



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI DAN PENGUKURAN HAMBATAN KAPAL MODEL
DENGAN MENEMPELKAN KULIT BELUT 20% DARI
HALUAN**

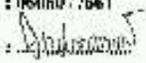
SKRIPSI

ANDOTAMA KHARISMA
06 06 07 76 61

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Maklupa ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber hasil yang dikutip dan para dirujuk
sudah saya nyarukan dengan benar.

Nama : ANDOTAMA KHARISMA
NPM : 0606077661
Tanda Tangan : 
Tanggal : 28 April 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Andotama Kharisma

NPM : 0606077661

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : **STUDI DAN PENGUKURAN HAMBATAN
KAPAL MODEL DENGAN MENEMPELKAN
KITIL BELUT 20% DARI HALUAN**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

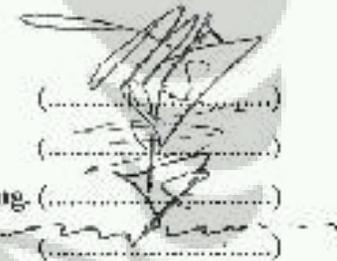
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. M.A. Talahatu, MT.

Penguji : Dr. Ir. Sunaryo Ph.D

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

Penguji : Ir. Mukti Wibowo



(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Juni 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

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

Ir. M.A. Talahatu, M.T.

Selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.

Harapan penulis kiranya skripsi ini dapat memberikan pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah pada kita semua. Amin.

Depok, 28 Juni 2010

Penulis

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

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

Nama : Andotama Kharisma
NPM : 0606077661
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 Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**STUDI DAN PENGUKURAN HAMBATAN KAPAL MODEL DENGAN
MENEMPELKAN KULIT BELUT 20% DARI HALUAN**

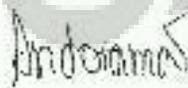
berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 28 Juni 2010

Yang menyatakan



(Andotama Kharisma)

PALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andotama Kharisma

NPM : 0606077661

Program Studi : Teknik Perkapalan

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Menyatakan bahwa studi ini merupakan studi dasar untuk menunjang penelitian disertasi S3 saudara

Ir. M.A. Talahata, M.T.

atas karya ilmiah saya yang berjudul :

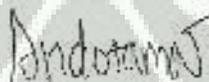
STUDI DAN PENGUKURAN HAMBATAN KAPAL MODEL DENGAN MENEMPELKAN KULIT BELUT 20% DARI HALUAN

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 28 Juni 2010

Yang menyatakan



(Andotama Kharisma)

ABSTRAK

Andotama Kharisma
NPM 06 06 07 7661
Departemen Teknik Mesin

Dosen Pembimbing
Ir. M. A. Talahatu, MT

STUDI DAN PENGUKURAN HAMBATAN KAPAL MODEL DENGAN MENEMPELKAN KULIT BELUT 20% DARI HALUAN

ABSTRAK

Kapal pada saat ditarik di air mempunyai gaya hambat akibat kekentalan zat cair. Daya mesin yang dibutuhkan untuk mendorong kapal pada kecepatannya harus dapat mengatasi gaya-gaya hambat. Pengurangan hambatan dalam aliran fluida bisa didapat dengan memberikan zat aditif jenis polimer, surfactant, fibre, cat atau kekasaran khusus pada permukaan benda. Permukaan kulit ikan yang dilapisi dengan biopolimer cairan kental (lendir) adalah salah satu elemen pengurangan hambatan tarik.

Tujuan penelitian ini ialah upaya peneliti untuk mendapatkan pengurangan hambatan tarik pada kapal model dengan menempelkan kulit belut (*monepterus albus*) yang masih berlendir pada lambung kapal. Penempelan kulit belut diharapkan dapat menghasilkan pengurangan hambatan tarik dan ramah lingkungan. Pengurangan hambatan (*drag reduction*) didapat bila nilai kerugian hambatan gesek pada fluida yang di beri aditif nilainya lebih kecil dari fluida standart atau air. Pengukuran gaya hambat pada variasi kecepatan dan sarat kapal dilakukan dengan alat *pull force gauge* yang diletakkan pada haluan kapal. Penempelan kulit ikan belut pada lambung kapal sepanjang 20% dari panjang haluan kapal model.

Kata Kunci : biopolimer lendir belut, pengurangan hambatan, kapal model, *pull force gauge*.

ABSTRACT

Andotama Kharisma
NPM 06 06 07 7661
Mechanical Engineering Department

Counsellor
Ir. M. A. Talahatu, MT

STUDY AND MEASUREMENT OF MODEL SHIP RESISTANCE BY ATTACHMENT OF EEL SKIN 20% FROM THE STEAM (BOW)

ABSTRACT

When being pulled above water, ship has resisting force because of the viscosity. The engine power needed to push the ship in it's speed must be able to with the drag force. Reduction of the drag in a fluid current can be obtained by adding additive elements such as polymer, surfactant, fiber, paint or something that can add some roughness at the surface of a substance. The surface of fish skin that covered with biopolymer thick fluid (mucus) is one of the element that can reduce the drag.

The goal of this research is to get less drag in model ship by attachment of eel skin (*monepterus albus*) that still has it's mucus at the surface of the ship's body. the biopolymer additive substance hopefully can produce reduction in drag of the current and environmentally friendly. Drag reduction can be obtained if a loss in friction drag in a fluid that has given with additive is less than standard fluid or water. Measurement of drag force in variety of speed and laden ship is done with pull force gauge which attached with the forepeak model ship. Attachment of eel skin in hull is 20% from the stem (bow) of model ship.

Keywords : Biopolymer eel mucus, drag reduction, model ship, pull force gauge

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN PERNYATAAN.....	vi
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 BATASAN MASALAH.....	2
1.4 METODOLOGI PENELITIAN.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1 HAMBATAN.....	6
2.1.1 Hambatan Gesek.....	8
2.1.2 Hambatan Sisa.....	10
2.2 HUKUM KESAMAAN.....	10
2.2.1 Kesamaan Geometris.....	11
2.2.2 Kesamaan Kinematis.....	12
2.2.3 Kesamaan Dinamis.....	12
BAB III SET-UP ALAT DAN PENGUJIAN.....	20
3.1 SPESIFIKASI ALAT UJI TARIK.....	20
3.1.1 Kapal Model.....	20
3.1.2 Alat Penarik Kapal Model.....	22

3.1.3 <i>AC Voltage Regulator</i>	23
3.1.4 <i>Pull Force Gauge</i>	24
3.1.5 <i>Beban</i>	24
3.1.6 <i>Kulit Belut</i>	25
3.1.7 <i>Digital Camera</i>	25
3.2 PROSEDUR UJI TARIK.....	26
BAB IV METODA PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA	29
4.1 METODA PENGAMBILAN DATA UJI TARIK	29
4.2 PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA UJI TARIK	29
4.2.1 Pengambilan Data dengan Software Ulead.....	31
4.3 PENGOLAHAN DATA ANALISA DATA UJI TARIK.....	33
4.3.1 <i>Beban Kapal Model 35 Kg</i>	33
4.3.1.1 <i>Perbandingan Nilai Hambatan Total</i>	35
4.3.2 <i>Beban Kapal Model 50 Kg</i>	36
4.3.2.1 <i>Perbandingan Nilai Hambatan Total</i>	37
4.4 PERHITUNGAN HAMBATAN TOTAL KAPAL SEBENARNYA.....	38
4.4.1 <i>Perhitungan Hambatan Gesek Pada Kapal Model (Rfm)</i>	38
4.4.2 <i>Perhitungan Hambatan Sisa Pada Kapal Model (Rrs)</i>	40
4.4.3 <i>Perhitungan Hambatan Gesek Pada Kapal Model (Rfs) Dengan Ditempelkan Belut</i>	41
4.4.4 <i>Perhitungan Kecepatan Kapal Sebenarnya (Vs) Berdasarkan Kecepatan Kapal Model v_{kapal}</i>	43
4.4.5 <i>Perhitungan Hambatan Sisa Pada Kapal Sebenarnya (Rrs) . Berdasarkan Hambatan Sisa Kapal Model (Rrs)</i>	43
4.4.6 <i>Perhitungan Hambatan Gesek Pada Kapal Sebenarnya (Rfs)</i>	44
4.4.7 <i>Perhitungan Hambatan Total Pada Kapal Sebenarnya (Rts)</i>	46
4.4 ANALISA PERCOBAAN UJI TARIK.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 KESIMPULAN	50
5.2 SARAN	50
DAFTAR ACUAN	51
DAFTAR PUSTAKA	52

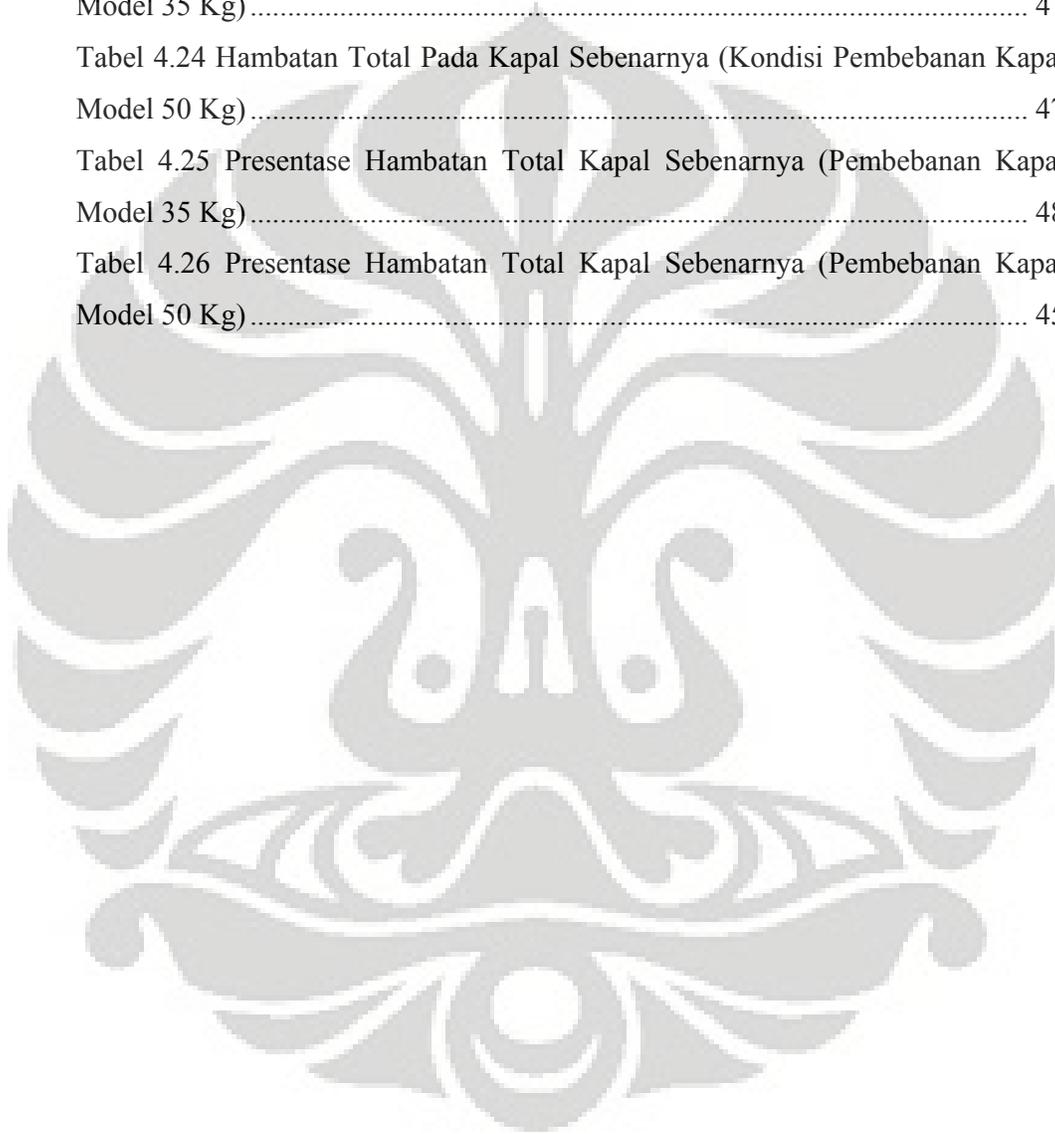
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran Di Antara Pelat Yang Sejajar	9
Gambar 2.2 Standart Skin Frictionless Dari ATTC, Hughe Dan ITTC.....	10
Gambar 3.1 Sketsa Percobaan Uji Tarik.....	20
Gambar 3.2 Kapal Model.....	21
Gambar 3.3 Rancangan Garis Kapal Model	21
Gambar 3.4 Kurva Hidrostatik Kapal Model.....	22
Gambar 3.5 Alat Penarik Kapal Model.....	23
Gambar 3.4 AC Voltage Regulator.....	24
Gambar 3.5 Digital Pull Force Gauge.....	24
Gambar 3.6 Beban Pasir.....	25
Gambar 3.7 Kulit Belut.....	25
Gambar 3.8 <i>Digital Camera</i>	26
Gambar 3.9 Sketsa Penempelan Kulit Belut Pada Variasi Beban 35 Kg.....	27
Gambar 3.10 Sketsa Penempelan Kulit Belut Pada Bariasi Beban 50 Kg.....	28
Gambar 3.11 Pemasangan Kulit Belut Pada Lambung Kapal	28
Gambar 4.1 Rangkaian Pulley Alat Penarik Kapal.....	29
Gambar 4.2 Software Ulead VideoEditor: Insert Video	31
Gambar 4.3 Software Ulead VideoEditor: Visualisasi Video.....	32
Gambar 4.4 Software Ulead VideoEditor: Pengaturan Waktu Video.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Kecepatan Kapal Model Yang Digunakan (Pembebanan 35 Kg)	34
Tabel 4.2 Data Tegangan Tarik Yang Didapatkan (Pembebanan 35 Kg).....	35
Tabel 4.3 Perbandingan Hambatan Kapal Model (Pembebanan 35 Kg)	35
Tabel 4.4 Data Kecepatan Kapal Model Yang Digunakan (Pembebanan 50 Kg)	37
Tabel 4.5 Data Tegangan Tarik Yang Didapatkan (Pembebanan 50 Kg).....	37
Tabel 4.6 Perbandingan Hambatan Kapal model (Pembebanan 50 Kg).....	38
Tabel 4.7 Koefesien Gesek Untuk Kapal Model Pembebanan 35 Kg	39
Tabel 4.8 Koefesien Gesek Untuk Kapal Model Pembebanan 50 Kg	40
Tabel 4.9 Hambatan Gesek Kapal Model Pembebanan 35 Kg (tanpa ditempelkan kulit belut)	40
Tabel 4.10 Hambatan Gesek Kapal Model Pembebanan 50 Kg (tanpa ditempelkan kulit belut)	40
Tabel 4.11 Hambatan Sisa Kapal Model Pembebanan 35 Kg Tanpa Ditempelkan Kulit Belut.....	41
Tabel 4.12 Hambatan Sisa Kapal Model Pembebanan 50 Kg Tanpa Ditempelkan Kulit Belut.....	41
Tabel 4.13 Hambatan Gesek Kapal Model Pembebanan 35 Kg (dengan ditempelkan belut).....	42
Tabel 4.14 Hambatan Gesek Kapal Model Pembebanan 50 Kg (dengan ditempelkan kulit belut)	42
Tabel 4.15 Koefesien Gesek Untuk Kapal Model Pembebanan 35 Kg, Ditempelkan Kulit belut.....	42
Tabel 4.16 Koefesien Gesek Untuk Kapal Model Pembebanan 50 Kg, Ditempelkan Kulit belut.....	42
Tabel 4.17 Kecepatan Kapal Sebenarnya.....	43
Tabel 4.18 Hambatan Sisa Pada Kapal Sebenarnya (Beban 35 Kg Pada Kapal Model).....	44
Tabel 4.19 Hambatan Sisa Pada Kapal Sebenarnya (Beban 50 Kg Pada Kapal Model).....	44
Tabel 4.20 Froude <i>Coefficient</i>	45

