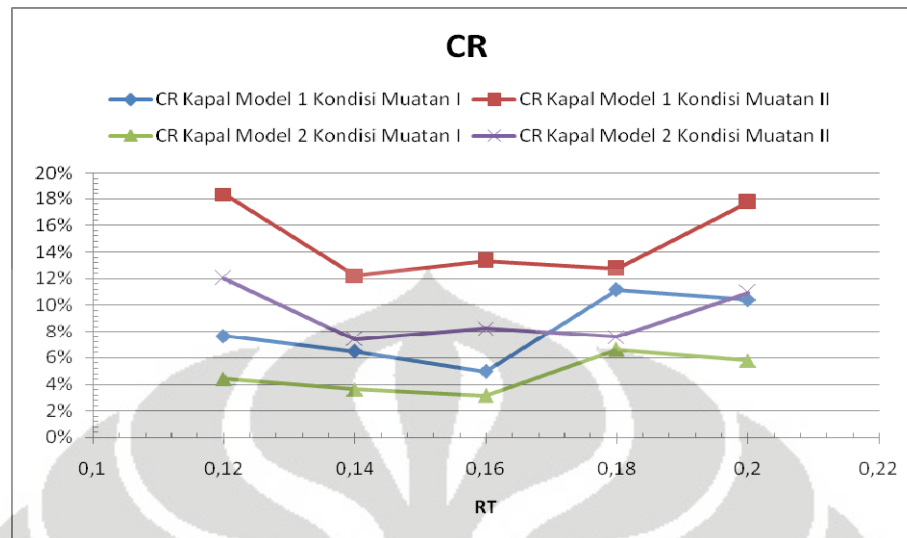
Pada hasil percobaan, kenaikan kecepatan sebesar 3% - 7% belum berpengaruh signifikan memperbesar faktor pembagai dibandingkan dengan luas permukaan basah. Pengurangan luas permukaan basah pada kapal model kedua sebesar 30% dari luas permukaan basah kapal model pertama, sedangkan kenaikan kecepatan yang didapatkan hanya sekitar 3% - 7%. Hal ini menunjukkan tidak semua ruangan bantalan udara efektif mengurangi luas permukaan basah sehingga memperbesar koefisien tahanan gesek ataupun tahanan sisa yang bertambah besar diakibatkan oleh gelombang yang timbul akibat udara yang keluar dari bantalan udara dan gelombang pantul yang ditimbulkan oleh dinding tangki percobaan.

Selain nilai koefisien tahanan total (C_T) yang lebih besar, kapal model kedua juga memiliki prosentase nilai koefisien gesek (C_F) yang lebih besar dibandingkan dengan kapal model pertama. Besarnya koefisien gesek (C_F) pada kapal model pertama sekitar 92% (kondisi muatan I) dan 85% (kondisi muatan II) dari keseluruhan koefisien tahanan total kapal model pertama. Sedangkan besarnya koefisien gesek (C_F) pada kapal model kedua 95% (kondisi muatan I) dan 91% (kondisi muatan II) dari keseluruhan koefisien tahanan total kapal model kedua. Dengan begitu prosentase tahanan sisa (C_R) kapal model kedua dalam lebih kecil mempengaruhi besarnya koefisien tahanan total kapal tersebut. Adanya perbedaan prosentase tahanan sisa (C_R) kapal model pertama dan kapal model kedua sebagai penyusun koefisien tahanan total menunjukkan bahwa tahanan sisa kedua model tidak bisa dianggap sama.

Gambar 4.8 Grafik nilai koefisien tahanan gesek (C_F) kapal model.



Gambar 4.9 Grafik nilai koefisien tahanan sisa (C_R) kapal model.



Nilai koefisien tahanan sisa pada kapal model kedua yang lebih kecil mengakibatkan nilai koefisien tahanan gesek menjadi lebih besar. Hal ini tidak sesuai teori awal, dimana dengan bantalan udara diharapkan dapat mengurangi luas permukaan basah sehingga meperkecil besarnya tahanan gesek. Analisa yang dapat dilakukan yaitu bantalan udara yang diberikan pada kapal model kedua belum sepenuhnya optimal mengurangi luas permukaan basah kapal model. Udara yang disuplai tidak tersebar keseluruhan ruangan bantalan udara. Akibatnya bagian belakang ruang bantalan udara tidak terisi oleh udara dan hal tersebut menyebabkan adanya tahanan gesek tambahan yang diakibatkan oleh dinding ruang bantalan udara.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari percobaan ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Kapal model kedua (tongkang dengan bantalan udara) mempunyai kecepatan yang lebih besar dibandingkan kapal model pertama (tongkang tanpa bantalan udara). Selisih perbedaan kecepatan kedua kapal tersebut berkisar 3% - 7%.
2. Kapal model kedua memiliki nilai tahanan gesek yang lebih besar dibandingkan dengan kapal model pertama, berkisar antara 3% - 7%. Besarnya tahanan gesek kapal model kedua dipengaruhi oleh nilai koefisien tahanan total yang lebih besar dibandingkan dengan kapal model pertama. Hal ini menunjukkan bantalan udara pada kapal model kedua belum efektif mengurangi luas permukaan basah kapal model.
3. Adanya bantalan udara pada kapal model kedua belum efektif dalam melakukan pengurangan tahanan gesek pada kapal tersebut. Besarnya tahanan gesek pada kapal model kedua diakibatkan oleh adanya tahanan tambahan karena ruang bantalan udara tidak terisi penuh dengan udara.

