



UNIVERSITAS INDONESIA

BANTALAN UDARA PADA TONGKANG BATUABARA

SKRIPSI

Yohanes S.T.

0405080297

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

DESEMBER, 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

BANTALAN UDARA PADA TONGKANG BATUBARA

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Yohanes S. T.

0405080297

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

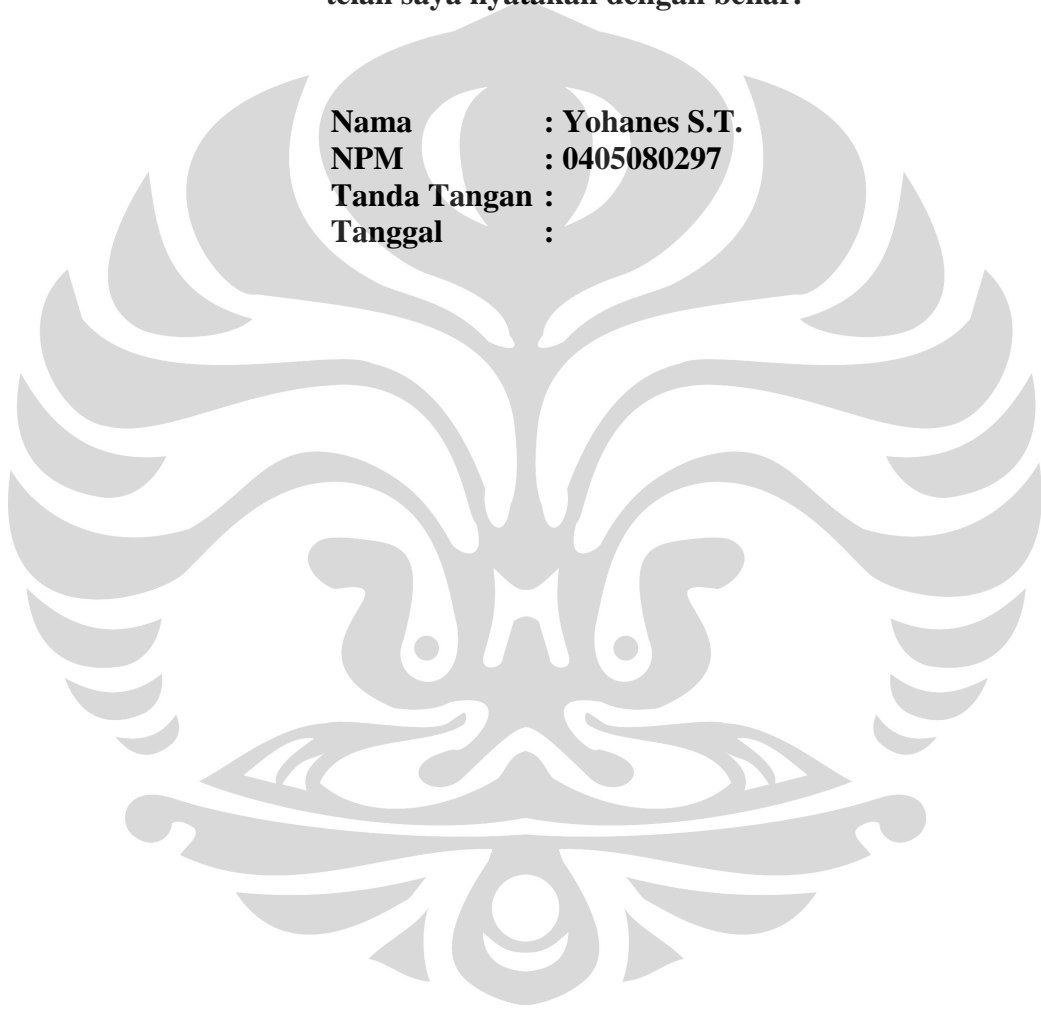
DEPOK

DESEMBER, 2009

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Yohanes S.T.
NPM : 0405080297
Tanda Tangan :
Tanggal :**



PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Yohanes S.T.

NPM : 0405080297

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : Bantalan Udara pada Tongkang Batubara

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 Tresna. ()

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo ()

Penguji : Ir. M.A.Talahatu, MT ()

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

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Ir.Hadi Tresna

Selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus, karena atas berkat kasih dan penyertaanNya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana teknik Jurusan Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangtalah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir.Hadi Tresna., selaku dosen pembimbing saya yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran serta meberikan motivasi untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Sunaryo, Ph. D, selaku ketua Program Studi Teknik Perkapalan dan Pembimbing Akademis saya
3. Ir. M.A.Talahatu, MT, selaku dosen yang banyak memberikan masukan kepada saya dalam pengerjaan skripsi ini
4. Prof. Dr. Ir. Yanuar, M. eng., M. Sc., selaku dosen penguji saya
5. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan doa, material dan moral
6. Rendy Prima selaku rekan kerja yang telah banyak membantu dalam pembuatan skripsi ini
7. Andre Yohanes, Andreas, Hilmi selaku rekan penghuni lab. Lantai 4.
8. Seluruh teman-teman Teknik Perkapalan UI angkatan 2005. Budi, busan,dias, fajar,farry, eras,ibun, aris, andri, erish, laode, dipta, boas, rofik, vigner, grace, yobi, adin, yahya, wawan
9. Teman-teman Mesin angkatan 2005.
10. Teman-teman sepelayanan di GPIB Bukit Moria yang senantiasa meberikan semangat dan doa,
11. Seluruh staf pengajar dan karyawan di lingkungan Departemen Teknik Mesin,

Akhir kata, tiada balasan yang dapat saya berikan selain kasih dan penyertaan Tuhan Yang Maha Esa yang akan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Desember 2009

Penulis



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Yohanes S. T ; Ir. Hadi Tresna
NPM : 0405080297 ;
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

Bantalan Udara pada Tongkang Batubara

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di :
Pada tanggal :
Yang menyatakan

(Yohanes S. T.)

(Ir. Hadi Tresna)

Yohanes S. T
04 05 08 0297
Departemen Teknik Mesin

Dosen Pembimbing
Ir.Hadi Tresna

BANTALAN UDARA PADA TONGKANG BATUBARA

ABSTRAK

Hambatan pada kapal tongkang identik dengan kecepatan kapal tersebut. Dengan menggunakan bantalan udara pada dasar kapal tersebut mampu mengurangi hambatan kapal tersebut. Tujuan studi ini untuk mengetahui perbedaan kecepatan pada kedua jenis kapal model baik tongkang dengan menggunakan bantalan udara dan tanpa menggunakan bantalan udara, yang nantinya berpengaruh kepada nilai hambatan kapal tersebut. Kapal model dibuat dengan ukuran yang telah ditentukan berdasarkan desain awal dengan ukuran-ukuran yang telah disesuaikan pada kondisi percobaan. Variasi muatan pada kapal dan pemberat untuk melakukan uji tarik dilakukan untuk pengambilan data. Hasil menunjukkan hubungan antara kecepatan terhadap variasi muatan dan pemberat pada kedua jenis kapal model yang mempengaruhi perbandingan hambatan pada masing-masing kapal model. Hasil diperlihatkan bahwa pada kapal tongkang dengan menggunakan bantalan udara mengalami hambatan yang kecil dibandingkan kapal tongkang tanpa menggunakan hambatan udara, dan perbedaan hambatan berkisar antara 15 – 20 %.

Kata kunci : Tongkang, Kecepatan, Kapal Model, Hambatan Kapal

Yohanes S. T
04 05 08 0297
Mechanical Department Engineering

Counsellor
Ir.Hadi Tresna

AIR CUSHION ON A COAL BARGE

ABSTRACT

The resistance of a barge is identically than the velocity of the barge. With using an air cushion system can decrease the resistance of that barge. The point is to know the difference between barge with air cushion system and without air cushion system, eventually the difference of velocity is effect to the resistance of that barge. The barge's design has make with a measure that real in a testing condition. Load and mass of hanger variations is used to get some data. The result can show the relation of velocity of barge and hanger on two barge model, eventually the result can effect the resistance both of barge model. The result can show that a barge with air cushion system have a small resistance than a barge without a barge, and the range of resistance is among 15-20 %.

Keywords : Barge, Velocity, Ship Model, Resistance

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.1.1 Tongkang Batubara.....	2
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Metodologi Penelitian.....	5
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tahanan.....	7
2.2 Tahanan Gesek.....	9
2.3 Tahanan Bentuk.....	10
2.4 Reynold's Number.....	11
2.5 Froude's Number.....	11
2.6 Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	12

2.7	Teori Air Cushion.....	14
BAB 3 PERANCANGAN DAN PENGUJIAN.....		17
3.1	Perancangan.....	18
3.1.1	Bentuk Fisik.....	18
3.1.2	Bahan.....	22
3.1.3	Peralatan.....	23
3.1.4	Proses Pembuatan dan Perakitan.....	23
3.2	Pengujian.....	26
3.2.1	Tujuan.....	26
3.2.2	Peralatan.....	26
3.2.3	Langkah Percobaan.....	26
3.2.4	Data Pengujian.....	30
BAB 4 PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA.....		37
4.1	Perhitungan Luas Permukaan Basah.....	37
4.2	Perhitungan Kecepatan Kapal berdasarkan Perbedaan Berat Benda.....	39
BAB 5 KESIMPULAN.....		43
DAFTAR PUSTAKA.....		44
LAMPIRAN.....		45