Tabel 4.21 Hambatan Gesek Pada Kapal Sebenarnya (Pembebanan Kapal Model 35 Kg)	46
Tabel 4.22 Hambatan Gesek Pada Kapal Sebenarnya (Pembebanan Kapal Model 35 Kg)	46
Tabel 4.23 Hambatan Total Pada Kapal Sebenarnya (Kondisi Pembebanan Kapal Model 35 Kg).....	47
Tabel 4.24 Hambatan Total Pada Kapal Sebenarnya (Kondisi Pembebanan Kapal Model 50 Kg).....	47
Tabel 4.25 Presentase Hambatan Total Kapal Sebenarnya (Pembebanan Kapal Model 35 Kg).....	48
Tabel 4.26 Presentase Hambatan Total Kapal Sebenarnya (Pembebanan Kapal Model 50 Kg).....	45



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Data Percobaan.....	53
---	----



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Terjadinya peningkatan aktivitas manusia di muka bumi telah mendorong terjadinya pemanasan global (*Global Warming*) dan juga krisis energi. Krisis energi dan pemanasan global telah menjadi salah satu permasalahan yang telah memotivasi orang-orang untuk mencari solusi dalam hal pengurangan konsumsi bahan bakar fosil [1].

Kapal merupakan salah satu alat transportasi yang cukup vital, sebab dapat mengangkut muatan/barang dengan jumlah besar jika dibandingkan dengan alat transportasi lain. Hal ini disebabkan kapal mampu mengangkut muatan berbagai jenis dan berukuran besar dan berat untuk kebutuhan ekspor maupun impor. Kapal termasuk alat transportasi yang menyumbangkan gas efek rumah kaca, dikarenakan kapal mengkonsumsi bahan bakar fosil dan menghasilkan CO₂.

Hal ini lah yang menjadi latar belakang penelitian ini yaitu untuk mengurangi konsumsi bahan bakar kapal sehingga mengurangi produksi CO₂. Untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dari kapal, salah satu caranya adalah mengurangi hambatan kapal tersebut. Dengan mengurangi hambatan, maka akan juga menurunkan konsumsi bahan bakar.

Mengurangi hambatan gesek pada lambung kapal telah menjadi salah satu penelitian yang dilakukan dalam beberapa dekade. Gesekan yang dihasilkan antara benda padat dan benda cair yang dikarenakan kekentalan cairan pada *boundary layer* mengakibatkan lebih dari setengah total gesekan pada konstanta Froude yang kecil [2]. Pada zaman sekarang, ada beberapa metode yang digunakan untuk mengurangi hambatan gesek dan menyimpan energy yang dahulu terbuang sia-sia. Contohnya adalah *cavitation*, *polymer coating*, dan *microbubble injection*. Dengan metode-metode tersebut dapat menurunkan konsumsi bahan bakar fosil dan pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini digunakan metode *polymer coating*.

Suatu polimer adalah rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik yang disebut monomer. Meskipun istilah polimer lebih populer menunjuk kepada plastik, tetapi polimer sebenarnya terdiri dari banyak kelas material alami dan sintetik dengan sifat dan kegunaan yang beragam. Polimer, berdasarkan sumbernya dibagi dua yaitu polimer sintesis dan polimer alami. Polimer sintesis seperti nilon, karet sintesis, seluloid, dan lain-lain. Polimer alami seperti kayu, kulit binatang, kapas, karet alam dan rambut. Pada penelitian kali ini digunakan polimer alami yaitu menggunakan kulit binatang. Kulit binatang yang dipakai pada penelitian ini adalah kulit ikan belut (*monepterus albus*).

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui fenomena pengurangan hambatan dengan melapisi lambung kapal model yang terletak dibawah air dengan menempelkan biopolimer dari kulit belut (*monepterus albus*).

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam penelitian pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari hal-hal yang tidak perlu atau diluar lingkup penelitian. Adapun pembatasan masalah yang dilakukan adalah:

- Kapal Model yang ditarik adalah kapal jenis “Bulk Cargo Motor Vessel” dengan skala 1:70 yang berdimensi:

LPP	=	2385 mm
B	=	323 mm
T	=	185,5 mm
Cb	=	0,758

Yang sudah ada tanpa harus merancang dan membuat model dari awal. Kapal model ini merupakan model dari kapal sebenarnya dengan ukuran sebagai berikut:

LPP	=	166,95 m
B	=	22.61 m
T	=	13.30 m

- Motor penarik menggunakan motor listrik dengan rpm 1,400 yang dipasangi inverter, yang dilengkapi denganudukan, tali dan gulungan penarik berdiameter 12 cm.
- Kolam percobaan uji tarik bukanlah kolam percobaan towing tank yang standard an baku, tetapi menggunakan kolam renang yang berada di Museum Layang – layang.
- Variasi beban kapal model
- Variasi kecepatan kapal
- Analisa yang digunakan hanya sebatas membandingkan perubahan gaya tarik dan waktu untuk setiap variasi
- Pengukuran gaya tarik yang dipakai adalah *Pull Force Gauge* dengan kekuatan tarik maksimum hingga 20 Kg dan skala terkecil adalah 200 gr.

1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah melakukan uji tarik pada kapal model setiap kali uji tarik data yang dianalisa adalah Gaya Tarik (hambatan total), waktu dan tinggi *draught* kapal model. Setelah data-data itu dikumpulkan maka dianalisa dan dipresentasikan dalam grafik untuk diambil kesimpulan. Metode pengumpulan data yang dilakukan meliputi;

1.4.1 Studi Literatur

Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh data sekunder yang didapat dari buku-buku, bahan kuliah, internet, jurnal, artikel, skripsi dan literatur lainnya. Data sekunder ini berfungsi sebagai informasi yang mendukung penelitian dan hal-hal yang bersifat teoritis.

1.4.2 Perancangan Alat Uji Penelitian

Perancangan awal untuk alat uji tersebut yaitu perancangan alat uji kapal model yang digunakan variasi penempelan kulit belut pada badan kapal terletak 20% dari depan panjang garis air kapal model.

1.4.3 Proses Fabrikasi dan Instalasi

Setelah perancangan langkah selanjutnya adalah pembuatan dan perakitan alat uji menjadi satu kesatuan.

1.4.4 Proses Pengujian dan Modifikasi

Setelah alat uji penelitian terpasang, uji coba dilakukan secara terus menerus dan melakukan beberapa modifikasi dan perubahan untuk mendapatkan pengujian yang maksimal.

1.4.5 Proses Pengambilan dan Pengolahan Data

Kegiatan ini dilakukan di kolam percobaan untuk mendapatkan data primer dari objek penelitian. Tahapan uji tarik meliputi:

- a. Uji tarik kapal model tanpa penempelan kulit belut.
- b. Uji tarik kapal model dengan penempelan kulit belut.

Variasi Sarat (T) : 0.06 m (35 Kg), 0.09 m (50 Kg)

Data yang didapat kemudian diolah lagi agar didapat perbandingan Gaya Tarik pada masing-masing variasi.

1.4.6 Penyusunan Laporan

Pada tahap ini, seluruh data percobaan beserta literatur-literatur pendukung dirangkum dan di formulasikan kedalam bentuk tulisan, sebagai bentuk laporan hasil penelitian.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini terbagu dalam beberapa bab dan hal ini dapat dijelaskan secara ringkas sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang berisikan antara lain alasan-alasan latar belakang masalah, perumusan masalah batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini merupakan penjelasan teoritis tentang hal-hal yang berkaitan dengan percobaan yang dilakukan.

BAB III SET-UP ALAT DAN PENGUJIAN

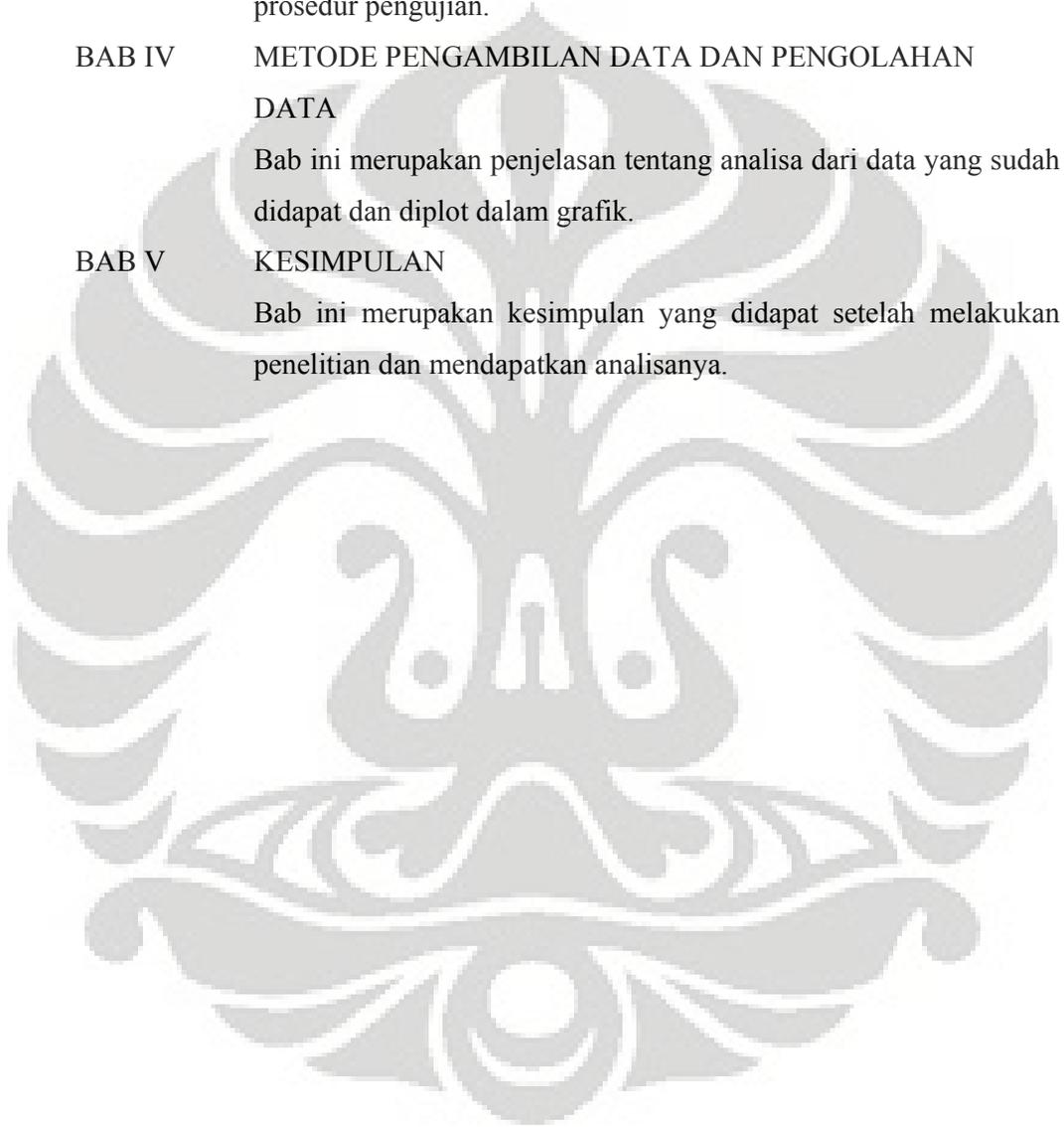
Bab ini merupakan penjelasan tentang rangkaian dan komponen-komponen yang dipakai, bagaimana alat-alat ini berkerjam beserta prosedur pengujian.