5.2 Saran

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

1. Percobaan ini bantalan udara tidak disuplai terus menerus, untuk percobaan selanjutnya dapat dilakukan dengan penambahan udara yang disuplai terus menerus pada saat kapal model berjalan.
2. Dilakukan modifikasi ulang pada penempatan bantalan udara dengan begitu dapat diketahui letak yang paling optimal dalam mengurangi tahanan gesek kapal model.

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
- Sastrodiwongso, Teguh. (1998). *Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak*.
- Yun, L., & Bliault, A. (2000). *Theory Design Air Chushion Craft*. New York : Jhon Wiley & Sons Inc.



Efektifitas Penggunaan Bantalan Udara Pada Tongkang Pengangkut Batu Split Dalam Mengurangi Tahanan Gesek Kapal

Hadi Tresno Wibowo¹, M. Arif Budiyanto²

Tahanan pada tongkang identik dengan kecepatan kapal tersebut. Dengan menggunakan bantalan udara diharapkan dapat mengurangi nilai tahanan gesek kapal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan kecepatan pada kedua jenis kapal, baik tongkang dengan bantalan udara dan tanpa menggunakan bantalan udara. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan uji tarik kapal model di kolam uji tarik. Pengujian menggunakan *high speed camera* untuk mendapatkan nilai kecepatan kapal. Hasil dari pengujian menunjukkan kecepatan kapal model dengan bantalan udara mempunyai nilai yang lebih tinggi sekitar 3%-7%. Namun setelah dilakukan perhitungan nilai tahanan gesek kapal model kedua cenderung lebih besar dibandingkan kapal model tanpa bantalan udara. Hal ini menunjukkan bahwa bantalan udara pada percobaan ini belum efektif dalam mengurangi besarnya tahanan gesek pada kapal model.

Kata kunci : Tongkang, tahanan gesek, bantalan udara

1. Pendahuluan

Bentuk lambung tongkang mempunyai tahanan lebih besar dibandingkan jenis kapal umum yang tersusun oleh tahanan gesek dan tahanan sisa kapal. Besarnya tahanan gesek membuat kecepatan tongkang tidak efisien dan membutuhkan tenaga yang besar.

Hal ini mendasari penelitian tugas akhir ini tentang inovasi bantalan udara pada tongkang untuk mengurangi tahanan gesek kapal. Sehingga akan diketahui apakah bantalan udara pada tongkang akan mengurangi besarnya tahanan gesek kapal secara signifikan. Untuk mengurangi tahanan gesek pada tongkang dapat dilakukan inovasi dengan memberikan adanya suatu bantalan udara pada dasar tongkang. Dasar tongkang merupakan permukaan yang rata dan sangat luas. Bantalan udara dibentuk seluas permukaan yang rata mengarah ke dalam lambung dari pelat tinggi sampai 20 cm, di las tegak lurus membentuk kontur yang menyambung, udara akan terjebak di dalam kontur tersebut sehingga membentuk sebuah bantalan udara. Sasaran penelitian ini adalah tongkang

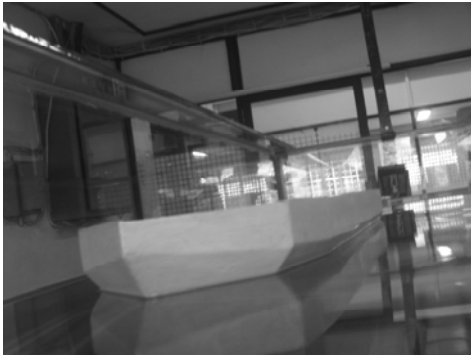
pengangkut batu kali yang rencananya akan di buat bangunan baru sebagai penunjang pembangunan wilayah di Indonesia bagian timur.