DAFTAR GAMBAR

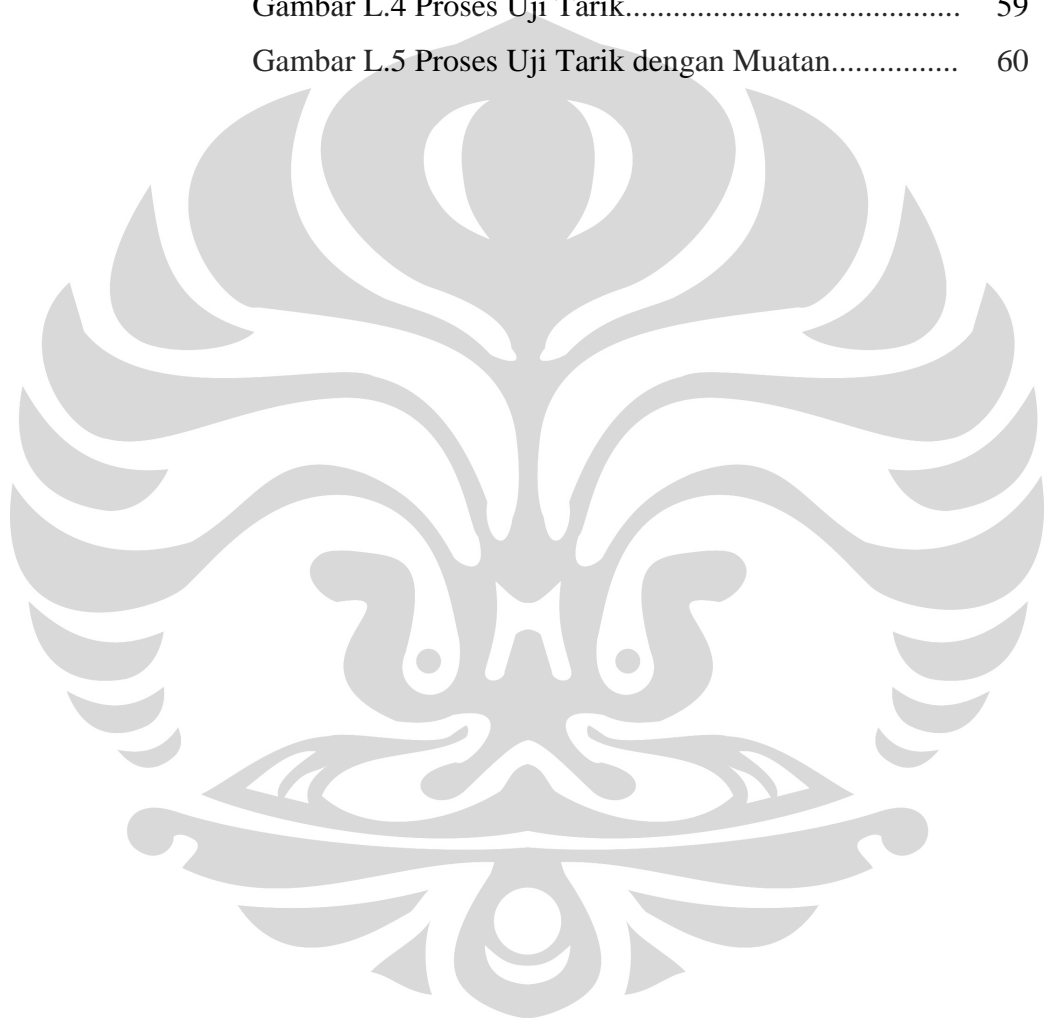
	Halaman
Gambar 1.1 Tongkang.....	2
Gambar 2.1 Grafik v-t untuk GLBB dipercepat.....	13
Gambar 2.2 Air cushion dengan fleksible skirt.....	15
Gambar 2.3 Sistem air cushion dengan prinsip plenum chamber.....	15
Gambar 3.1 Kapal model tampak depan.....	18
Gambar 3.2 Kapal model tampak samping.....	19
Gambar 3.3 Tangki percobaan tampak atas.....	19
Gambar 3.4 Tangki percobaan tampak samping.....	20
Gambar 3.5 Desain 3 dimensi CAD kapal model.....	20
Gambar 3.6 Kapal model.....	21
Gambar 3.7 Kapal tongkang dengan bantalan tampak atas.....	21
Gambar 3.8 Kapal tongkang dengan bantalan tampak samping.....	22
Gambar 3.9 Bahan dasar pembuatan kapal model.....	22
Gambar 3.10 Proses penggambaran bagian kapal.....	24
Gambar 3.11 Proses penyambungan kapal.....	25
Gambar 3.12 Proses pengecatan kapal.....	25
Gambar 3.13 Setting alat percobaan tampak atas.....	27
Gambar 3.14 Setting alat percobaan tampak samping.....	27
Gambar 3.15 Langkah percobaan pada kondisi 1.....	29
Gambar 3.16 Langkah percobaan pada kondisi 2.....	29
Gambar 3.17 Langkah percobaan pada kondisi 3.....	30
Gambar 3.18 Grafik pengaruh berat bandul terhadap waktu pada kondisi1.....	32
Gambar 3.19 Grafik pengaruh berat bandul terhadap waktu pada kondisi2.....	34
Gambar 3.20 Grafik pengaruh berat bandul terhadap waktu pada kondisi3.....	36
Gambar 4.1 Grafik tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 1.....	40
Gambar 4.2 Grafik tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 2.....	41
Gambar 4.3 Grafik tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 3.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data 1 kondisi 1	30
Tabel 3.2 Data 2 kondisi 1	31
Tabel 3.3 Data 3 kondisi 1	31
Tabel 3.4 Pengaruh masaa terhadap waktu pada kondisi 1	31
Tabel 3.5 Data 1 kondisi 2	32
Tabel 3.6 Data 2 kondisi 2	32
Tabel 3.7 Data 3 kondisi 2	33
Tabel 3.8 Pengaruh masaa terhadap waktu pada kondisi 2.....	33
Tabel 3.9 Data 1 kondisi 3	34
Tabel 3.10 Data 2 kondisi 3	35
Tabel 3.11 Data 3 kondisi 3	35
Tabel 3.12 Pengaruh masaa terhadap waktu pada kondisi 3.....	35
Tabel 4.1 Data luasan basah.....	38
Tabel 4.2 Data kecepatan kedua kapal pada kondisi 1	39
Tabel 4.3 Data kecepatan kedua kapal pada kondisi 2.....	40
Tabel 4.4 Data kecepatan kedua kapal pada kondisi 3.....	40
Tabel 4.5 Pengaruh tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 1	40
Tabel 4.6 Pengaruh tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 2	41
Tabel 4.7 Pengaruh tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 3	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Peralatan Proses Uji Tarik	58
	Gambar L.1 Perangkat Katrol.....	58
	Gambar L.2 Pasir sebagai Muatan.....	58
	Gambar L.3 Pompa Tangan.....	59
	Gambar L.4 Proses Uji Tarik.....	59
	Gambar L.5 Proses Uji Tarik dengan Muatan.....	60



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
L_{pp}	Panjang kapal per pendicular	m
B	Lebar kendaraan amphibi	m
H	Tinggi total kendaraan amphibi	m
T	Sarat kendaraan amphibi	m
Δ	Displacement	ton
C_b	Koefisien Blok	-
V	Kecepatan	m/s
ρ	Massa jenis air	kg/m ³
ν	Viskositas air	m ² /s
R_T	Tahanan total	kg
R_F	Tahanan gesek	kg
R_R	Tahanan sisa	kg
C_T	Koefisien tahanan total	-
C_F	Koefisien tahanan gesek	-
C_R	Koefisien tahanan sisa	-
S	Luas Permukaan Basah	m ²
R_n	Reynold's number	-
F_n	Froude's number	-

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tongkang merupakan suatu jenis kapal dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang menagapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti dermaga terapung. Dalam International Collision Regulation 1972 aturan no. 3 mendefinisikan bahwa segala sesuatu alat angkut yang di gunakan di air di sebut kapal, jadi Tongkang juga masuk kategori sebagai kapal. Jenis-jenis tongkang umumnya mengikuti dari muatan tongkang tersebut, seperti tongkang batu bara, tongkang pengangkut minyak, tongkang pengangkut kayu, dsb..

Sebagaimana telah dibahas bahwa pengoperasian tongkang adalah dengan ditarik (ditunda) dengan kapal tunda (tugboat). Namun seiring perkembangan teknologi dan inovasi maka terdapat juga jenis tongkang yang dapat bergerak tanpa ditarik oleh kapal tunda melainkan dengan system permesinan dan propulsi sendiri. Untuk tongkang tipe ini dikenal dengan nama *self-propelled barge*.

Sebagai alat angkut, daerah pelayaran tongkang umumnya adalah daerah sungai dan daerah pantai. Sistem konstruksi dari tongkang tidak sesuai dengan karakteristik laut dalam dimana ombak yang besar akan menghambat pergerakan tongkang. Ada kalanya tongkang merupakan alat angkut yang ekonomis, dan ada kalanya alat angkut ini tidak bisa digunakan karena alasan tertentu. Ekonomis karena struktur konstruksinya yang sederhana, sehingga dalam pembuatannya tidak memakan waktu yang lama dan biaya pembuatan lebih murah dan juga memiliki daya angkutnya yang banyak, kemudian waktu dalam bongkar muat barang yang cukup cepat.

Sebagai sarana angkutan perairan, tongkang dipengaruhi oleh gaya yang bekerja padanya, seperti gaya gesek, gaya tekan, dan gaya-gaya luar yang bekerja padanya, seperti gelombang dan angin. Gaya-gaya ini disebut gaya hambat hidromekanik. Semakin tinggi gaya hambat yang dihasilkan oleh tongkang tersebut, maka semakin rendah pula kecepatan tongkang, sehingga berpengaruh

terhadap waktu dan efektifitas kinerja dari tongkang tersebut. Faktor inilah yang menjadi kelemahan pada kapal tongkang. Untuk itu dalam mengatasi gaya hambat yang menjadi kelemahan dari tongkang ini diperlukan beberapa inovasi-inovasi untuk mengurangi gaya hambat pada tongkang tersebut.

1.1.1. Tongkang Batubara



Gambar 1.1 Tongkang

Dipilihnya spesifikasi jenis tongkang batu bara, dikarenakan jenis tongkang ini adalah jenis yang paling banyak di jumpai di perairan nusantara, kemudian karena maraknya bisnis tongkang batu bara dewasa ini. Seperti diketahui bahwa batu bara merupakan sumber daya alam fenomenal yang dimiliki Indonesia setelah minyak bumi.

Pengangkutan batu bara dari Pulau Kalimantan ke Pulau Jawa untuk pembangkit tenaga listrik makin meningkat. Batu bara tersebut diangkut menggunakan tongkang yang ditarik sebuah kapal tunda (tug) dengan kecepatan sekitar 3 knots. Upaya penghematan energy dapat dilakukan dengan mereduksi hambatan kapal tongkang. Ada berbagai cara untuk mereduksi hambatan kapal, salah satunya yang sudah banyak diteliti adalah dengan menggunakan *micro*

bubble pada permukaan kulit kapal, untuk menghindarkan kontak langsung kontak langsung antara air laut dengan kulit kapal, yang mengakibatkan hambatan gesek berkurang. Namun, untuk menghasilkan *micro bubble* pada permukaan kulit kapal tidaklah gampang, terutama untuk masa pemakaian yang panjang dan kondisi lingkungan yang korosif.

Berdasarkan permasalahan ini, timbul sebuah ide untuk membuat bantalan udara pada bagian bawah tongkang dengan pertimbangan :

1. Dasar tongkang merupakan permukaan yang rata dan sangat luas
2. Kecepatan tongkang sangat rendah
3. *Draft* tongkang relative stabil atau tenang

Bantalan udara dibentuk dari pelat tinggi sampai 20 cm, di las tegak lurus pada bagian bawah yang rata membentuk kontur yang menyambung, udara akan terjebak di dalam kontur ini, akan keluar kalau terjadi gerakan *rolling* atau *trim*. Udara yang keluar dapat diisi kembali menggunakan kompresor udara yang dapat bekerja sepanjang perjalanan. Beberapa keunggulan bantalan udara ini ada pada pembuatannya yang sederhana dan mudah. Selain itu, bantalan ini tidak perlu perawatan khusus, dan dapat diterapkan untuk desain baru maupun dipasang pada tongkang yang sudah beroperasi. Bantalan udara ini diharapkan dapat mengurangi friksi antara kulit kapal bagian bawah dengan air laut.