BAB IV METODE PENGAMBILAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini merupakan penjelasan tentang analisa dari data yang sudah didapat dan diplot dalam grafik.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini merupakan kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian dan mendapatkan analisisnya.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 HAMBATAN

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

Untuk memudahkan perhitungan, hambatan total (R_t) dihitung dengan menggunakan Koefisien hambatan (C_t) dan besar hambatan kapal tersebut adalah merupakan fungsi dari luas permukaan basah (S), kecepatan kapal (v), dan masa jenis air (ρ) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_t = \frac{1}{2} \cdot C_t \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Hambatan 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 :

a) 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 hambatan gesek pada lambung kapal tersebut.

b) Hambatan Gelombang

Kapal yang bergerak dalam air akan mengalami hambatan 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 hambatan gelombang.

c) 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 melawan gerak maju dari kapal.

d) 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.

e) 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 kapal.

f) Hambatan Sisa

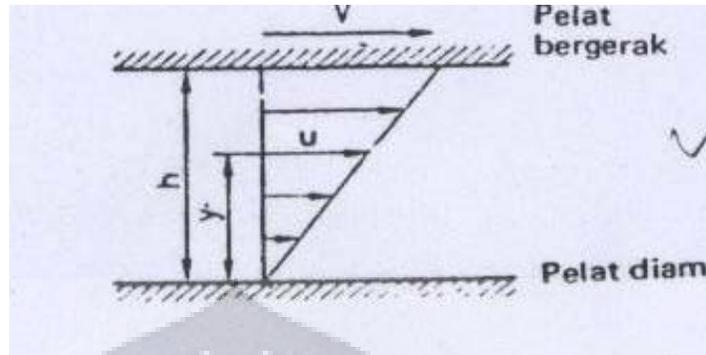
Hambatan sisa merupakan gabungan dari hambatan gelombang, hambatan bentuk, hambatan udara dan juga hambatan tambahan. Sehingga dalam berbagai metode perhitungan hambatan total, dikenal dua buah komponen hambatan, yaitu hambatan gesek dan hambatan sisa.

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

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

2.1.1 Hambatan Gesek

Hambatan 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.



Gambar. 2.1. Aliran di antara pelat yang sejajar

Percobaan menunjukkan bahwa gaya tersebut berbanding lurus dengan luas pelat (S), kecepatan (v) dan berbanding terbalik dengan jarak kedua pelat (h)

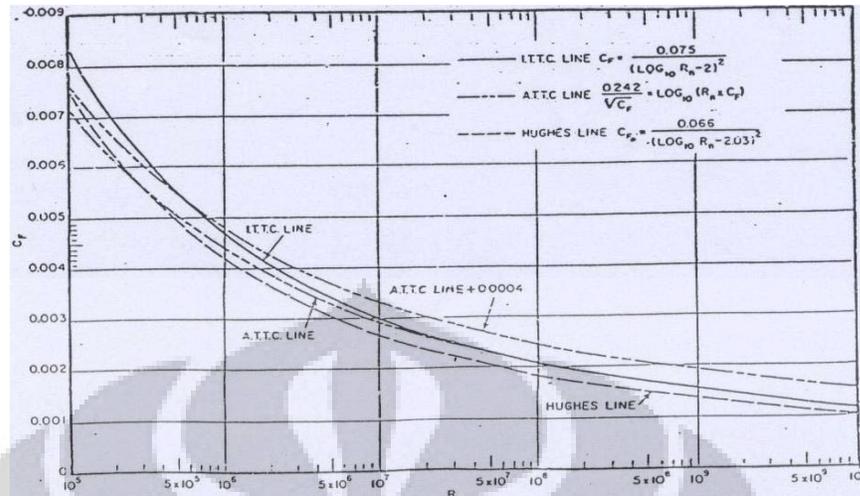
$$F = \mu \frac{S \cdot V}{h} \dots\dots\dots (2.3)$$

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

$$R_F = \frac{1}{2} \cdot C_F \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

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

$$C_F = \frac{0,075}{(\text{Log}Rn - 2)^2} \dots\dots\dots (2.5)$$



Gambar. 2.2. Standart skin frictionless dari ATTC, Hughes dan ITTC

2.1.2 Hambatan Sisa

Hambatan sisa disebabkan oleh terbentuknya gelombang karena gerakan kapal, bentuk lambung, panjang kapal dan juga merupakan fungsi dari Froude number. Jika Froude number-nya konstan, koefisien hambatan sisa dari kapal skala penuh adalah sama besarnya dengan koefisien hambatan sisa model. Seperti juga model, koefisien hambatan gesek dari kapal dihitung berdasarkan koefisien hambatan gesek dari pelat datar yang mempunyai panjang dan luasan yang sama dengan kapal. Sehingga koefisien hambatan sisa dari kapal adalah sebagai berikut :

$$C_T = C_F + C_R \dots\dots\dots (2.6)$$

2.2 HUKUM KESAMAAN

Pada percobaan dengan memakai kapal model dapat ditunjukkan bahwa dari hasil pengukuran hambatan total kapal model tersebut, kemudian hambatan total kapal yang dicari akan dapat dihitung. Umumnya model tersebut berdimensi relative lebih kecil dan di 'operasikan' di air tawar pada tangki percobaan dengan ukuran terbatas, sedangkan kapal berlayar diperairan luas dan biasanya laut berair asin.

Tentunya untuk itu harus dipenuhi persyaratan fisika murni dalam percobaan tersebut, yakni persyaratan kesamaan-kesamaan. Percobaan menggunakan model di tangki percobaan guna memperoleh besarnya harga hambatan kapal dikenal sebagai ‘percobaan hambatan kapal’ (*resistance test = towing test*). Adapun persyaratan kesamaan-kesamaan yang harus dipenuhi adalah :

- ✓ Kesamaan Geometris (*geometrical similiarity*)
- ✓ Kesamaan kinematis (*kinematical similiarity*)
- ✓ Kesamaan dinamis (*dynamical similiarity*)

2.2.1 Kesamaan Geometris

Persyaratan guna memperoleh kesamaan geometris dari sebuah benda terhadap benda lain yang ditinjau adalah harus dipenuhinya secara alamaiah baik kesamaan bentuk maupun kondisi permukaan luar dari kedua benda yang bersangkutan. Untuk memperoleh kesamaan geometris dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut ;

- Dengan meniru bentuk badan kapal yakni dengan cara memperkecil dengan skala tertentu dan membuat permukaan kapal model agar licin seolah-olah ‘reproduksi’ permukaan kapal yang sebenarnya saat beroperasi.
- Dengan mengkondisikan permukaan dikolam haruslah seidentik mungkin dengan kondisi permukaan laut dimana kapal akan beroperasi. Biasanya diasumsikan keadaan laut tenang (*calm water*) sehingga permukaan kolam tangki percobaan dikondisikan benar-benar tenang.

Akan tetapi meskipun kedua persyaratan diatas dapat terpenuhi, tentunya masih ada harga koreksi yang perlu ditambahkan untuk bisa menyerupai harga hambatan total kapal sebenarnya. Harga koreksi ini terjadi akibat adanya beberapa hal misalnya :

- *Boundary layer* yang terjadi pada kapal sebenarnya tidak mungkin dapat direproduksi secara sempurna pada model saat ditarik di

tangki percobaan meskipun permukaan model benar-benar merupakan ‘copy’ dari permukaan kapal yang sebenarnya.

- Adanya fenomena ‘pengaruh dinding tangki’ (*wall effect*) dan ‘pengaruh dasar tangki’ (*bottom effect*) yang timbul akibat adanya keterbatasan dimensi kolam tangki percobaan.

2.2.2 Kesamaan Kinematis

Kesamaan kinematis dalam percobaan model di tangki percobaan berarti gerakan partikel-partikel fluida yang meyelubungi model dan kapal yang sesungguhnya haruslah ada kesamaanya. Guna memperoleh kesamaan antara lain aliran air tawar di tangki percobaan yang lewat menyusuri badan kapal terhadap air laut yang menyelubungi kapal saat berlayar, dituntut persyaratan perbandingan kecepatan pada setiap dua titik di lambung model harus sama dengan perbandingan kecepatan dari dua titik pada lambung kapal yang korespon dengan modelnya.

Selain itu harga perbandingan kecepatan maju (*advance speed*) V_a besarnya sama dengan kecepatan partikel-partikel air yang melewati piringan baling-baling (*propeller disc*) dengan kecepatan rotasional dari setiap potongan daun baling-baling dari model dan baling-baling dari kapal yang sebenarnya haruslah sama. Bila yang ditinjau berlokasi r (m) dari sumbu poros baling-baling dan putaran baling-baling n (rps) sedangkan kecepatan maju V_a (m/s), maka persyaratan yang dipenuhi adalah :

$$\frac{V_a(m)}{2\pi r(m)n(m)} = \frac{V_a(s)}{2\pi r(s)n(s)} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.2.3 Kesamaan Dinamis

Dinamika merupakan salah satu cabang dari ilmu mekanika yang khusus mempelajari baik tentang gerakan benda maupun gaya-gaya yang bekerja dalam gerakan tersebut. Dalam banyak hal, percobaan-percobaan ditangki percobaan dengan menggunakan model yang telah geometris sama

dengan kapalnya dilakukan juga untuk mempelajari segala sesuatu tentang gaya-gaya yang bekerja pada kapal yang sebenarnya.

Ada beberapa jenis gaya yang bekerja pada badan kapal yang bergerak dipermukaan air dan yang berperan dalam hambatan kapal misalnya gaya-gaya inersia F_i , gaya-gaya tekanan F_p , gaya-gaya gravitasi F_g , gaya-gaya viskositas F_v .

Guna memperoleh gambaran hubungan yang mungkin ada antara gaya-gaya yang bekerja pada model dengan kapal yang sebenarnya dimana kedua benda yang dibuat geometris sama tersebut diasumsikan berada didalam aliran yang juga memiliki kesamaan geometris, dapat dipakai 'hukum kesamaan dasar' seperti berikut ini :

a) Hukum Kesamaan Dasar Newton

“Perbandingan harga tiap gaya yang bekerja di titik-titik yang sama (*similar spots*) pada benda-benda berbentuk sama yang berada didalam aliran fluida yang sama, haruslah sama besarnya.”