2. Metodologi Penelitian



Dimensi Kapal Model

| | |
|---------------------|-----------|
| Panjang Kapal (Loa) | : 100 cm |
| Lpp | : 98 cm |
| Lebar (B) | : 25 cm |
| Tinggi (H) | : 6,25 cm |
| Draft (T) | : 4 cm |
| Cb | : 0.9 |
| Skala | : 1 : 40 |



Variasi beban tahanan yang diberikan yaitu 0,12 kg, 0,14 kg, 0,16 kg, 0,18 kg dan 0,2 kg. Proses pengambilan kecepatan dilakukan dengan menggunakan *High Speed Camera*

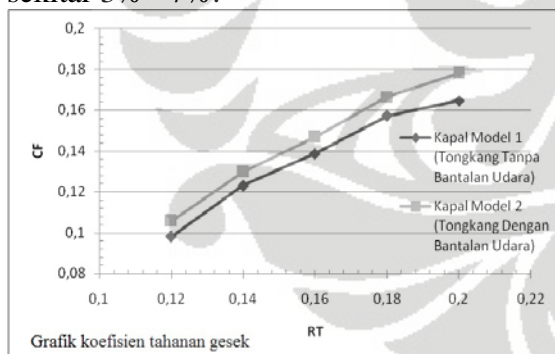
Panjang frame horizontal : 640 pixel

Panjang frame vertikal : 521 pixel

Jumlah frame per detik : 500 frame/detik

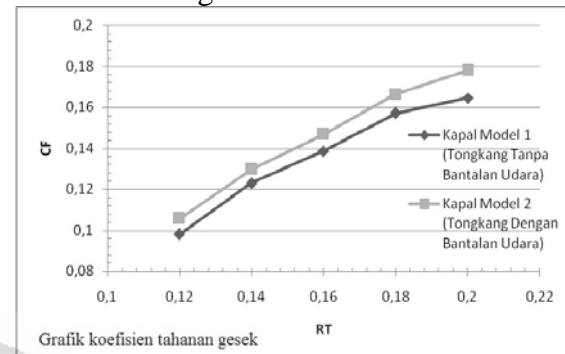
3. Hasil dan Pembahasan

Dari data yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan kecepatan antara kapal model pertama (tongkang tanpa bantalan udara) dengan kapal model kedua (tongkang dengan bantalan udara) pada semua kondisi muatan. Kapal model kedua mempunyai kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan kapal model pertama. Kisaran perbedaan kecepatan antara kapal model kedua dan kapal model pertama sekitar 3% - 7%.



Nilai koefisien tahanan total (C_T) kapal model tanpa bantalan udara lebih kecil dibandingkan kapal model bantalan udara. Faktor yang mempengaruhi besarnya nilai tahanan total yaitu faktor pembagi yang ada didalam rumus. Faktor pembagi terdiri dari berat jenis air, luas permukaan basah, dan kuadrat kecepatan kapal yang diperoleh. Secara teoritis perbedaan kecepatan yang lebih tinggi pada kapal model kedua akan memperbesar faktor

pembagi sehingga nilai koefisien gesek akan berkurang.



Pada hasil percobaan, kenaikan kecepatan sebesar 3% - 7% belum berpengaruh signifikan memperbesar faktor pembagi dibandingkan dengan luas permukaan basah. Pengurangan luas permukaan basah pada kapal model kedua sebesar 30% dari luas permukaan basah kapal model pertama, sedangkan kenaikan kecepatan yang didapatkan hanya sekitar 3% - 7%. Hal ini menunjukkan tidak semua ruangan bantalan udara efektif mengurangi luas permukaan basah sehingga memperbesar koefisien tahanan gesek ataupun tahanan sisa yang bertambah besar diakibatkan oleh gelombang yang timbul akibat udara yang keluar dari bantalan udara dan gelombang pantul yang ditimbulkan oleh dinding tangki percobaan.

4. Kesimpulan

Dari percobaan ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Kapal model kedua (tongkang dengan bantalan udara) mempunyai kecepatan yang lebih besar dibandingkan kapal model pertama (tongkang tanpa bantalan udara). Selisih perbedaan kecepatan kedua kapal tersebut berkisar 3% - 7%.

2. Kapal model kedua memiliki nilai tahanan gesek yang lebih besar dibandingkan dengan kapal model pertama, berkisar antara 3% - 7%. Besarnya tahanan gesek kapal model kedua dipengaruhi oleh nilai koefisien tahanan total yang lebih besar dibandingkan dengan kapal model pertama. Hal ini menunjukkan bantalan udara pada kapal model kedua belum

efektif mengurangi luas permukaan basah kapal model.

3. Adanya bantalan udara pada kapal model kedua belum efektif dalam melakukan pengurangan tahanan gesek pada kapal tersebut. Besarnya tahanan gesek pada kapal model kedua diakibatkan oleh adanya tahanan tambahan karena ruang bantalan udara tidak terisi penuh dengan udara.

5. 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
- Sastrodiwongso, Teguh. (1998). *Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak*.
- Yun, L., & Bliault, A. (2000). *Theory Design Air Chushion Craft*. New York : Jhon Wiley & Sons Inc.