Sasaran penelitian ini adalah kapal tongkang pengangkut batu bara, yang di masa mendatang sangat besar perannya dalam mensuplai batu bara ke Pulau Jawa. Dari bentuk tongkang yang persegi panjang akan dihasilkan hambatan yang besar, kecepatan relative kecil, bergerak tenang di tengah laut, tidak menimbulkan gejolak pada bagian belakang karena putaran propeller oleh karena Bergeraknya di tarik tug boat. Pembuatan bantalan udara ini dimaksudkan untuk mengurangi masalah-masalah tersebut di atas.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada skripsi ini adalah :

1. Mengetahui dan menghitung kecepatan kapal tongkang pada umumnya dan tongkang dengan menggunakan bantalan udara

2. Membandingkan hambatan yang diperoleh pada tongkang yang menggunakan bantalan udara dengan tongkang pada umumnya.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari skripsi ini adalah :

1. Memberikan rekomendasi perbedaan kecepatan yang diperoleh pada tongkang dengan bantalan udara dibandingkan tongkang pada umumnya.
2. Sebagai langkah awal proses pengambilan data dalam studi lanjutan dosen pembimbing
3. Untuk memenuhi syarat kelulusan dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Universitas Indonesia.

1.4. Batasan Masalah

Dimensi utama pada kapal model yang akan diuji coba adalah sebagai berikut

- Panjang (LPP) : 96 cm
- Lebar (B) : 30 cm
- Tinggi (H) : 16.86
- Draft (T) : 13.5 cm
- Jenis Kapal : Tongkang

Tempat yang akan dipakai untuk uji coba dan pengambilan data hambatan kapal model jenis tongkang adalah pada tangki *stabilitas kapal* di laboratorium perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Adapun kondisi dari tangki percobaan ini sudah di lakukan pemeriksaan dan diuji agar tidak terjadi kebocoran dan memenuhi syarat dalam melakukan uji coba. Besarnya ukuran dari tangki percobaan ini adalah :

- Panjang : 250 cm
- Lebar : 75 cm
- Kedalaman : 35 cm

Pada penulisan skripsi ini pembatasan masalah mencakup uji coba kapal model jenis tongkang yang akan diperoleh hambatan total dan di bandingkan dengan hambatan dan kecepatan kapal tongkang dengan menggunakan bantalan

udara. Kemudian dari nilai hambatan total itu dapat di turunkan untuk mencari hambatan bentuk dan hambatan gesek dari kedua kapal model jenis tongkang tersebut. Hasil dari perhitungan ini yang akan dibandingkan apakah hambatan kapal tongkang yang memiliki bantalan udara lebih kecil dari pada hambatan kapal tongkang biasa, atau sebaliknya.

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam menyelesaikan masalah pada skripsi ini penulis menggunakan metode :

1. Studi literatur dari berbagai buku referensi dan internet.
2. Pengujian kapal model jenis tongkang dengan bantalan udara dengan tongkang pada umumnya, dengan pengambilan data di laboratorium perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia
3. Pengolahan data
4. Analisa hasil pengolahan data

1.6. Sistematika Penulisan

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

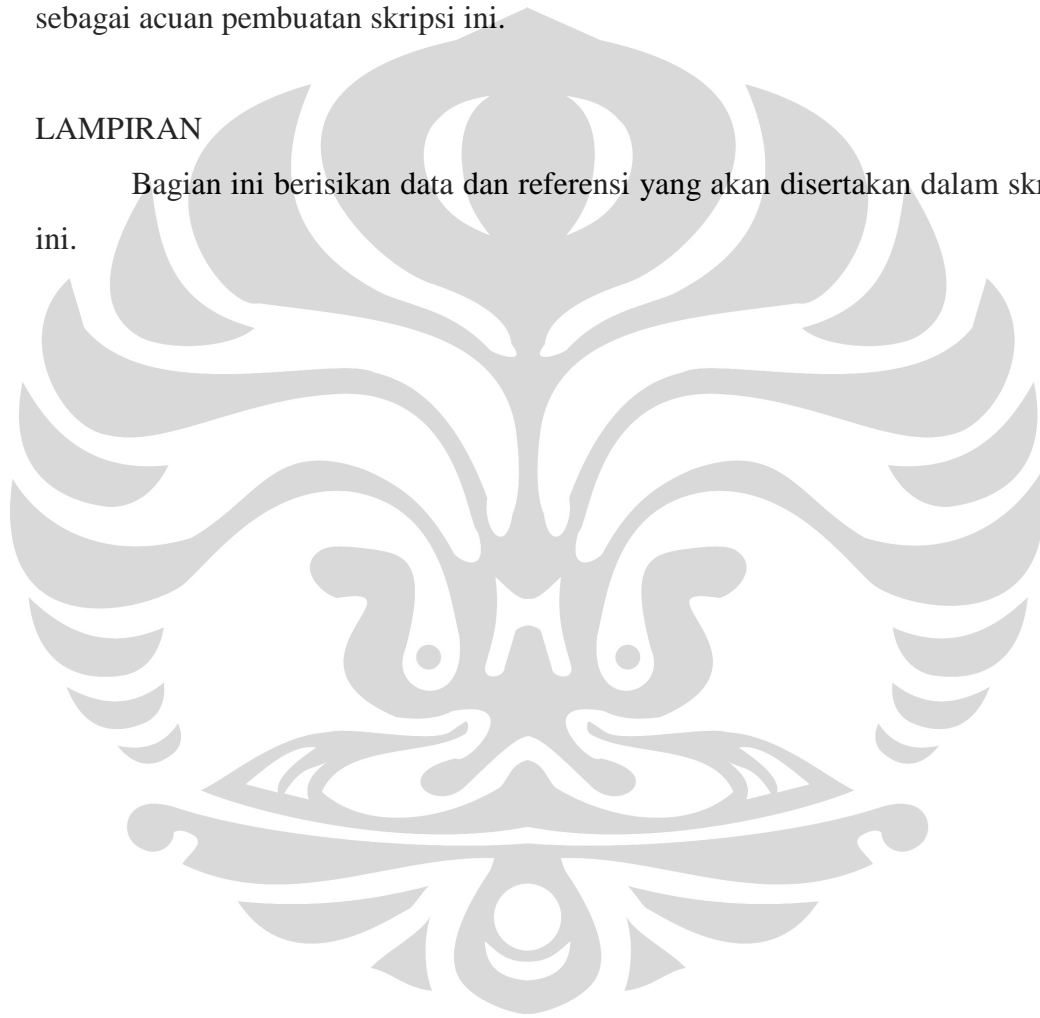
Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan dan saran dari penulis.

DAFTAR PUSTAKA

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

LAMPIRAN

Bagian ini berisikan data dan referensi yang akan disertakan dalam skripsi ini.



BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Tahanan

Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah gaya 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 merupakan fungsi dari luas permukaan basah (S), kecepatan kapal (v), dan masa jenis air (ρ) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \quad (\text{II.1.1})$$

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

- Tahanan Gesek

Tahanan 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.

- Tahanan Gelombang

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami tahanan sehingga menyebabkan terbentuknya suatu sistem 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 sistem gelombang ini diperoleh dari gerakan kapal itu sendiri. Pemindahan energi ini dianggap menggambarkan adanya suatu gaya yang menghambat gerak maju dari kapal dan dianggap sebagai tahanan gelombang.

- Tahanan Bentuk

Tahanan 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 melawan gerak maju dari kapal.

- Tahanan Udara

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

- **Tahanan Tambahan**

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

- **Tahanan Sisa**

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

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

$$R_T = R_F + R_R \dots\dots\dots (II.1.2)$$

2.2 Tahanan Gesek

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

$$F = \mu \frac{S \cdot v}{h} \dots\dots\dots (II.2.1)$$

Tahanan gesek dipengaruhi oleh kecepatan benda (v), luasan basah (S) dan massa jenis fluida (ρ). Dengan rumus :

$$R_F = \frac{1}{2} \cdot C_F \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \quad (\text{II. 2. 2})$$

Sehingga dibutuhkan koefisien gesek (C_F) untuk dapat mengetahui berapa besarnya nilai tahanan gesek. Menurut ITTC 1957 koefisien gesek dapat diketahui dengan rumus :

$$C_F = \frac{0.075}{(\text{Log}R_n - 2)^2} \dots \quad (\text{II. 2. 3})$$

2.3 Tahanan Bentuk

Seperti yang sudah di singgung pada pembahasan umum 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, yang secara perlahan akan menaikkan tekanan hingga daerah ujung akhir dari lambung kapal.

Hal ini disebabkan oleh bentuk aliran *streamline* di sekitar lambung kapal akan menghasilkan variasi kecepatan aliran, yang disebabkan oleh variasi lokal pada *Frictional Resistance*-nya. 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 ini pun menjadikannya suatu tahanan. Dan dikarenakan variasi aliran dan arus pusarab adalah dihasilkan oleh bentuk lambung kapal (*Ship Form*), maka tahanan ini sering dikaitkan terhadap *Form Resistance*.

2.4 Reynold's Number

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

Dua aliran dikatakan serupa secara dinamik bila :

- 1.1. Kedua aliran tersebut serupa secara geometrik, yakni ukuran linier yang bersesuaian mempunyai perbandingan yang konstan.
- 1.2. Garis-garis aliran yang bersesuaian adalah serupa secara geometrik atau tekanan-tekanan di titik-titik yang bersesuaian mempunyai perbandingan yang konstan.

Reynold menyimpulkan, bila dua situasi aliran yang serupa secara geometrik akan serupa secara dinamik jika persamaan-persamaan diferensial umum yang menggambarkan aliran-aliran tersebut identik. Bilangan tak berdimensi yang dipelajari reynold tersebut dikenal sebagai Reynolds Number (Re) dimana yang mempengaruhi nilai Re antara lain yaitu kecepatan (v), panjang kapal (L) dan viskositas kinematis fluida (ν) dengan rumusan sebagai berikut :

$$Re = \frac{v \cdot L}{\nu} \dots\dots\dots(\text{II. 4. 1})$$

2.5. Froude's 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 (F_n), dimana F_n dipengaruhi oleh kecepatan (v), gaya gravitasi (g) dan panjang kapal (L) :

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}} \dots\dots\dots (\text{II. 5. 1})$$

Dari penjelasan di atas maka dengan diketahui besarnya F_n kapal model, maka dapat diketahui juga besarnya F_n kapal skala penuh. Karena menurut Froude, besarnya F_n model sama dengan F_n kapal skala penuh. Sehingga nilai koefisien sisa kapal skala penuh (C_{RS}) dapat diketahui jika koefisien kapal model (C_{RM}) telah diketahui dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$C_{RS} = \frac{\rho_s}{\rho_M} \cdot C_{RM} \quad (\text{II. 5. 2})$$

2. 6. Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak lurus berubah beraturan ialah gerak benda titik yang membuat lintasan berbentuk garis lurus dengan sifat bahwa jarak yang ditempuh tiap satuan waktu tidak sama besar, sedangkan arah gerak tetap. Disini jarak yang ditempuh tiap satu satuan waktu makin besar atau makin kecil, maka terjadi gerak dipercepat atau diperlambat. Jika perubahannya tetap disebut gerak lurus berubah beraturan.