Berdasarkan hukum Newton tersebut diatas, perbandingan gaya inersia dengan gaya gravitasi di titik A, pada kapal dan titik koresponnya pada model titik A_m , gaya inersia dengan gaya viskositas, gaya inersia dengan gaya tekanan berturut-turut adalah sebagai berikut :

$$\left[\frac{F_i}{F_g} \right]_{kpl} = \left[\frac{F_i}{F_g} \right]_{model} \longrightarrow \left[\frac{F_i(s)}{F_g(s)} \right] = \left[\frac{F(m)}{F_g(m)} \right] \longrightarrow \left[\frac{F_i(s)}{F_i(m)} \right] = \left[\frac{F_g(s)}{F_g(m)} \right] \dots (2.8)$$

$$\left[\frac{F_i}{F_v} \right]_{kpl} = \left[\frac{F_i}{F_v} \right]_{model} \longrightarrow \left[\frac{F_i(s)}{F_v(s)} \right] = \left[\frac{F(m)}{F_v(m)} \right] \longrightarrow \left[\frac{F_i(s)}{F_i(m)} \right] = \left[\frac{F_v(s)}{F_v(m)} \right] \dots (2.9)$$

$$\left[\frac{F_i}{F_p} \right]_{kpl} = \left[\frac{F_i}{F_p} \right]_{model} \longrightarrow \left[\frac{F_i(s)}{F_p(s)} \right] = \left[\frac{F(m)}{F_p(m)} \right] \longrightarrow \left[\frac{F_i(s)}{F_i(m)} \right] = \left[\frac{F_p(s)}{F_p(m)} \right] \dots (2.10)$$

b) Hukum Kesamaan Froude

Ditinjau sebuah benda bergerak dipermukaan bebas (*free surface*) di suatu fluida ideal (*non viscous fluid*), diselubung dinding luar benda yang bersangkutan pada bagian dibawah permukaan fluida akan terjadi

aliran dan gaya-gaya yang timbul adalah gaya inersia, gaya tekanan dan gaya gravitasi. Karena fluidanya diasumsikan sebagai fluida tidak berviskositas, maka tidak terjadi gaya gesekan. Sedangkan kesemua gaya yang bekerja tersebut secara keseluruhan akan merupakan satu keseimbangan (resultan gaya = 0).

Bila Φ_i , Φ_g dan Φ_p masing-masing adalah harga perbandingan gaya inersia kapal dengan modelnya, perbandingan gaya inersia kapal dengan modelnya, perbandingan gaya gravitasi dengan harga perbandingan gaya tekanannya, maka :

$$\Phi_i = \frac{Fi(s)}{Fi(m)} = \frac{m(s).a(s)}{m(m).a(m)} = \frac{\rho(s).\nabla(s).a(s)}{\rho(m).\nabla(m).a(m)}$$

Maka,

$$\Phi_i = \frac{\rho(s).\nabla(s).a(s)}{\rho(m).\nabla(m).a(m)} = \delta.\lambda^3.\beta \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana ; δ = perbandingan density

λ = perbandingan ukuran panjang

β = perbandingan percepatan

Bila ε = perbandingan kecepatan $\left(\frac{V(s)}{V(m)}\right)$ dan τ = perbandingan

waktu ditempuh, maka :

$$\varepsilon = \frac{V(s)}{V(m)} = \frac{\lambda}{\tau} \rightarrow \tau = \frac{\lambda}{\varepsilon}$$

$$\beta = \frac{\varepsilon}{\tau} = \frac{\varepsilon}{\frac{\lambda}{\varepsilon}} = \frac{\varepsilon^2}{\lambda}$$

$$\Phi_i = \delta.\lambda^3.\beta = \frac{\delta.\lambda^3.\varepsilon^2}{\lambda} = \delta.\lambda^2.\varepsilon^2 \dots\dots\dots(2.12)$$

- $\Phi_g = \frac{Fg(s)}{Fg(m)} = \frac{m(s).g(s)}{m(m).g(m)} = \frac{\rho(s).\nabla(s).g(s)}{\rho(m).\nabla(m).g(m)}$

Maka,

$$\Phi_g = \frac{\rho(s) \cdot \nabla(s) \cdot g(s)}{\rho(m) \cdot \nabla(m) \cdot g(m)} = \delta \cdot \lambda^3 \cdot \zeta \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana ; ζ = perbandingan gravitasi

Seperti telah dijelaskan berdasarkan hukum newton selain harga-harga perbandingan gaya gravitasi, harga-harga perbandingan gaya inersia dan juga perbandingan gaya tekanan haruslah sama untuk kapal dan modelnya ($\Phi_i = \Phi_g = \Phi_p$), sehingga :

$$\frac{F_g(s)}{F_g(m)} = \frac{F_i(s)}{F_i(m)} = \frac{F_p(s)}{F_p(m)} \rightarrow \frac{F_g(s)}{F_i(s)} = \frac{F_g(m)}{F_i(m)} \rightarrow \frac{F_g(s)}{F_g(m)} = \frac{F_i(s)}{F_i(m)} = \Phi_g = \Phi_i \rightarrow \delta \cdot \lambda^3 \cdot \zeta = \delta \cdot \lambda^2 \cdot \varepsilon^2 \rightarrow \lambda \cdot \zeta = \varepsilon^2 \rightarrow$$

$$\frac{L(s) \cdot g(s)}{L(m) \cdot g(m)} = \frac{V(s)^2}{V(m)^2} \rightarrow \frac{V(s)}{\sqrt{g(s) \cdot L(s)}} = \frac{V(m)}{\sqrt{g(m) \cdot L(m)}}$$

Seperti telah diketahui $\frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$ adalah angka Froude F_n , maka dengan demikian $F_{n_s} = F_{n_m}$ dan apa yang diuraikan diatas kemudian menjadi dasar dari Hukum Kesamaan Froude.

Angka gravitasi di tangki percobaan biasa diasumsi sama dengan gravitasi di perairan laut dimana kapal akan beroperasi ($\zeta = 1$), sehingga dengan harga angka Froude kapal sama dengan modelnya, maka :

$$F_n(s) = F_n(m) \rightarrow \frac{V(s)}{\sqrt{g(s) \cdot L(s)}} = \frac{V(m)}{\sqrt{g(m) \cdot L(m)}} \rightarrow \frac{V(s)}{\sqrt{L(s)}} = \frac{V(m)}{\sqrt{L(m)}} \rightarrow$$

$$V(m) = \frac{V(s)}{\sqrt{\frac{L(m)}{L(s)}}} = \frac{V(s)}{\sqrt{\lambda}} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$g = \delta \cdot \lambda^3 \cdot \zeta = \delta \cdot \lambda^3 = \frac{\rho(s) \cdot \nabla(s)}{\rho(m) \cdot \nabla(m)} = \frac{\rho(s) \cdot \nabla(s)}{\rho(m) \cdot \nabla(m)} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\Phi_g = \Phi_i = \Phi_p = \frac{\rho(s) \cdot \nabla(s)}{\rho(m) \cdot \nabla(m)} \dots\dots\dots(2.17)$$

Gaya gravitasi dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$Fg(s) = Cw \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho(s) \cdot S(s) \cdot V(s)^2 \dots\dots\dots(2.18)$$

$$Fg(m) = Cw \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho(m) \cdot S(m) \cdot V(m)^2 \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana : Cw = konstanta yang harganya bebas terhadap pengaruh harga skala yang dipilih

S = Luas permukaan basah (*wetted surface area* WSA)

Bila γ = berat jenis (*specific weight*), *density* $\rho = \gamma/g$, *displacement* $\Delta = \gamma \cdot \nabla$ dan dengan angka gravitasi $g_m = g_s$ atau harga $\zeta = 1$, maka :

$$\Phi_g = \Phi_i = \Phi_p = \frac{\gamma(s) \cdot \nabla(s)}{\gamma(m) \cdot \nabla(m)} = \frac{\Delta(s)}{\Delta(m)} \dots\dots\dots(2.20)$$

Φ_g adalah berkaitan dengan pebandingan hambatan gelombang yang timbul pada kapal dan modelnya. Sedangkan Φ_p terkait dengan hambatan tekanan, sehingga Φ_g , Φ_p dan Φ_i secara keseluruhan terkait dengan perbandingan hambatan sisa (*residual resistance*) kapal dengan modelnya.

Bila air di kolam towing tank diasumsikan sebagai fluida ideal (sehingga gaya viskositas yang terkait dengan hambatan gesekan tidak diperhitungkan) dan model dijalankan dengan kecepatan $V_m = \lambda^{-1/2}$. V_s , yang mana badan model tersebut bergerak dengan diselubungi aliran fluida yang memenuhi persamaan Froude, maka semua gaya-gaya yang bekerja terkait dengan hambatan sisa, besarnya bila dihadapkan dengan apa yang terjadi pada kapal yang sebenarnya adalah sebanding dengan *displacement*-nya. Denga demikian, apabila komponen hambatan gesek dipisahkan dari hambatan total sehingga yang ditinjau hanya komponen hambatan sisanya saja dan model dibuat geometris sama dengan kapal serta memiliki angka Froude sama

($F_{n_m} = F_{n_s}$ yakni model dijalankan dengan kecepatan $V_m = \lambda^{-1/2} \cdot V_s$) maka akan berlaku kesimpulan diatas.

Apa yang telah diuraikan diatas dikenal dengan sebagai Hukum Perbandingan (*law of comparation*) atau Hukum Kesamaan (*law of similarity*) dari Froude yang diberlakukan untuk menghubungkan model dengan kapalnya dalam percobaan *resistance test* di tangki percobaan seperti sebagai berikut :

Apabila model dan kapal geometris sama dan memiliki angka Froude sama, maka besarnya hambatan sisa berbanding lurus dengan besarnya *displacement*.

$$V(m) = \frac{V(s)}{\sqrt{\lambda}} \rightarrow Rr(s) = Rr(m) = \frac{\Delta(s)}{\Delta(m)} = \left(\frac{\rho(s)}{\rho(m)} \right) \lambda^3 \dots\dots(2.21)$$

Dimana : $\rho(s)$ dan $\rho(m)$ masing-masing adalh *density* dari air laut dan air tawar di *towing tank*;

λ = skala model terhadap kapalnya (*linear ratio*)

Prinsip Froude tersebut sampai sekarang masih dianut untuk percobaan hambatan kapal dengan menggunakan model di *towing tank*.

c) Hukum Kesamaan Reynold

Ketentuan-ketentuan dalam Hukum kesamaan Reynold disebutkan seperti sebagai berikut :

- “Bila dua benda yakni kapal dan modelnya geometris sama dengan memiliki Angka Reynold R_n sama ($V(m) = \lambda \cdot V(s) \frac{V_m}{V(s)}$), bergerak difluida berviskositas dengan lokasi jauh di bawah permukaan sehingga tidak menimbulkan gelombang (dengan demikian gaya gravitasi dapat diabaikan), maka gaya-gaya yang bekerja pada model dapat dikonversi dengan skala gaya yang korespon menjadi masing-masing gaya sejenis pada kapal yang sebenarnya.”

- “Bila gaya yang ditinjau adalah benda yang bergerak dipermukaan bebas suatu fluida yang berviskositas, yakni kapal yang berlayar di laut bebas dan odelynya yang ditarik di tangki percobaan, maka gaya-gaya yang akan bekerja adalah empat jenis gaya, yakni gaya inersia, gaya tekanan, gaya gravitasi dan gaya viskositas dimana keempat macam gaya tersebut secara bersamaan daalm keadaan kesetimbangan.”

Untuk dapat mengkonversi besarnya gaya hasil pengukuran pada percobaan dengan model di tangki percobaan menjadi gaya yang korespon pada kapal yang sebenarnya dengan skalanya masing-masing, maka haruslah dipenuhi persyaratan-persyaratan hukum Froude sekaligus dengan Hukum Reynold.

Dengan asumsi angka gravitasi ditangki percobaan sama dengan diperairan dimana kapal akan beroperasi, maka menurut ketentuan Hukum Froude sekaligus Hukum Reynold, model harus dijalankan dengan kecepatan :

$$V(m) = \frac{V(s)}{\sqrt{\lambda}} \dots\dots\dots(2.22)$$

Sedangkan menurut ketentuan Hukum Reynold, model Harus berkecepatan :

$$V(m) = \lambda.V(s) \frac{Vm}{V(s)} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan demikian untuk memenuhi kedua persamaan diatas :

$$\frac{V(s)}{\sqrt{\lambda}} == \lambda.V(s) \frac{Vm}{V(s)} \rightarrow V(m) = \frac{V(s)}{\lambda\sqrt{\lambda}} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana ;

$V(m)$ = viskositas kinematis fluida yakni air tawar ditangki percobaan
dimana test dilakukan

$V(s)$ = viskositas kinematis fluida yakni air laut/sungai/danau perairan
dimana kapal akan beroperasi



BAB III

SET-UP ALAT DAN PENGUJIAN

3.1 SPESIFIKASI ALAT UJI TARIK

Eksperimen ini dilakukan di kolam renang umum milik Museum Layang-layang dengan ukuran kolam percobaan sebagai berikut:

- Panjang : 10 meter
- Lebar : 4 meter
- Kedalaman : 1 – 2 meter

Alat utama penelitian terdiri dari kapal model, alat uji tarik dan juga kulit belut. Penelitian dilakukan dengan menarik kapal model dengan tali. Simulasi uji tarik kapal model ini dilakukan guna mengetahui nilai hambatan total kapal model tersebut (R_{tm}) pada berbagai variasi kondisi kecepatan (V_m). Dari hasil percobaan uji tersebut, data-datanya kemudian akan digunakan untuk mengetahui gambaran mengenai karakteristik-karakteristik dari kapal sebenarnya, dalam hal ini nilai hambatan totalnya, hambatan gesek, dan hambatan sisa.