Untuk gerak lurus berubah beraturan yang bukan vertical ke atas maupun ke bawah dengan percepatan tetap, digunakan symbol a untuk percepatan, maka persamaan gerak benda secara umum menjadi :

$$x = x_0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \text{atau} \quad s = s_0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$v = a \cdot t \quad (v \text{ dan } a \text{ pada arah } x \text{ atau } s)$$

Jika pada gerak lurus berubah beraturan ini diberi kecepatan awal v_0 , maka setiap saat jalan yang ditempuh bertambah dengan $v_0 t$, sehingga persamaan gerak menjadi :

$$s = v_0 t + s_0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad \dots\dots\dots(\text{II. 6. 1})$$

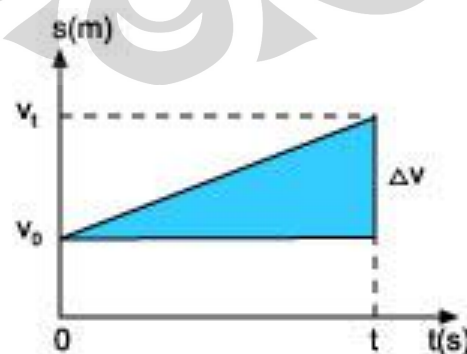
$$v = v_0 + a \cdot t \quad \dots\dots\dots(\text{II. 6. 2})$$

Gerak dikatakan dipercepat atau diperlambat tergantung pada arah v dan a . Jika v dan a searah, maka geraknya dipercepat, sedangkan bila v dan a berlawanan arah maka geraknya diperlambat, sehingga bila v dan a berlawanan arah maka geraknya diperlambat, sehingga persamaan dan kecepatan pada umumnya adalah :

$$s = v_0 t + s_0 \pm \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$v = v_0 \pm a \cdot t$$

Tanda positif berlaku gerak lurus dipercepat beraturan sedangkan tanda negative berlaku untuk gerak lurus diperlambat beraturan (a konstan).



Gambar 2.1. Grafik v-t untuk GLBB dipercepat

2. 7. Teori Air Cushion

Air Cushion adalah sebuah system *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 system, sehingga system bisa diberikan secara kontinu melalui sebuah baling-baling atau *propeller* yang menghisap udara di bagian luar dan kemudian mengalirkannya kedalam. Atau bisa juga dengan memanfaatkan prinsip *ground effect*, yaitu berupa kecepatan yang menghasilkan gaya angkat pada system.

Sistem *air cushion* dilengkapi oleh sebuah *skirt* atau kantung yang mengelilingi bagian dari system, 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 system. Untuk bisa menghasilkan keadaan seperti ini, maka system harus memperhatikan tenaga yang yang dibutuhkan untuk mempertahankan supaya udara yang berada didalam kantung yang digunakan sebagai tekanan *cushion* bisa selalu terpenuhi. Selain itu, *power* juga dibutuhkan untuk menghasilkan gaya dorong yang cukup besar, supaya kendaraan bisa melaju dengan cepat.

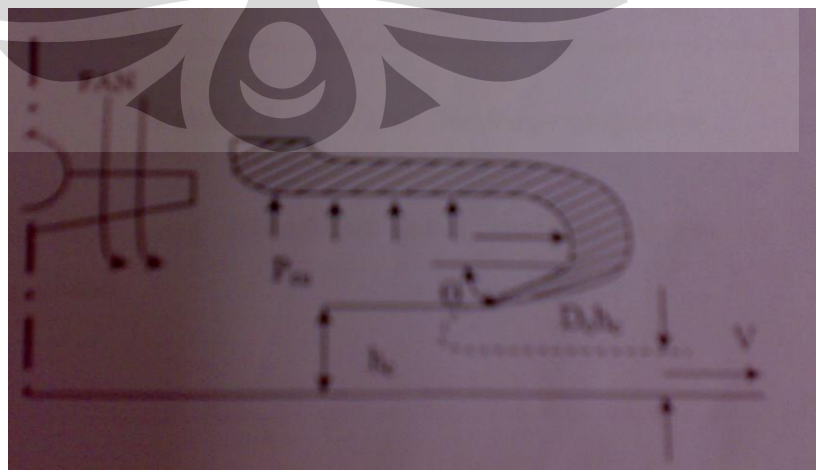
Skirt atau kantung udara yang diterapkan terdiri dari dua jenis yaitu *fleksible skirt* dan *rigid*, tergantung dari kebutuhan dan kondisi yang akan diterapkan. Ilustrasi atau perhitungan yang bisa menggambarkan efek dari *air cushion* bisa dilihat pada skema di bawah ini.



Gambar 2.2. Air cushion dengan fleksible skirt

Ada dua jenis atau cara perhitungan yang dipakai dalam melakukan perhitungan *cushion pressure* yaitu dengan menggunakan system *plenum chamber* dan *peripheral jet*. Pada system *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 kompresor ke dalam ruangan yang diperuntukkan untuk membentuk *air cushion* pada system. Pada kondisi yang *steady*, udara yang dialirkan hanya cukup untuk menggantikan kebocoran akibat celah atau *peripheral gap* yang ada dibagian bawah dari system.



Gambar 2.3. Sistem Air Cushion dengan prinsip Plenum Chamber

Prinsip *air cushion* yang kedua adalah dengan menggunakan peripheral jet, dimana udara bertekanan dialirkan melalui sebuah pipa yang pada ujungnya dipasangkan sebuah nosel yang bisa membentuk aliran yang berupa semburan atau *jet*.



BAB 3

PERANCANGAN DAN 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 inovasi (dengan bantalan). Percobaan uji tarik dilakukan dengan cara yang sederhana dengan memerlukan wadah/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 lebih memadai.

Set Up alat atau mempersiapkan alat terdiri dari tiga tahapan. Tahap pertama adalah membuat kapal. Pada tahapan ini meliputi design, pemotongan bagian-bagian pada kapal. Tahap kedua adalah penyambungan, dimana pada tahapan ini bagian kapal yang sudah dipotong disambung menjadi bentuk kapal seutuhnya. Tahapan ketiga adalah uji coba kapal dan pengambilan data.

Proses pada saat pengambilan data dilakukan dua kali yang pertama untuk kapal jenis tongkang tanpa bantalan dan yang kedua adalah untuk kapal tongkang dengan bantalan. Proses pengambilan data membutuhkan waktu tiga hari. Data-data yang dikumpulkan setelah uji coba dilaksanakan memakan waktu yang cukup banyak, memang tidak semua data tepat dan akurat tapi nilai dan data yang didapat sesuai dengan landasan teori dan dapat dianalisa dan dihitung dengan persamaan yang tepat.

3.1 Perancangan

3.1.1 Bentuk Fisik

- Kapal Tongkang

Spesifikasi Kapal Model:

- Panjang (LPP) : 96 cm
- Lebar (B) : 30 cm
- Tinggi (H) : 16.86 cm
- Draft (T) : 13.5 cm
- Jenis : tongkang

- Tangki Percobaan

- Panjang : 250 cm
- Lebar : 75 cm
- Kedalaman : 35 cm



Gambar 3.1. Kapal model tampak depan



Gambar 3.2. Kapal model tampak samping



Gambar 3.3. Tangki percobaan tampak atas



Gambar 3.4. Tangki percobaan tampak samping

A. Bentuk Rancangan

Berikut ini adalah bentuk rancangan yang dibuat menggunakan AutoCAD.



Gambar 3.5. Desain 3 dimensi CAD kapal model

B. Bentuk Sebenarnya

Berikut ini adalah foto kapal model sebenarnya.



Gambar 3.6. Kapal model



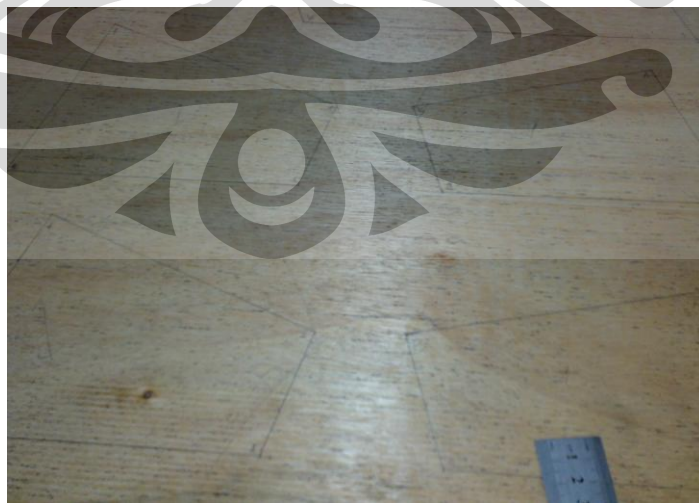
Gambar 3.7. Kapal tongkang dengan bantalan tampak atas



Gambar 3.8. Kapal tongkang dengan bantalan tampak asamping

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk merakit kapal jenis tongkang ini adalah di buat dengan menggunakan bahan dari triplek dengan ketebalan 2mm. Adapun bagian-bagian kapal tersebut dapat dilihat dari gambar dibawah ini.



Gambar 3. 9. Bahan dasar pembuatan kapal model

3.1.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini antara lain:

- Pensil kayu
- jangka
- Penggaris besi 50 cm
- Penggaris segitiga
- Cutter
- Gergaji listrik
- Triplek dengan ketebalan 2mm
- Lem epoksi
- Aluminium foil
- Cat Aquaproof
- Karton manila

3.1.4 Proses pembuatan dan Perakitan

Langkah-langkah pembuatan dan perakitan alat percobaan terbagi dalam beberapa tahap berdasarkan komponen yang digunakan, antara lain :

1. Menggambar bagian-bagian kapal yang di rancang sedemikian rupa pada triplek dengan ketebalan triplek 2mm
2. Memotong bagian-bagian kapal tersebut dengan menggunakan *cutter* dan gergaji listrik
3. Hasil pemotongan kemudian diampelas supaya halus
4. Menempel bagian-bagian kapal tersebut sesuai dengan posisi. Tahapan pertama dalam proses penempelan adalah bagian luar kapal dengan menggunakan *aluminium foil*. Kemudian bagian dalam kapal di rekatkan dengan menggunakan lem *epoxy*.
5. Setelah bagian dalam kering, bagian luar juga direkatkan dengan menggunakan lem *epoxy*, tentunya dengan membuka lapisan *aluminium foil* terlebih dulu
6. Setelah dipastikan kedua sisi kapal merekat dengan kuat dan tidak menimbulkan celah udara, kemudian sisi-sisi sambungan di bagian dalam kapal direkatkan dengan potongan karton manila mengikuti alur sisi

sambungan bagian dalam kapal, ini bertujuan agar kapal tersebut kuat dan tidak patah pada saat proses pengujian berlangsung

7. Selanjutnya adalah mengamplas dan meratakan bagian-bagian hasil pengeleman dengan menggunakan *cutter*
8. Tahapan berikutnya adalah dengan mengecat seluruh bagian kapal dengan menggunakan cat *aquaproof*. Dalam tahapan ini proses pengecatan dilakukan tiga kali untuk menimbulkan efek kedap air dan kekakuan pada kapal tersebut.
9. Setelah uji coba dilakukan untuk jenis kapal tongkang tanpa bantalan selesai, tahapan selanjutnya adalah dengan memasang bantalan pada kapal tongkang dengan tinggi pelat sebesar 2cm.
10. Tahapan pembuatan bantalan serupa dengan tahapan pembuatan kapal dengan mengulangi langkah pembuatan nomor 2,3,4,5,7,dan 8.



Gambar 3.10. Proses penggambaran bagian kapal



Gambar 3.11. Proses penyambungan kapal



Gambar 3.12. Proses pengecatan kapal

3.2 Pengujian

3.2.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah :

1. Mengetahui perbedaan waktu dan kecepatan kedua kapal yang diuji coba berdasarkan variasi muatan dan berat bandul
2. Mencari keefektifan kapal tongkang biasa dibandingkan kapal tongkang dengan menggunakan bantalan
3. Sebagai bahan disertasi awal untuk kelanjutan studi dosen pembimbing.

3.2.2 Peralatan

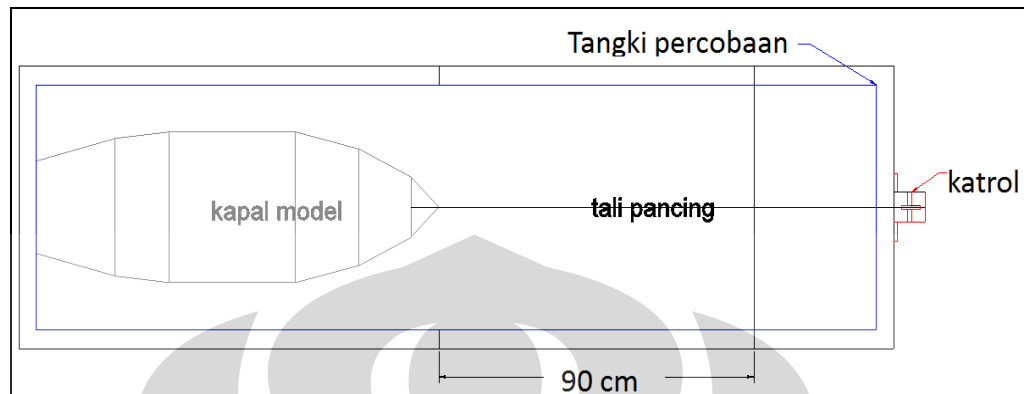
1. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain :

- | | |
|-----------------------------------|------------|
| a. Tali pancing | (1 gulung) |
| b. Katrol | (1 buah) |
| c. Papan penyangga katrol | (1 set) |
| d. Bandul 0.2kg | (3 buah) |
| e. Tali kasur | (1 gulung) |
| f. Stopwatch | (1 buah) |
| g. Pasir dengan berat total 40 kg | |
| h. Selang dengan diameter 6 mm | (1 buah) |
| i. Pompa tangan | (1 buah) |
| j. Pentil | (1 buah) |
| k. Kamera | (1 buah) |
| l. Penggaris besi 50 cm | (1 buah) |
| m. Meteran | (1 buah) |
| n. Timbangan digital | (1 buah) |
| o. Tang | (1 buah) |
| p. Obeng biasa | (1 buah) |

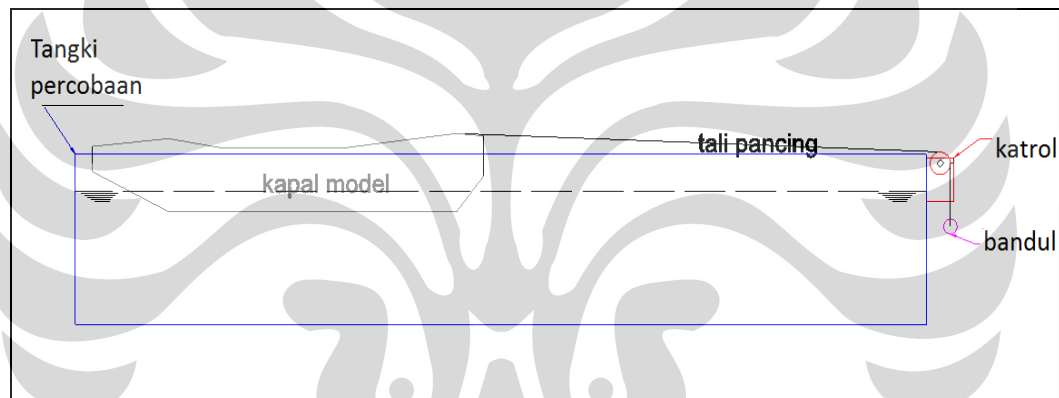
3.2.3 Langkah percobaan

1. Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan dan memastikan semua alat dalam kondisi yang baik dan siap pakai.
2. Mempersiapkan kondisi bak yang akan digunakan sebagai pengujian alat

3. Menimbang berat kapal tongkang
4. Membuat rangkaian pengujian seperti gambar dibawah ini



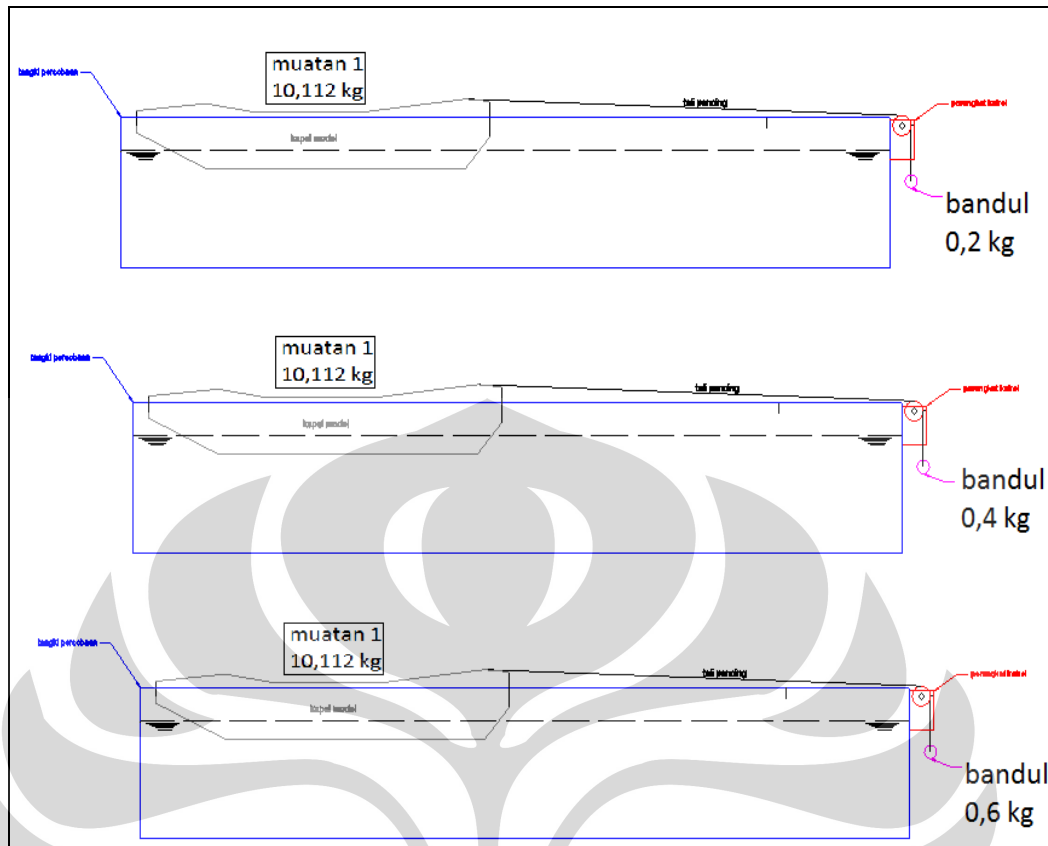
Gambar 3.13. Setting alat percobaan tampak atas



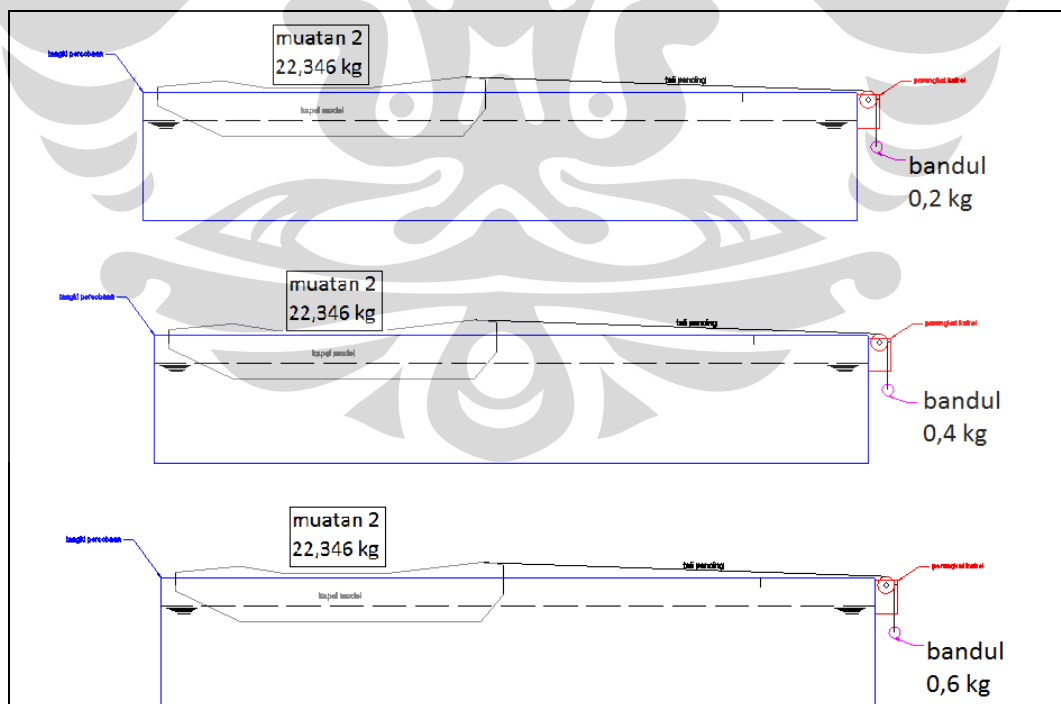
Gambar 3.14. Setting alat percobaan tampak samping