Gambar 3.1 Sketsa Percobaan Uji Tarik

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

3.1.1 Kapal Model

Kapal model sudah tersedia tanpa harus merancang dan membuatnya, spesifikasi dari kapal tersebut adalah:

Jenis kapal model	: “Bulk Cargo Motor Vessel”
Skala	: 1:70
LPP	: 2385 mm
LWL	: 2403 mm
LOA	: 2459 mm
B	: 323 mm
T	: 185,5 mm

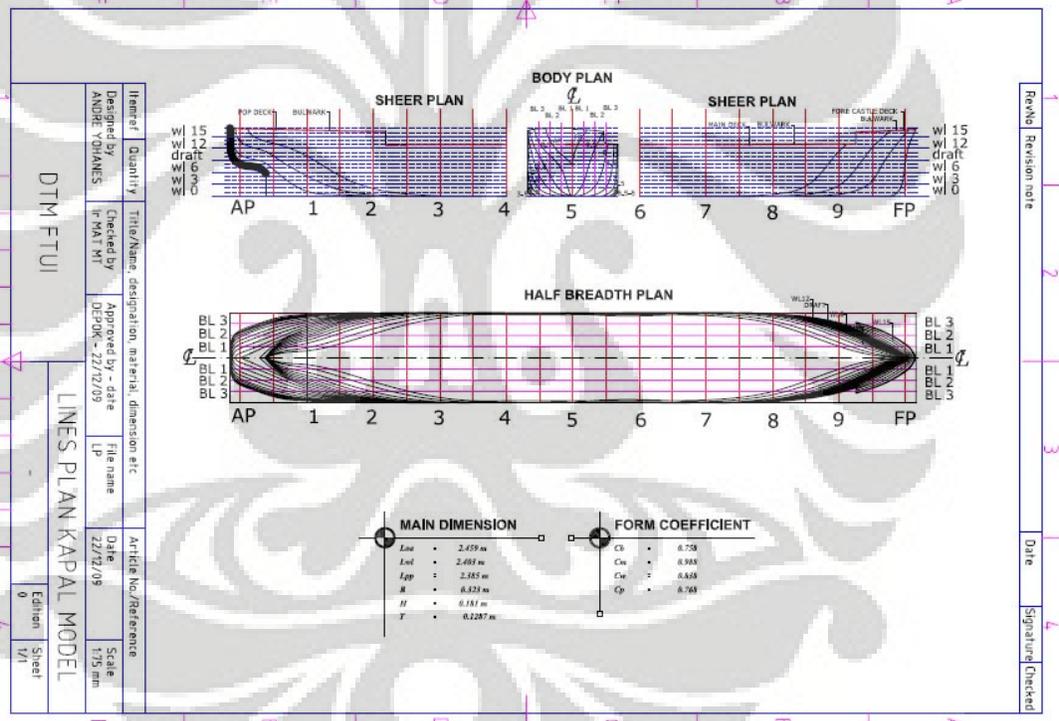
Cb

: 0,758

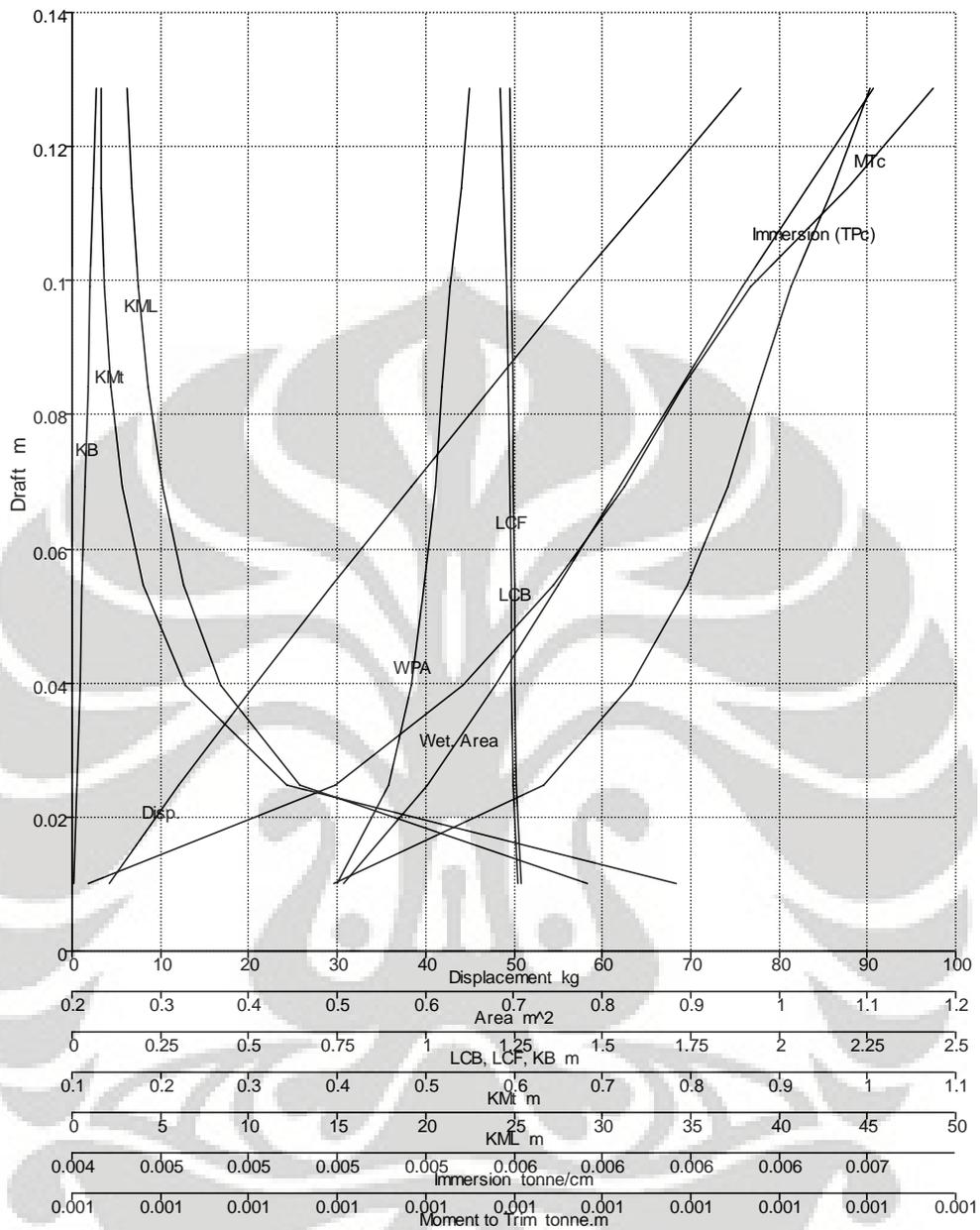


Gambar 3.2 Kapal Model

Berikut ini adalah karakteristik dari kapal model:



Gambar 3.3 Rancangan Garis Kapal Model



Gambar 3.4 Kurva Hidrostatik Kapal Model

3.1.2 Alat Penarik Kapal Model

Alat ini berfungsi untuk menarik kapal model dengan kecepatan yang telah ditentukan, sebagai asumsi dari gaya dorong (propulsi) dari kapal model. Alat penarik ini memudahkan dalam analisa terhadap tahanan yang dialami oleh kapal model dengan adanya perubahan *Pull Force Gauge* yang dipasang pada ujung

kapal model ketika penarikan dilakukan. Komponen -komponen dari alat penarik kapal model adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5 Alat Penarik Kapal Model

- Rangka
Rangka yang digunakan menggunakan besi siku berlubang dengan ukuran total 77x53x50 cm. Pertimbangan penggunaan besi siku berlubang adalah kemudahan perakitan dan rigiditas rangka.
- Motor Listrik
Berfungsi untuk menggerakkan penarik kapal model dengan spesifikasi sebagai berikut:
Input : 220 – 240 V / 50 Hz
Output : ¼ HP
Rpm : 1400 rpm
- Silinder Plastik
Silinder plastic dengan diameter 120 mm berfungsi untuk menggulung tali yang digunakan untuk menarik kapal model.
- Pulley
Dua buah pulley dengan diameter 80 mm dipasang pada silinder plastik dan diameter 120 mm dipasang pada motor listrik, kedua pulley tersebut berfungsi untuk mereduksi putaran motor listrik.
- Saklar (*switch ON/OFF*)
Berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan motor listrik.

3.1.3 AC Voltage Regulator

AC Voltage Regulator adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengatur voltase keluaran. AC Voltage Regulator yang digunakan berfungsi untuk

mengontrol putaran motor dengan merubah voltase masukan sehingga putaran motor dapat diubah sesuai dengan keinginan.

Spesifikasi teknik dari regulator yang digunakan adalah:

Merk : OKI
Input : 220 V 50/60 HZ
Output : 0 – 250 V
Cap : 2000 VA



Gambar 3.6 AC Voltage Regulator

3.1.4 Pull Force Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur gaya tarik kapal model ketika ditarik. Pull Force Gauge yang digunakan pada percobaan ini menggunakan Digital Pull force Gauge dengan gaya tarik maksimum 20 Kg dengan tingkat ketelitian awal 0.02 Kg dan angka kenaikan 0.01 Kg. Pull Force Gauge ini diletakan pada bagian depan kapal dan sebagai bagian yang di ikatkan tali penarik.



Gambar 3.7 Digital Pull Force Gauge

3.1.5 Beban

Beban digunakan untuk membuat variasi kedalaman lambung kapal terhadap permukaan air. Beban terbuat dari pasir yang ditempatkan kedalam

kantong plastik dengan berat setiap beban 1 – 2 Kg. Beban tersebut dimasukkan kedalam *Cargo Hold* kapal model.



Gambar 3.8 Beban Pasir

3.1.6 Kulit Belut

Kulit belut yang digunakan berasal dari kulit belut yang masih segar, dimana masih terdapat lendir-lendir yang menempel pada belut tersebut. Hal ini dimaksudkan agar mengetahui perbedaan hambatan total yang terjadi apabila kapal model yang diuji tarik tanpa menempelkan kulit belut pada lambung kapal model, dibandingkan dengan kapal model yang ditempelkan kulit belut pada lambung kapal model.



Gambar 3.9 Kulit Belut

3.1.7 Digital Camera

Digunakan untuk menangkap foto dan juga merekam video pada saat percobaan. Hasil video kemudian digunakan untuk mengamati tegangan tarik yang terjadi pada kapal model yang ditarik dengan bantuan software Ulead Video Editor untuk mengetahui besaran tegangan tarik tiap detik. Adapun spesifikasi teknis digital camera yang digunakan adalah:

Merk : Canon

Type : Canon Digital IXUS 80 IS
Total Pixels : 8.0 Mega Pixels



Gambar 3.10 Digital Camera

3.2 PROSEDUR UJI TARIK

Selama percobaan uji tarik, kapal model ditarik oleh motor listrik yang telah dirancang sedemikian rupa sehingga putaran motor bisa digunakan untuk menarik kapal model dan gaya tarik diukur secara manual dengan menggunakan sebuah *pull force gauge*, *pull force gauge* tersebut ditempelkan di kapal model dan dihubungkan ke tali penarik. Sewaktu kapal ditarik maka terjadi pergeseran nilai pada *pull force gauge*, dari nilai 0 ke nilai tertentu.

Ada 2 jenis variasi percobaan Uji Tarik yang dilakukan yaitu:

1. Kapal model tanpa penempelan kulit belut
2. Kapal model dengan penempelan kulit belut

Adapun faktor-faktor variasi yang lain adalah:

1. Kondisi pemuatan yang terdiri dari 2 kondisi, dimana muatan yang digunakan adalah pasir yang dibungkus dengan plastik dengan berat masing – masing pasir dalam plastik 1 – 2 Kg, untuk kondisi pemuatan adalah sebagai berikut:
 - Kondisi I, kapal model dengan berat 35 Kg atau sarat 0,06 m
 - Kondisi II, kapal model dengan berat 50 Kg atau sarat 0,09 m
2. Variasi kecepatan kapal, dimana variasi kecepatan kapal didapatkan dari jarak percobaan pengambilan data dibagi dengan

waktu yang ditempuh oleh kapal untuk mencapai jarak percobaan tersebut. Jarak percobaan data pada percobaan ini adalah 7 m.