5. Mensetting semua alat ukur.
6. Mengecek kembali rangkaian pengujian.
7. Menentukan jarak lintasan yang akan diukur yaitu sebesar 90 cm.
8. Mengisi kapal tongkang dengan muatan sebesar 10,112 kg (kondisi 1)
9. Mempersiapkan bandul dengan berat 0.2 kg sebagai beban untuk menarik kapal tersebut
10. Melakukan pengujian untuk mendapat waktu tempuh yang dilakukan sebanyak 5 kali pada kondisi 1 dengan massa bandul 0.2 kg untuk mendapatkan hasil yang maksimal
11. Mengulangi kondisi 9,10 dengan variasi massa bandul 0.4 kg, dan massa 0.6 kg

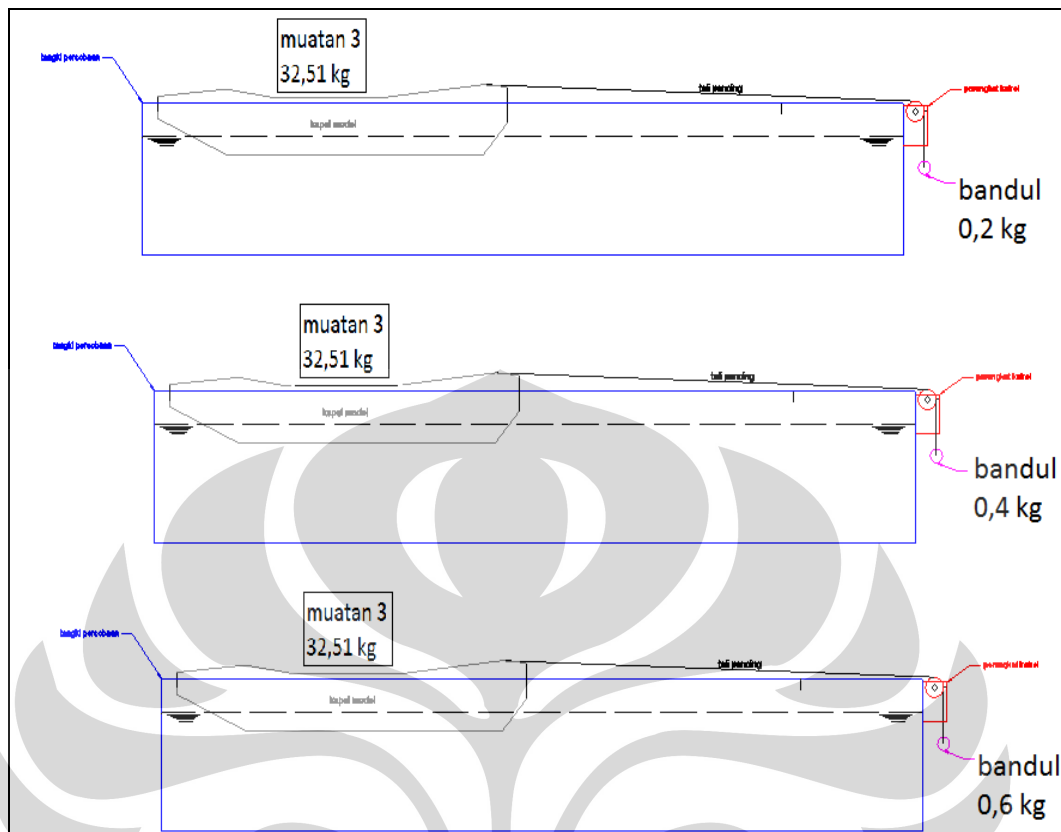
12. Lakukan percobaan 8,9,10,11 dengan muatan yang bervariasi yaitu muatan 22.346 kg (kondisi 2), dan muatan 32.51 kg (kondisi 3).
13. Mengangkat kapal tongkang tanpa bantalan dari bak uji coba
14. Mengeringkan kapal tongkang tersebut, dan memasang plat di bagian dasar kapal (sebagai bantalan udara) untuk melakukan proses uji coba kapal tongkang dengan menggunakan bantalan udara.
15. Bagian tengah kapal tongkang tersebut di bor untuk dudukan selang dan pompa yang bertujuan untuk mengisi udara pada saat kapal tongkang tersebut berada dalam tangki percobaan
16. Sebelum uji coba dilakukan, kapal tongkang yang sudah berada di dalam tangki percobaan tersebut di pompa dengan menggunakan pompa tangan, sehingga terdapat udara di area dasar kapal tongkang tersebut (prinsip *air cushion*)
17. Lakukan uji coba kembali dengan tahapan yang sama (tahap 1 – 12) pada kapal tongkang biasa dengan variasi jarak yaitu 70 cm, 80 cm, dan 90 cm, untuk mendapatkan data pada tipe kapal tongkang dengan menggunakan bantalan udara.



Gambar 3.15. Langkah percobaan pada kondisi 1



Gambar 3.16. Langkah percobaan pada kondisi 2



Gambar 3.17. Langkah percobaan pada kondisi 3

3.2.4 Data pengujian

A. Kondisi 1

Tabel 3.1

m bandul = 0.2 kg
 panjang lintasan 90 cm
 muatan = 10.112 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	4.79	4.31	
2	4.93	4.01	
3	5.14	4.01	
4	4.86	3.85	
5	5.28	3.91	
TOTAL	5	4.018	0.982

Tabel 3.2

m bandul = 0.4 kg

Panjang lintasan 90 cm

muatan = 10.112 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	3.76	2.99	
2	3.84	2.81	
3	3.89	3	
4	3.7	3.08	
5	4.02	2.67	
TOTAL	3.842	2.91	0.932

Tabel 3.3

m bandul = 0.6 kg

Panjang lintasan 90 cm

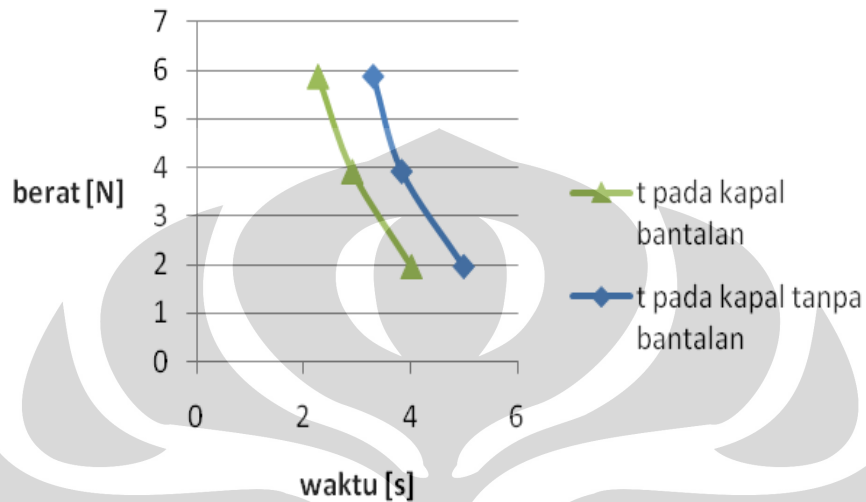
muatan = 10.112 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	3.21	2.28	
2	3.29	2.18	
3	3.29	2.37	
4	3.5	2.27	
5	3.28	2.26	
TOTAL	3.314	2.272	1.042

Tabel 3.4**Pengaruh mass bandul terhadap waktu (t) pada kondisi 1**

Berat	t pada kapal tanpa bantalan	t pada kapal bantalan
1.96	5	4.018
3.92	3.842	2.91
5.88	3.314	2.272

Pengaruh Berat Bandul terhadap waktu pada Kondisi 1



Gambar 3.18 Grafik pengaruh berat bandul terhadap waktu pada kondisi 1

B. Kondisi 2

Tabel 3.5

m bandul = 0.2 kg
 Panjang lintasan 90 cm
 muatan = 22.346 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	6.77	5.5	
2	6.58	6	
3	5.89	5.59	
4	6.6	5.84	
5	7.17	5.85	
TOTAL	6.602	5.756	0.846

Tabel 3.6

m bandul = 0.4 kg
 Panjang lintasan 90 cm
 muatan = 22.346 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	4.81	4.41	
2	5.42	4.46	
3	5.09	4.45	
4	4.93	4.22	
5	4.79	4.3	
TOTAL	5.008	4.368	0.64

Tabel 3.7

m bandul = 0.6 kg

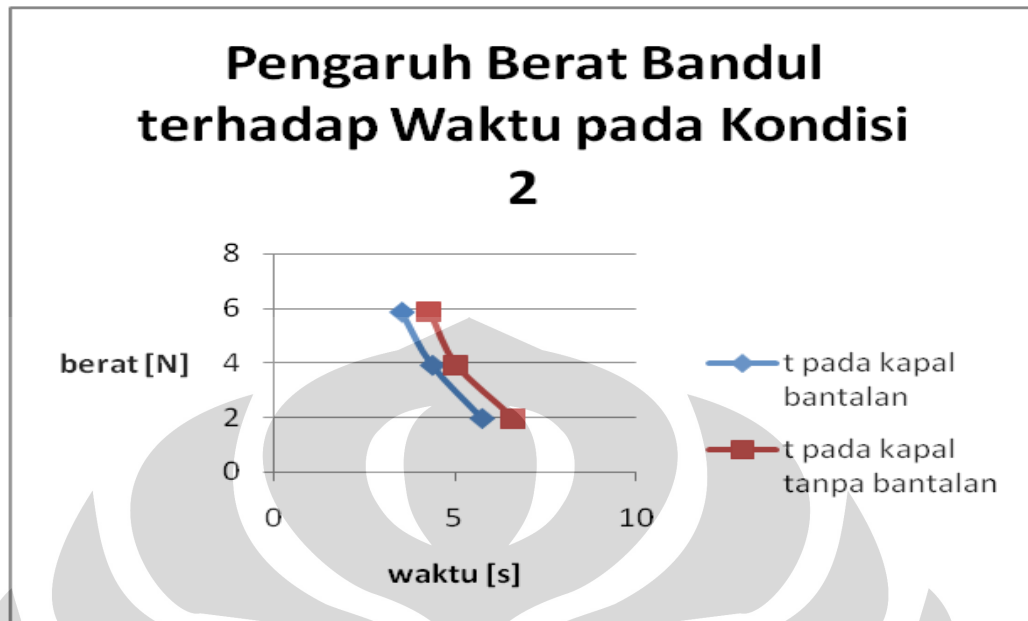
Panjang lintasan 90 cm

muatan = 22.346 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	4.16	3.67	
2	4.28	3.32	
3	4.33	3.64	
4	4.24	3.54	
5	4.34	3.42	
TOTAL	4.27	3.518	0.752