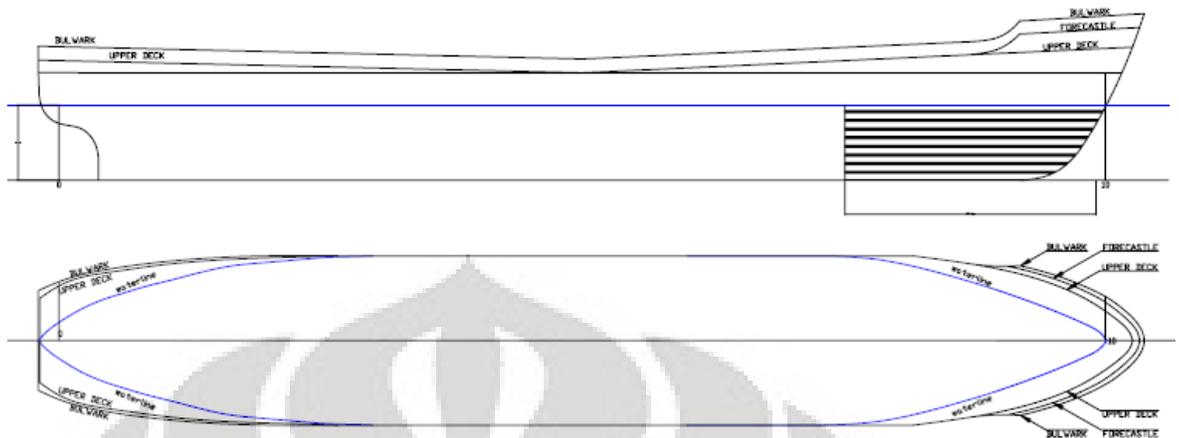
Pada saat uji tarik data yang diambil adalah Sarat (T), Gaya Tarik (F), dan Waktu (t). Data - data ini dibandingkan menurut variasi pembebanan dan juga variasi penempelan kulit belut.

Percobaan ini dilakukan dalam kondisi air tenang untuk beberapa kecepatan yang berbeda. Langkah-langkah uji tarik sebagai berikut:

1. Pada setiap percobaan uji tarik kapal model ditempelkan dengan *pull force gauge* pada *forecastle* kapal model, setelah itu *pull force gauge* dihubungkan ke tali penarik.
2. Jarak lintasan percobaan adalah 7 m
3. Untuk memulai penarikan kapal model, motor listrik dinyalakan setelah diberi aba – aba, kapal model dilepas dan perekam video pada kamera digital dinyalakan untuk meneliti perubahan tegangan tarik kapal model pada *pull force gauge* dengan mengikuti pergerakan kapal model dari tepi kolam renang, saat kapal model menyentuh batas di ujung 2 maka countdown timer dimatikan setelah itu dicatat waktunya, begitulah langkah – langkah untuk setiap percobaan.
4. Penempelan kulit belut pada lambung kapal model dilakukan dengan cara menempelkan sepanjang 20% panjang garis air dari depan kapal. Pemasangan kulit belut dengan menggunakan lem. Berikut ini merupakan sketsa penggambarannya:



Gambar 3.11 Sketsa Penempelan Kulit Belut Pada Variasi Beban 35 Kg



Gambar 3.12 Sketsa Penempelan Kulit Belut Pada Variasi Beban 50 Kg

Berikut ini adalah gambar pemasangan kulit belut pada saat percobaan:



Gambar 3.11 Penempelan Kulit Belut Pada Lambung Kapal

BAB IV

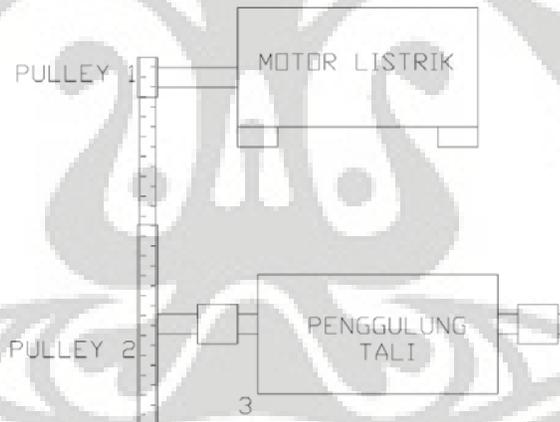
METODA PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 METODA PENGAMBILAN DATA UJI TARIK

Pengambilan data untuk mengetahui perubahan tahanan kapal model yang ditunjukkan *pull force gauge* yang mempunyai skala gaya tarik maksimum 20 Kg untuk setiap variasi kecepatan kapal dan variasi beban. Selama pengujian perubahan *pull force gauge* dari 0 sampai tegangan tertentu pada jarak lintasan 7 m di kolam renang direkam oleh kamera digital sehingga setiap detik perubahan gaya tarik dari *pull force gauge* dapat diamati.

4.2 PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA UJI TARIK

Data – data yang akan digunakan sebagai bahan analisa adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Rangkaian Pulley Alat Penarik Kapal Model

Data dari gambar diatas:

$$\begin{aligned}n_1 &= 1400 \text{ rpm} \\D_1 &= 0,06 \text{ m} \\D_2 &= 0,21 \text{ m} \\D_3 &= 0,12 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga dari diatas dapat kita hitung kecepatan yang terjadi pada penggulung tali.

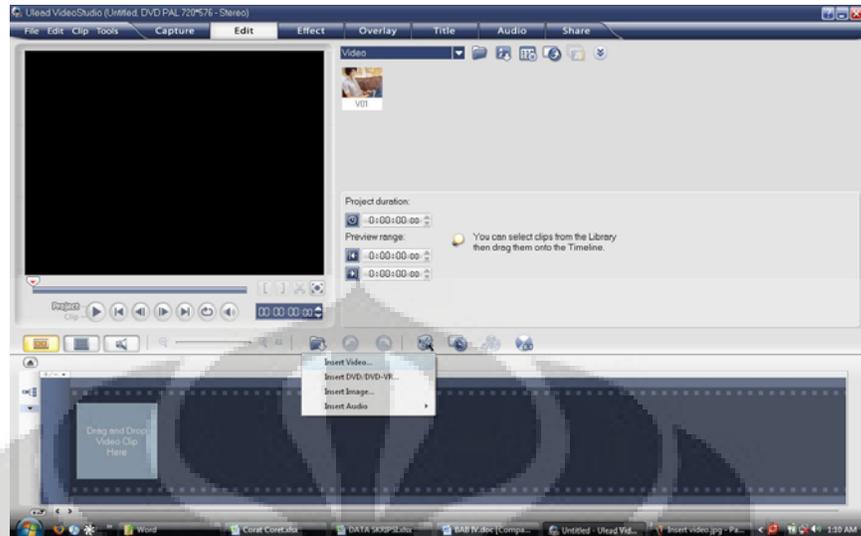
$$n_2 = \frac{D_2}{D_1} . n_1 = \frac{0,06}{0,021} \times 1400 = 400rpm$$

Suhu air kolam percobaan adalah 32°C, setelah semua alat selesai di set – up, kemudian dilakukan engujian dan pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Mengatur Rpm motor dengan AC Voltage Regulator yang dipasang pada motor sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.
2. Pemuatan terdiri dari 2 kondisi untuk setiap percobaan
 - Kondisi I = 35 Kg
 - Kondisi II = 50 Kg

Pemuatan dilakukan secara manual dengan menambah kantong pasir yang dimasukkan ke dalam *cargo hold* kapal model.

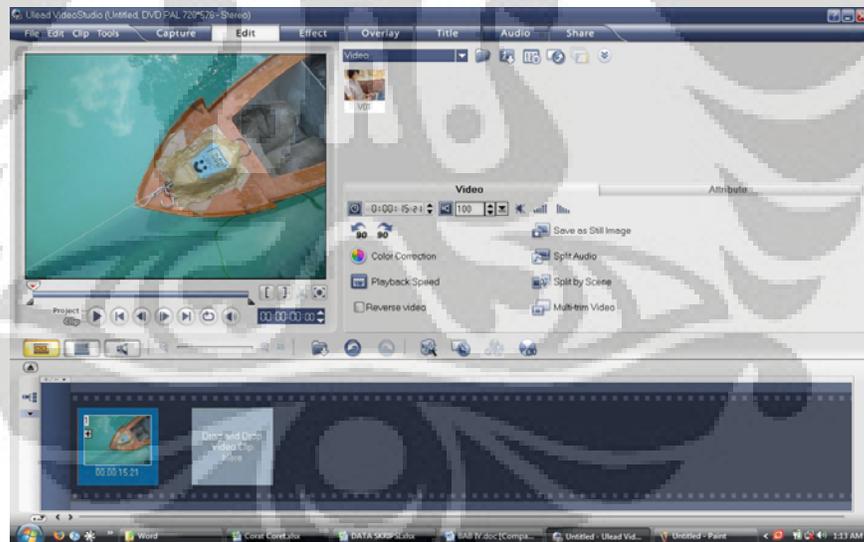
3. Setiap percobaan menggunakan kondisi kapal model tanpa penempelan kulit belut dan juga menggunakan kapal model dengan penempelan kulit belut. Perubahan dari kondisi kapal model tanpa penempelan kulit belut menjadi kondisi kapal model dengan penempelan kulit belut yaitu dengan cara menempelkan kulit belut pada lambung kapal dengan mengikuti sketsa penggambaran yang telah ditentukan.
4. Setelah kapal model ditarik ke pinggir kolam, kapal siap untuk ditarik, dengan memberikan aba – aba secara bersamaan maka model dilepas, *countdown timer* diaktifkan dan mesin motor dinyalakan.
5. Pada saat kapal model bergerak di sepanjang lintasan, maka penulis mengamati dan merekam perubahan *digital pull force gauge* dengan menggunakan kamera digital dari pinggir kolam dengan mengikuti pergerakan kapal.



Gambar 4.2 Software Ulead VideoEditor: Insert Video

- Visualisasi Video:

Pilih video yang ingin anda tampilkan, lalu tampilan ulead anda akan menjadi seperti dibawah ini

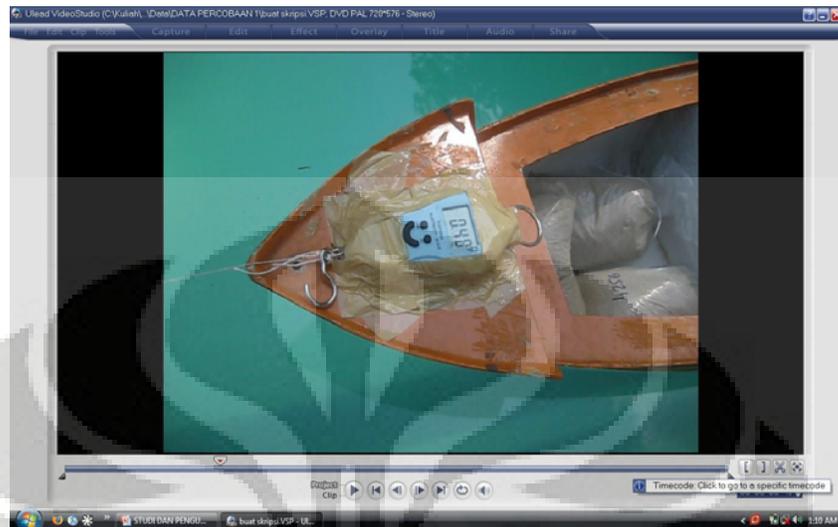


Gambar 4.3 Software Ulead VideoEditor: Visualisasi Video

- Pengaturan Waktu Pergerakan Video:

Pengaturan waktu dapat dilakukan dengan merubah angka jam/menit/detik pada video dengan cara meng-klik bagian jam/menit/detik dan

merubahnya dengan meng-klik tanda anak panah atas untuk menaikkan angka, dan anak panah bawah untuk menurunkan angka.



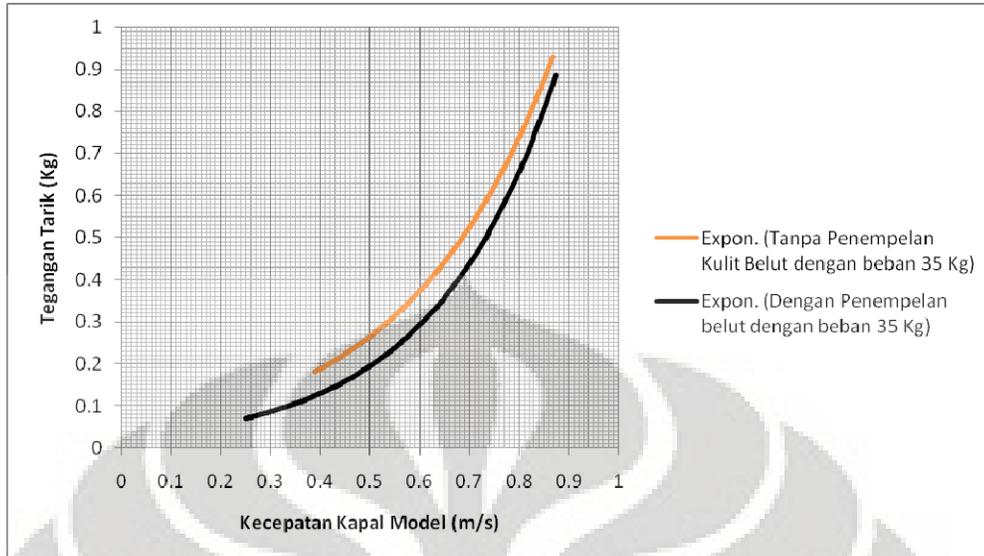
Gambar 4.4 Software Ulead VideoEditor: Pengaturan Waktu Video

4.3 PENGOLAHAN DATA ANALISA DATA UJI TARIK

Dengan mengamati video yang direkam pada percobaan menggunakan software Ulead, maka didapatkan lah kumpulan dari data – data yang akan diolah. Dari data – data yang didapatkan, kemudian tahap selanjutnya adalah menganalisa data tersebut dalam bentuk grafik. Berikut ini adalah pengolahan data dan analisa pada setiap variasi beban:

4.3.1 Beban Kapal Model 35 Kg

Dari data-data yang didapatkan dalam percobaan, maka di dapatkan grafik antara kecepatan kapal model dan tegangan tali, dengan beban yang diberikan seberat 35 Kg sebagai berikut:



Grafik 4.1 Kecepatan Model dan Tegangan Tarik (pembebanan 35 Kg)

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan maka semakin besar pula hambatan tarik pada kapal tersebut. Dari grafik 4.1 juga terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan kapal model maka semakin kecil perbedaan tegangan tarik antara kapal model dengan penempelan kulit belut dibanding tegangan tarik kapal model tanpa penempelan kulit belut belut.

Data – data yang digunakan untuk pengolahan data adalah data kecepatan kapal model yang dilewati oleh kedua kurva pada grafik diatas. Sehingga dengan kecepatan kapal model yang sama, dapat diketahui seberapa besar tegangan tarik antara kapal model yang ditempelkan oleh kulit belut dan tegangan tarik antara kapal model yang tidak ditempelkan kulit belut.

Data – data kecepatan kapal yang diambil pada percobaan kapal model pembebanan 35 Kg adalah sebagai berikut:

v (m/s)
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8

Tabel 4.1 Data Kecepatan Kapal Model yang digunakan (Pembebanan 35 Kg)

Pada kecepatan yang di tentukan untuk pengolahan data, maka didapatkan besar nilai tegangan tarik pada kecepatan tersebut adalah sebagai berikut:

v (m/s)	Rtm (Kg)	
	Tanpa Penempelan Kulit Belut	Dengan Penempelan Kulit Belut
0.4	0.19	0.13
0.5	0.265	0.195
0.6	0.375	0.29
0.7	0.52	0.44
0.8	0.73	0.65

Tabel 4.2 Data Tegangan Tarik Yang Didapatkan (Pembebanan 35 Kg)

Dapat dilihat pada Tabel 4.2, tegangan tarik kapal model dengan penempelan kulit belut mempunyai nilai tegangan tarik yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan tarik kapal model yang tidak ditempelkan kulit belut.

4.3.1.1 Perbandingan Nilai Hambatan Total

Perbandingan nilai hambatan berfungsi untuk mengetahui berapa persen pengurangan hambatan yang terjadi pada percobaan ini. Untuk mencari berapakah perbandingan hambatan total pada setiap kecepatan, maka menggunakan rumus:

$$\frac{\Delta R_{Tm}}{R_{Tm}} = \frac{R_{Tm}' - R_{Tm}}{R_{Tm}} \times 100\%$$

Sehingga didapatkan:

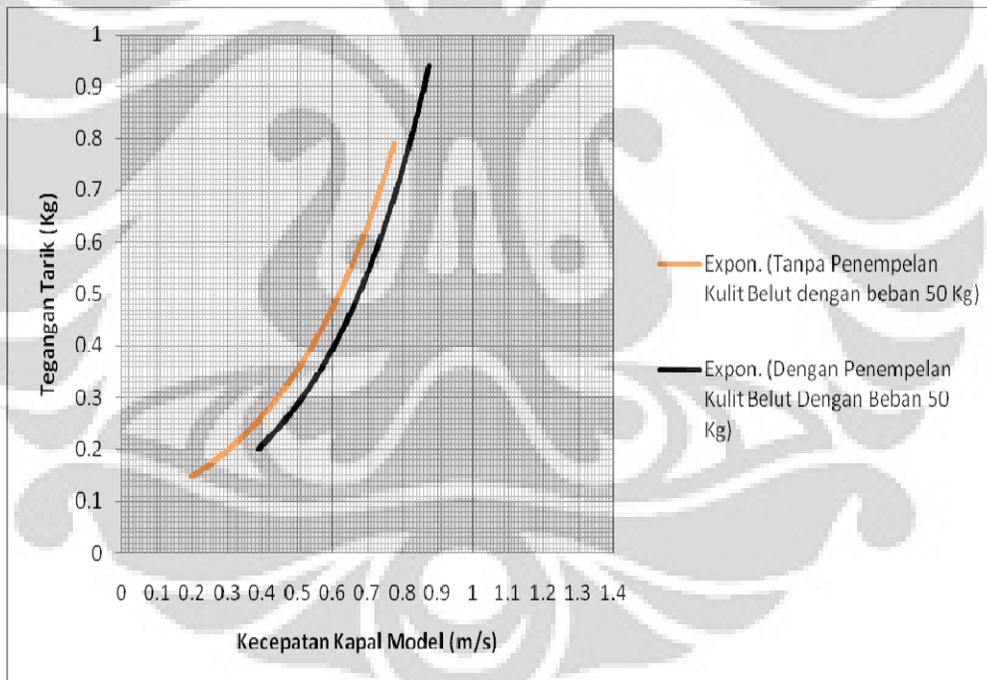
Beban 35 Kg				
v (m/s)	Rtm		Delta Rtm	%
	Tanpa Penempelan Kulit Belut	Dengan Penempelan Kulit Belut		
0.4	0.19	0.13	-0.06	-31.579
0.5	0.265	0.195	-0.07	-26.415
0.6	0.375	0.29	-0.085	-22.667
0.7	0.52	0.44	-0.08	-15.385
0.8	0.73	0.65	-0.08	-10.959

Tabel 4.3 Perbandingan Hambatan Total Kapal Model (Beban 35 Kg)

Dari tabel diatas, dapat terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan kapal model maka persentase nilai dari selisih hambatan total kapal model yang ditempelkan kulit belut dibandingkan hambatan kapal model tanpa penempelan kulit belut semakin kecil.

4.3.2 Beban Kapal Model 50 Kg

Pengamatan data percobaan uji tarik kapal model yang diberi beban 50 Kg sama halnya dengan pengamatan data percobaan uji tarik kapal model yang diberi beban 35 Kg, yaitu mengamati data – data dengan menggunakan *software Ulead VideoEditor*. Dari data-data yang didapatkan dalam percobaan uji tarik kapal model yang diberi beban 50 Kg, maka di dapatkan grafik antara kecepatan kapal model dan tegangan tarik, dengan beban yang diberikan seberat 50 Kg sebagai berikut:



Grafik 4.2 Kecepatan Model dan Tegangan Tarik (pembebanan 50 Kg)

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan pada kapal model, nilai hambatan total pun semakin tinggi. Selain itu dengan adanya kenaikan nilai dari kecepatan kapal model maka semakin kecil selisih tegangan

total antara kapal model yang ditempelkan kulit belut dan tegangan total kapal model tanpa penempelan kulit belut.

Data – data yang digunakan untuk pengolahan data adalah data kecepatan kapal model yang dilewati oleh kedua kurva pada grafik diatas. Sehingga dengan kecepatan kapal model yang sama, dapat diketahui seberapa besar nilai tegangan tarik antara kapal model yang ditempelkan kulit belut dan tegangan tali kapal model yang tidak ditempelkan kulit belut.

Data – data kecepatan kapal yang diambil pada percobaan kapal model pembebanan 50 Kg adalah sebagai berikut:

v (m/s)
0.4
0.5
0.6
0.7

Tabel 4.4 Data Kecepatan Kapal Model yang digunakan (Pembebanan 50 Kg)

Pada kecepatan yang di tentukan untuk pengolahan data, maka didapatkan besar nilai tegangan tarik pada kecepatan tersebut adalah sebagai berikut:

v (m/s)	R _{tm} (kg)	
	Tanpa Penempelan Kulit Belut	Dengan Penempelan Kulit Belut
0.4	0.26	0.21
0.5	0.35	0.29
0.6	0.47	0.395
0.7	0.625	0.54

Tabel 4.5 Data Tegangan Tarik Yang Didapatkan (Pembebanan 50 Kg)

Dapat dilihat pada Tabel 4.5, tegangan tarik kapal model yang ditempelkan kulit belut mempunyai nilai tegangan tarik lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan tarik kapal model yang tidak ditempelkan kulit belut.

4.3.2.1 Perbandingan Nilai Hambatan Total

Perbandingan nilai hambatan total berfungsi untuk mengetahui berapa persen pengurangan hambatan yang terjadi pada percobaan ini. Untuk mencari

berapakah perbandingan hambatan total pada setiap kecepatan, maka menggunakan rumus:

$$\frac{\Delta R_{Tm}}{R_{Tm}} = \frac{R_{Tm}' - R_{Tm}}{R_{Tm}} \times 100\% \quad \text{Sehingga didapatkan:}$$

Beban 50 Kg				
v (m/s)	R _{tm} (Tanpa Penempelan Kulit Belut)	R _{tm'} (Dengan Penempelan Kulit Belut)	Delta R _{tm}	%
0.4	0.26	0.21	-0.05	-19.231
0.5	0.35	0.29	-0.06	-17.143
0.6	0.47	0.395	-0.075	-15.957
0.7	0.625	0.54	-0.085	-13.6

Tabel 4.6 Perbandingan Hambatan Total Kapal Model (Beban 50 Kg)

Dari tabel diatas, dapat terlihat bahwa semakin meningkatnya kecepatan kapal model maka persentase nilai dari selisih hambatan total antara kapal model yang ditempelkan kulit belut dan hambatan total kapal model tanpa ditempelkan kulit belut semakin kecil.

4.4 PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL SEBENARNYA

Sebelum mendapatkan nilai – nilai dari hambatan total kapal sebenarnya maka harus dicari nilai dari hambatan gesek kapal model (R_{fm}) dan hambatan sisa kapal model (R_{rm}). Kemudian harus mencari hambatan gesek kapal sebenarnya (R_{fs}) dan hambatan sisa kapal sebenarnya (R_{rs}). Berikut adalah hasil penghitungan dari data – data kapal model:

4.4.1 Perhitungan Hambatan Gesek Pada Kapal Model (R_{fm})

Untuk mencari nilai dari hambatan gesek pada percobaan kali ini, maka digunakan rumus

$$R_{Fm} = \frac{\rho}{2} \times C_f \times S \times V^2$$

Untuk mencari nilai dari C_f maka dapat dicari dengan menggunakan rumus – rumus yang ada. Rumus berikut ini disarankan oleh Contrés International

des Directeurs de Bassins, Paris 1936 (ITTC, 1935, hal. 201) dan dipakai oleh sebagian besar tangki percobaan kapal hingga sekitar tahun 1960.

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

Dimana:

C_f = koefisien gesek

λ = koefisien gesekan

S = luas permukaan basah dalam m^2

V = kecepatan dalam detik m/detik

Koefisien gesekan (λ) untuk suhu kolam percobaan $15^\circ C$ didapat dengan menggunakan rumus:

$$\lambda = 0,1392 + \frac{0,258}{2,68 + L}$$

Akan tetapi untuk percobaan kali ini mempunyai suhu kolam percobaan $32^\circ C \neq 15^\circ C$ sehingga koreksi dapat dilakukan dengan memakai rumus berikut ini:

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

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

Didapatkan nilai koefisien gesekan pada percobaan kali ini sebesar 0,176. Sehingga didapatkan nilai koefisien gesek untuk kapal model tanpa ditempelkan belut (C_f) sebagai berikut:

C_f
1.09071
0.998048
1.040813
1.080184
1.212133

Tabel 4.7 Koefisien gesek untuk kapal model pembebanan 35 Kg

Cf
1.554054
1.297297
1.201201
1.191395

Tabel 4.8 Koefisien gesek untuk kapal model pembebanan 50 Kg

Sehingga nilai hambatan gesek kapal model R_{fm} untuk masing-masing percobaan adalah sebagai berikut :

Vm (m/s)	Rf model (kg)
0.40	0.16
0.50	0.22
0.60	0.32
0.70	0.44
0.80	0.63

Tabel 4.9 Hambatan gesek kapal model pembebanan 35 Kg (tanpa penempelan kulit belut)

Vm (m/s)	Rr model (kg)
0.40	0.23
0.50	0.30
0.60	0.40
0.70	0.54

Tabel 4.10 Hambatan gesek kapal model pembebanan 50 Kg (tanpa penempelan kulit belut)

4.4.2 Perhitungan Hambatan Sisa Pada Kapal Model (R_{rm})

Hambatan sisa merupakan gabungan dari komponen-komponen hambatan kapal seperti hambatan gelombang R_w , hambatan tekanan R_p , hambatan *appendages* R_{app} , dan hambatan udara R_a . Berdasarkan teori model Froude nilai hambatan sisa adalah sebagai berikut :

$$R_{Tm} = R_{Fm} + R_{Rm}$$

Sehingga,

$$R_{Tm} = R_{Fm} + R_{Rm}$$

Berdasarkan rumus diatas maka didapatkan nilai hambatan sisa untuk masing-masing percobaan adalah sebagai berikut :