Tabel 3.8**Pengaruh mass bandul terhadap waktu (t) pada kondisi 2**

Berat	t pada kapal tanpa bantalan	t pada kapal bantalan
1.96	6.602	5.756
3.92	5.008	4.368
5.88	4.27	3.518



Gambar 3.19 Grafik pengaruh berat bandul terhadap waktu pada kondisi 2

C. Kondisi 3

Tabel 3.9

m bandul = 0.2 kg

Panjang lintasan 90 cm

muatan = 32.51 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	7.97	7.18	
2	8.53	7.25	
3	8.27	7.44	
4	8.62	7.37	
5	8.56	7.4	
TOTAL	8.39	7.328	1.062

Tabel 3.10

m bandul = 0.4 kg

Panjang lintasan 90 cm

muatan = 32.51 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	6.09	5.23	
2	5.89	4.96	
3	6.1	4.87	
4	6.07	4.9	
5	5.87	4.95	
TOTAL	6.004	4.982	1.022

Tabel 3.11

m bandul = 0.6 kg

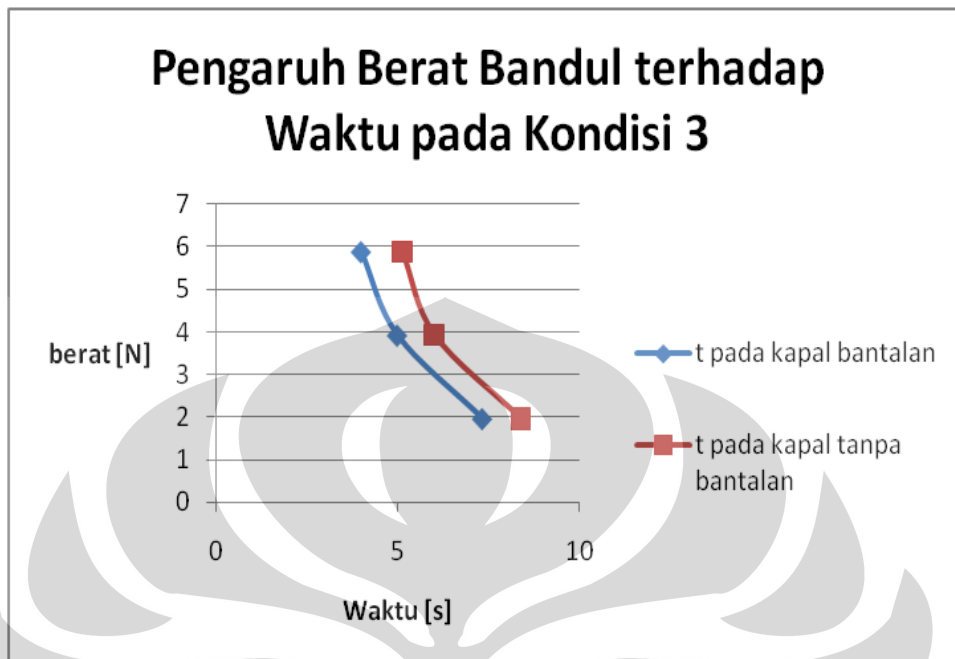
Panjang lintasan 90 cm

muatan = 32.51 kg

no.	t (sekon) kapal tanpa bantalan	t (sekon) kapal dengan bantalan	Δt (sekon)
1	5.33	4.12	
2	4.99	4.05	
3	5.25	3.99	
4	4.92	3.92	
5	5.08	3.86	
TOTAL	5.114	3.988	1.126

Tabel 3.12**Pengaruh mass bandul terhadap waktu (t) pada kondisi 3**

Berat	t pada kapal tanpa bantalan	t pada kapal bantalan
1.96	8.39	7.328
3.92	6.004	4.982
5.88	5.114	3.988



Gambar 3.20 Grafik pengaruh berat bandul terhadap waktu pada kondisi 3

BAB 4

PERHITUNGAN DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini akan dihitung mengenai kecepatan kapal model jenis tongkang dengan menggunakan bantalan dan jenis tongkang tanpa menggunakan bantalan. Aplikasi dari perhitungan kecepatan ini adalah dengan mengetahui besarnya tahanan gesek yang bekerja pada kedua jenis kapal tongkang tersebut. Tahapan selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap hasil perhitungan yang akan merumuskan kesimpulan.

- Kapal Model

Spesifikasi Kapal Model Jenis Tongkang :

- L_{pp} = 0.96 m
- L_{wl} = 0.885 m
- B = 0.3 m
- T = 0.135 m
- H = 0,17 m
- Volume kapal = 35.73 m³
- C_b kapal = 0.92
- Massa Jenis Air (ρ) = 1000 Kg/m³
- Viskositas Air (ν) = $0,8 \times 10^{-6}$ m²/s

4.1. Perhitungan Luas Permukaan Basah (S)

Pada percobaan digunakan tiga muatan yang berbeda sehingga mempengaruhi draft untuk kedua jenis kapal, dimana setiap perbedaan draft akan menghasilkan luasan basah yang berbeda pula, luasan basah ini yang berpengaruh pada penentuan kecepatan kedua jenis kapal dan tahanan kapal itu sendiri. Luasan basah adalah bagian lambung kapal yang tercelup air pada draft tertentu. **Luas Permukaan basah (S) menurut Munford** dapat ditentukan dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$S = (1,7 \cdot T + C_B \cdot B) \cdot L_{wl}$$

Maka pada masing – masing ketinggian draft pada kedua jenis kapal akan didapat besarnya luasan basah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Luasan Basah

No	muatan [kg]	draft (m) kapal tanpa bantalan	draft (m) kapal bantalan	luasan basah kapal tanpa bantalan	luasan basah kapal bantalan
1	10.112	0.07	0.05	0.349304583	0.319214583
2	22.346	0.1	0.08	0.394439583	0.364349583
3	32.51	0.135	0.105	0.447097083	0.401962083

Dari perhitungan luas permukaan basah tersebut diperoleh suatu analisis bahwa dengan muatan yang sama pada kondisi kapal model jenis tongkang tanpa bantalan dan kapal model jenis tongkang dengan bantalan terdapat perbedaan draft kapal, sehingga mempengaruhi luasan basah kedua kapal tersebut.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kapal bantalan udara dengan kondisi muatan yang sama dengan kapal tanpa bantalan udara menyebabkan luasan basah lebih kecil dibandingkan luasan basah pada kapal tongkang tanpa bantalan udara. Ini dikarenakan kondisi kapal tongkang dengan bantalan udara ketika udara dimampatkan mengalami penurunan draft. Sehingga mempengaruhi kecepatan dan hambatan kapal tersebut.

4.2. Perhitungan Kecepatan Kapal berdasarkan Perbedaan Berat Benda

Pada perhitungan ini, berat benda (bandul) dianggap sebagai tahanan total dari kapal itu sendiri. Adapun berat dari bandul itu sendiri bervariasi yaitu 0.2 kg, 0.4 kg, dan 0.6 kg.

Untuk mendapatkan kecepatana akhir kapal digunakan rumus :

$$s = v_0 t + s_0 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

dan

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Dari kedua persamaan di atas diperoleh

$$v_t = \frac{2s}{t}$$

Dari persamaan diatas diperoleh data :

Tabel 4.2. Data Kecepatan Kedua Kapal pada Kondisi 1

kondisi 1

Panjang lintasan 90
cm

X (cm)	t pada kapal normal	t pada kapal bantalan udara	kecepatan kapal normal	kecepatan kapal bantalan udara	ΔVt
90	5	4.018	0.36	0.4479840717	0.08798407168
90	3.842	2.91	0.4685059865	0.618556701	0.1500507146
90	3.314	2.272	0.5431502716	0.7922535211	0.2491032496

Tabel 4.3. Data Kecepatan Kedua Kapal pada Kondisi 2**kondisi 2**

Panjang lintasan 90
cm

X (cm)	t pada kapal normal	t pada kapal bantalan udara	kecepatan kapal normal	kecepatan kapal bantalan udara	ΔVt
90	6.602	5.756	0.2726446531	0.3127171647	0.04007251156
90	5.008	4.368	0.3594249201	0.4120879121	0.05266299196
90	4.27	3.518	0.4215456674	0.5116543491	0.09010868161

Tabel 4.4. Data Kecepatan Kedua Kapal pada Kondisi 3**kondisi 3**

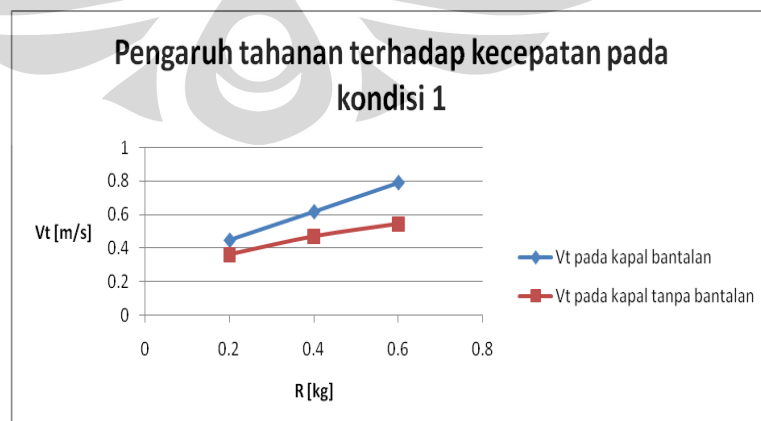
Panjang lintasan 90
cm

X (cm)	t pada kapal normal	t pada kapal bantalan udara	kecepatan kapal normal	kecepatan kapal bantalan udara	ΔVt
90	8.39	7.328	0.2145411204	0.2456331878	0.03109206739
90	6.004	4.982	0.2998001332	0.3613006825	0.06150054921
90	5.114	3.988	0.3519749707	0.4513540622	0.09937909152

Dari data tersebut diatas didapa korelasi antara besar tahanan (Re) terhadap kecepatan di berbagai kondisi.

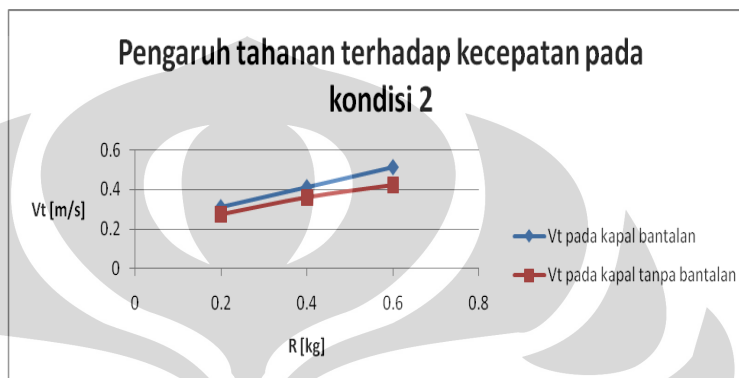
Tabel 4.5. Pengaruh Tahanan terhadap Kecepatan pada Kondisi 1

R [kg]	Vt pada kapal tanpa bantalan	Vt pada kapal bantalan
0.2	0.036	0.4479840717
0.4	0.4685059865	0.618556701
0.6	0.5431502716	0.7922535211

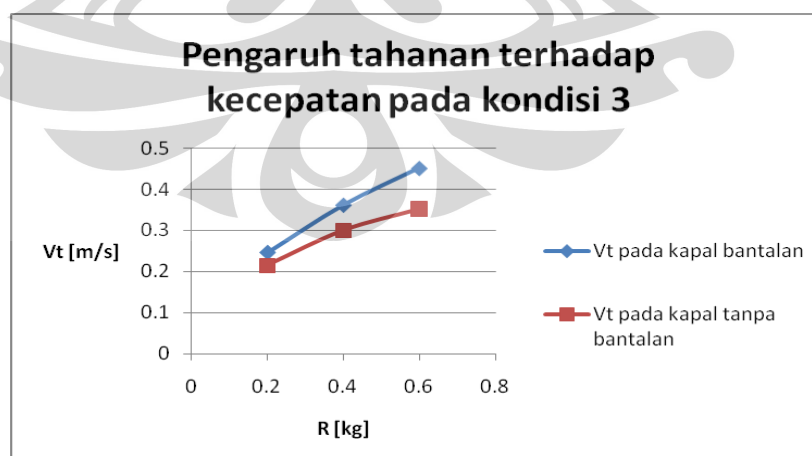
**Gambar 4.1.** Grafik tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 1

Tabel 4.6. Pengaruh Tahanan terhadap Kecepatan pada Kondisi 2

R [kg]	Vt pada kapal tanpa bantalan	Vt pada kapal bantalan
0.2	0.2726446531	0.3127171647
0.4	0.3594249201	0.4120879121
0.6	0.4215456674	0.5116543491

**Gambar 4.2.** Grafik tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 2**Tabel 4.7.** Pengaruh Tahanan terhadap Kecepatan pada Kondisi 3

R [kg]	Vt pada kapal tanpa bantalan	Vt pada kapal bantalan
0.2	0.2145411204	0.2456331878
0.4	0.2998001332	0.3613006825
0.6	0.3519749707	0.4513540622

**Gambar 4.3.** Grafik tahanan terhadap kecepatan pada kondisi 3

Analisa dari data diatas diperoleh bahwa terdapat perbedaan kecepatan antara kapal model jenis tongkang tanpa bantalan dan kapal model jenis tongkang dengan bantalan udara di semua kondisi. Terlihat bahwa kecepatan kapal model jenis tongkang dengan menggunakan bantalan lebih cepat dibandingkan kapal model jenis tongkang tanpa menggunakan bantalan udara. Ini jelas berkaitan dengan luas permukaan basah kedua kapal tersebut, dan TERBUKTI bahwa luas permukaan basah yang semakin kecil sangat berpengaruh terhadap kecepatan kapal tersebut.

Fenomena yang menarik adalah pada kondisi 3 dimana dengan kondisi muatan yang lebih berat dibanding muatan pada kondisi lainnya, perbedaan kecepatan sangat signifikan dibandingkan kondisi lainnya. Dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk kapal dengan bantalan udara sangat efektif bekerja apabila dengan kondisi fully-loaded dibandingkan kapal tongkang tanpa bantalan udara.

Fenomena lainnya pada kapal dengan menggunakan bantalan udara adalah apabila dalam kondisi muatan yang relatif ringan, pengaturan muatan harus di perhatikan, karena apabila terdapat ketidakseimbangan muatan akan mempengaruhi kondisi kemiringan kapal, sehingga udara yang dijebak dalam bantalan tersebut akan keluar, dan akan mempengaruhi kecepatan kapal tersebut. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka kapal harus senantiasa di pompa setiap kali udara tersebut keluar.

BAB 5

KESIMPULAN

Setelah melakukan serangkaian proses uji coba dan diperoleh data tahanan dari kedua kapal model jenis tongkang dengan menggunakan bantalan udara dan tanpa menggunakan bantalan udara. Dengan menggunakan teori didapat suatu kesimpulan sebagai berikut:

- Kecepatan kapal yang diperoleh pada kapal tongkang dengan menggunakan bantalan udara sangat besar dibandingkan dengan kecepatan kapal tongkang tanpa menggunakan bantalan udara.
- Perbedaan kecepatan pada kapal tongkang dengan bantalan dan kapal tongkang tanpa bantalan adalah sebesar 15% dengan keunggulan kecepatan kapal tongkang dengan menggunakan bantalan udara
- Perbedaan kecepatan kapal ini berhubungan dengan kondisi luas permukaan basah kedua kapal tersebut, dimana dengan kondisi muatan yang sama, luas permukaan basah kapal tongkang yang menggunakan bantalan udara lebih kecil dibandingkan luas permukaan basah kapal tongkang tanpa menggunakan bantalan udara.
- Perhitungan nilai hambatan gesek sangat risakan dilakukan mengingat nilai Reynold's Number nya dipengaruhi oleh viskositas fluida, dimana harga viskositas fluida untuk kapal tongkang dengan menggunakan bantalan berbeda dengan kapal tongkang tanpa bantalan.

DAFTAR PUSTAKA

Harvald, Sv.Aa.,1992. ” *Tahanan dan Propulsi Kapal*”. Surabaya: Airlangga University Press.

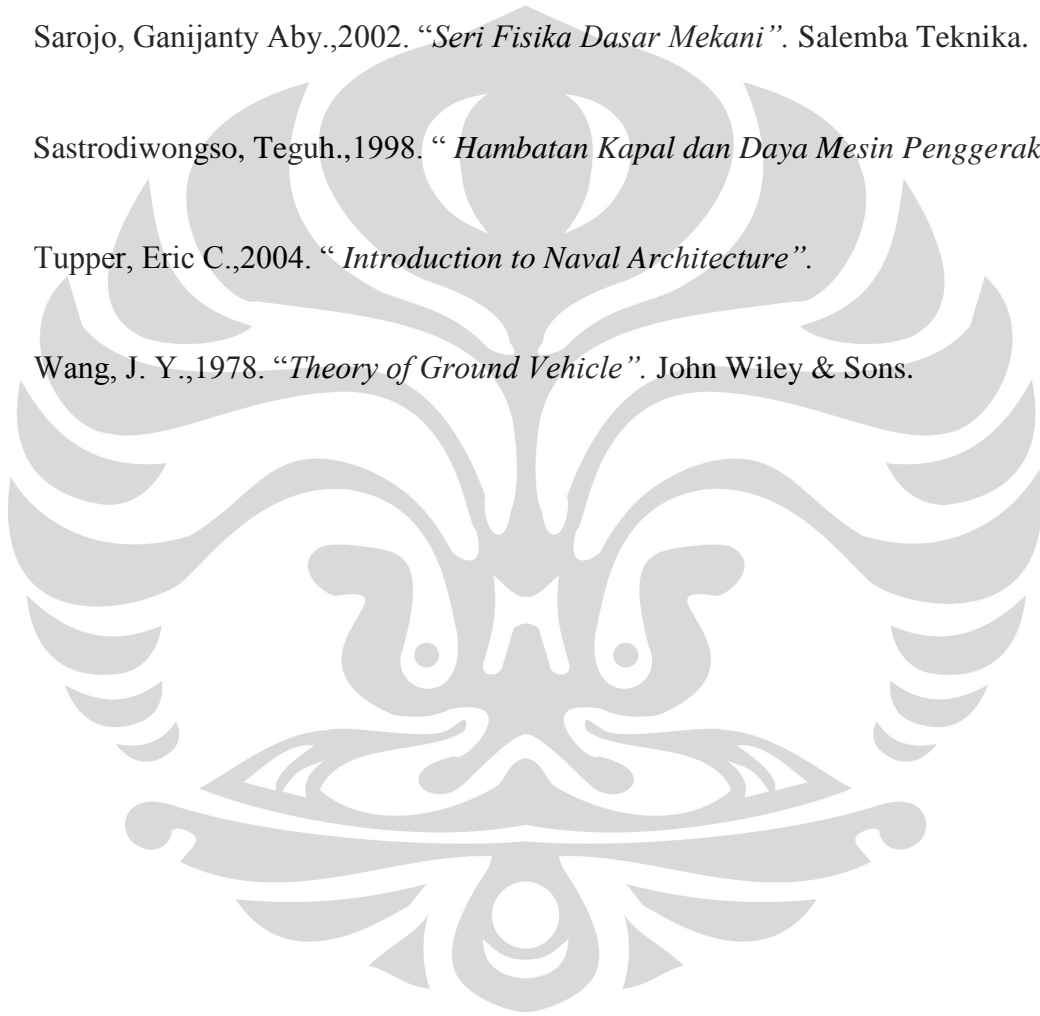
MT, Ir. Marcus A. Talahatu.,1985. ”*Teori Merancang Kapal*”. Jakarta: FT UI.

Sarojo, Ganijanty Aby.,2002. “*Seri Fisika Dasar Mekani*”. Salemba Teknika.

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

Tupper, Eric C.,2004. “ *Introduction to Naval Architecture*”.

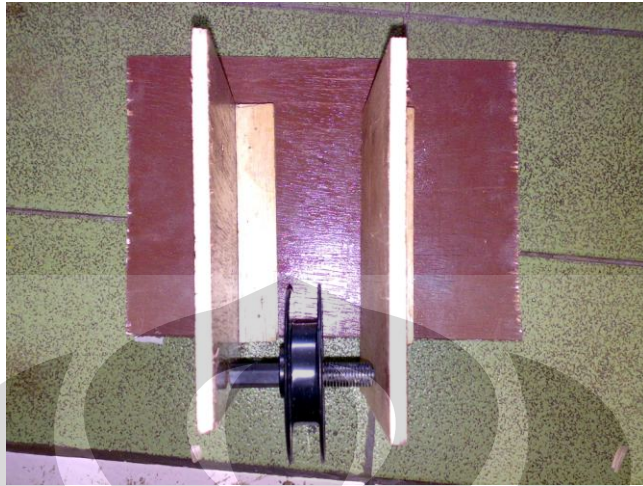
Wang, J. Y.,1978. “*Theory of Ground Vehicle*”. John Wiley & Sons.



LAMPIRAN



Lampiran 1 Peralatan Proses Uji Tarik



Gambar L.1 Perangkat katrol



Gambar L.2 Pasir sebagai muatan



Gambar L.3 Pompa tangan



Gambar L.4 Proses uji tarik



Gambar L.5 proses uji tarik dengan muatan