Vm (m/s)	RTm (Kg)	Rf model (kg)	Rr model (kg)
0.40	0.19	0.16	0.03
0.50	0.27	0.22	0.04
0.60	0.38	0.32	0.06
0.70	0.52	0.44	0.08
0.80	0.73	0.63	0.10

Tabel 4.11 Hambatan Sisa Kapal Model Pembebanan 35 Kg Tanpa Penempelan Kulit Belut

Vm (m/s)	Rtm (kg)	Rf model (kg)	Rr model (kg)
0.40	0.26	0.23	0.03
0.50	0.35	0.30	0.05
0.60	0.47	0.40	0.07
0.70	0.63	0.54	0.09

Tabel 4.12 Hambatan Sisa Kapal Model Pembebanan 50 Kg Tanpa Penempelan Kulit Belut

4.4.3. Perhitungan Hambatan Gesek Pada Kapal Model (Rfm) Dengan Penempelan Kuli Belut

Dikarenakan kapal model yang digunakan dalam percobaan adalah kapal model yang sama, maka hambatan sisa (Rr) dari kapal model tersebut adalah sama. Sehingga nilai dari koefesien gesek kapal model yang ditempelkan kulit belut didapatkan dengan menggunakan persamaan

$$R_{Tm} = R_{Fm} + R_{Rm}$$

$$R_{Rm} = R_{Tm} - R_{Fm}$$

Dimana Rrm = Rrm', sehingga nilai dari Rfm' dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$R_{Fm}' = R_{Tm}' - R_{Rm}'$$

Vm (m/s)	Rf' model (kg)
0.40	0.10
0.50	0.15
0.60	0.23
0.70	0.36
0.80	0.55

Tabel 4.13 Hambatan gesek kapal model pembebanan 35 Kg (ditempelkan kulit belut)

Vm (m/s)	Rf' model (kg)
0.40	0.18
0.50	0.24
0.60	0.33
0.70	0.45

Tabel 4.14 Hambatan gesek kapal model pembebanan 50 Kg (ditempelkan kulit belut)

Setelah mengetahui nilai dari Rf' maka dapat mengetahui nilai cf' dari percobaan. Yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{Fm}' = \frac{2xR_{Fm}'}{\rho x S x V^2}$$

Maka didapatkan nilai dari Cfm' untuk kedua variasi beban sebagai berikut:

Cf
0.800256
0.768246
0.81804
0.940709
1.100352

Tabel 4.15 Koefesien gesek untuk kapal model pembebanan 35 Kg, ditempelkan kulit belut

Cf
1.216216
1.037838
0.990991
0.99283

Tabel 4.16 Koefesien gesek untuk kapal model pembebanan 50 Kg, ditempelkan kulit belut

4.4.4 Perhitungan Kecepatan Kapal Sebenarnya (Vs) Berdasarkan Kecepatan Kapal Model (Vm)

Berdasarkan Hukum Kesamaan Froude seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya maka nilai kecepatan pada kapal sebenarnya (Vs) dapat diketahui berdasarkan nilai dari kecepatan kapal model (Vm) yang didapat dari hasil uji tarik yaitu,

$$v_s = v_m \cdot \sqrt{\lambda} \dots\dots\dots(4.4)$$

yang mana $\lambda = \frac{L_s}{L_m} = skala = 70$

sehingga,

Vm (m/s)	Vs (m/s)	Vs (Knot)
0.40	3.35	6.51
0.50	4.18	8.13
0.60	5.02	9.76
0.70	5.86	11.38
0.80	6.69	13.01

Table 4.17 Kecepatan kapal sebenarnya

4.4.5 Perhitungan Hambatan Sisa Pada Kapal Sebenarnya (Rrs) Berdasarkan Hambatan Sisa Kapal Model (Rrm)

Berdasarkan Hukum Kesamaan Froude kita bisa memperhitungkan besarnya nilai hambatan sisa yang terjadi pada kapal sebenarnya Rrs dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R_{Rs} = \frac{\gamma_s}{\gamma_m} \cdot \lambda^3 \cdot R_{Rm} \text{ (kg)} \dots\dots\dots(4.5)$$

dimana,

$\gamma_s = specific\ density$ pada kapal sebenarnya di suhu air 15°C = 1025 kg/m³

Sehingga besarnya hambatan sisa yang terjadi pada kapal sebenarnya untuk masing-masing percobaan adalah sebagai berikut :

Vs (m/s)	Rr kpl (kg)
3.35	5337.01
4.18	8018.27
5.02	11182.12
5.86	14813.28
6.69	18899.21

Tabel 4.18 Hambatan Sisa Pada Kapal Sebenarnya (Beban 35 Kg Pada Kapal Model)

Vs (m/s)	Rr kpl (kg)
3.35	6121.79
4.18	9197.31
5.02	12826.39
5.86	16991.49

Tabel 4.19 Hambatan Sisa Pada Kapal Sebenarnya (Beban 50 Kg Pada Kapal Model)

4.4.6 Perhitungan Hambatan Gesek Pada Kapal Sebenarnya (Rfs)

Untuk menghitung nilai hambatan gesek yang terjadi pada kapal sebenarnya (Rfs), pada prinsipnya sama dengan yang kita gunakan untuk menghitung hambatan gesek pada kapal model yaitu ;

$$R_{Fs} = \frac{\gamma_s}{1000} \cdot \zeta_{Fs} \cdot S_s \cdot V_s^{1,825}$$

Dimana,

γ_s = *specific density* pada kapal sebenarnya di suhu air 15°C = 1025 kg/m³

ζ_s = *friction coefficient* pada kapal sebenarnya

Vs = kecepatan pada kapal sebenarnya (m/s)

Ss₁ = 3826,9 m² (Pembebanan Kapal Model 35 Kg)

Ss₂ = 4532,5 m² (Pembebanan Kapal Model 50 Kg)

Namun karena adanya pengaruh dari bentuk badan kapal dan pengaruh kekasaran permukaan kapal model terhadap kapal sebenarnya sehingga diperlukan

adanya penambahan suatu faktor koreksi yang disebut dengan *roughness allowances* C_a .

Dimana berdasarkan Hamburg Model Basin,

$$\begin{aligned}
 Ca &= 0,35 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot Lpps \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots(4.7) \\
 &= 0,35 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 166,96 \cdot 10^{-6} \\
 &= 0,000061
 \end{aligned}$$

Sehingga Froude *coefficient* menjadi,

$$\zeta_{As} = \frac{C_A}{2 \cdot g \cdot 10^{-3} \cdot \lambda^{0,0875} \cdot V_m^{0,175}}$$

Maka di dapatkan nilai – nilai Froude *coefficient* berdasarkan kecepatan adalah sebagai berikut:

Vm (m/s)	ζ_{As}
0.40	0.000664
0.50	0.000639
0.60	0.000619
0.70	0.000602
0.80	0.000588

Tabel 4.20 Froude *Coefficient* tiap kecepatan

Setelah ditambahkan dengan faktor koreksi diatas maka rumus untuk mencari hambatan gesek pada kapal sebenarnya akan berubah menjadi sebagai berikut :

$$R_{Fs} = \frac{\gamma_s}{1000} \cdot (\zeta_{Fs} + \zeta_{As}) \cdot S_s \cdot V_s^{1,825} \dots\dots\dots(4.9)$$

Sehingga untuk masing-masing percobaan bisa diketahui besarnya hambatan gesek pada kapal sebenarnya seperti sebagai berikut :

Vs (m/s)	Rf kapal (Kg)
3.35	57099.16
4.18	78584.87
5.02	111502.95
5.86	155881.36
6.69	222299.84

Table 4.21 Hambatan Gesek Pada Kapal Sebenarnya (Pembelian Kapal Model 35 Kg)

V kapal (m/s)	Rf kapal (kg)
3.35	6121.79
4.18	9197.31
5.02	12826.39
5.86	16991.49

Table 4.22 Hambatan Gesek Pada Kapal Sebenarnya (Pembelian Kapal Model 50 Kg)

4.4.7 Perhitungan Hambatan Total Pada Kapal Sebenarnya (Rts)

Setelah kita mengetahui nilai hambatan gesek Rfs dan hambatan sisa Rrs pada kapal sebenarnya maka secara teori kita juga bisa mengetahui besarnya hambatan total yang terjadi pada kapal sebenarnya Rts.

Dimana,

$$R_{Ts} = R_{Fs} - R_{Rs} \dots\dots\dots(4.10)$$

Sehingga untuk masing-masing percobaan didapatkan besarnya nilai hambatan total pada kapal sebenarnya Rts seperti sebagai berikut :

Vs (m/s)	Vs (knot)	Rt kpl (kg)	Rt kpl (Ditempelkan Kulit Belut) (kg)
3.35	6.51	62436.17	41322.46
4.18	8.13	86603.13	61970.47
5.02	9.76	122685.08	92773.98
5.86	11.38	170694.64	142543.02
6.69	13.01	241199.04	213047.43

Table 4.23 Hambatan Total Pada Kapal Sebenarnya (Kondisi Pembebanan Kapal Model 35 Kg)

Vs (m/s)	V kapal (knot)	Rt kpl (kg)	Rt kpl (Ditempelkan Kulit Belut) (kg)
3.35	6.51	86418.32	68823.56
4.18	8.13	115536.51	94422.80
5.02	9.76	154751.19	128359.05
5.86	11.38	205836.34	175925.24

Table 4.24 Hambatan Total Pada Kapal Sebenarnya (Kondisi Pembebanan Kapal Model 50 Kg)

Dari Tabel 4.24 dan juga Tabel 4.25 maka dapat diolah menjadi presentase pengurangan hambatan gesek pada kapal dalam ukuran yang sebenarnya. Pengolahan data ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\Delta RTs}{RTs} = \frac{RTs' - RTs}{RTs} \times 100\%$$

Berikut ini adalah hasil pengolahan data dari data Tabel 4.23 dan Tabel 4.24:

V kapal (knot)	Rt kpl (Tanpa Ditempelkan Kulit Belut)	Rt kpl (Ditempelkan Kulit Belut)	% Rt kpl
6.51	62436.17	41322.46	33.82
8.13	86603.13	61970.47	28.44
9.76	122685.08	92773.98	24.38
11.38	170694.64	142543.02	16.49
13.01	241199.04	213047.43	11.67

Tabel 4.25 Presentase Hambatan Total Kapal Sebenarnya (Pembebanan Kapal Model 35 Kg)

V kapal (knot)	Rt kpl (Tanpa Ditempelkan Kulit Belut)	Rt kpl (Ditempelkan Kulit Belut)	% Rt kpl
6.51	86418.32	68823.56	20.36
8.13	115536.51	94422.80	18.27
9.76	154751.19	128359.05	17.05
11.38	205836.34	175925.24	14.53

Tabel 4.26 Presentase Hambatan Total Kapal Sebenarnya (Pembebanan Kapal Model 50 Kg)

Dari kedua tabel tersebut, dapat dilihat presentase hambatan total kapal sebenarnya hampir sama dengan presentase hambatan kapal model. Sehingga dapat diketahui pada saat kecepatan kapal yang diinginkan, maka dapat diketahui nilai dari hambatan total yang didapat oleh kapal tersebut.



4.5 ANALISA PERCOBAAN UJI TARIK

Secara garis besar percobaan yang dilakukan telah memenuhi kaedah-kaedah yang disyaratkan dalam percobaan kapal model, dimana tempat kondisi dilaksanakannya percobaan dikondisikan seideal mungkin misalnya seperti kondisi perairan yang tenang, tanpa gelombang dan tanpa adanya hembusan angin yang kencang. Namun meskipun kita telah mengkondisikan seideal mungkin tentunya masih ada hal-hal menyebabkan ketidak-telitian (error) dari hasil yang didapat pada kapal sebenarnya terutama kaitannya dengan hambatan gesek, hal ini terjadi dikarenakan beberapa hal yaitu :

1. Pengaruh dari bentuk badan kapal

Akibat dari aliran fluida yang bergerak menyelubungi badan kapal, maka terjadilah suatu keadaan dimana kecepatan partikel-partikel air yang menyelubungi badan kapal besarnya melebihi kecepatan maju kapal (advance speed). Keadaan tersebut terjadi pada sebagian besar daerah dari luas permukaan bidang basah kapal dan menyebabkan koefisien hambatan gesek kapal yang sebenarnya memiliki harga lebih besar bila dibandingkan terhadap modelnya.

2. Pengaruh kekasaran permukaan

Kekasaran permukaan dinding dari permukaan basah kapal yang sebenarnya jauh lebih besar dari kondisi kekasaran permukaan kapal model. Hal tersebut mengarah bahwa hambatan gesekan kapal yang sebenarnya menjadi lebih besar harganya.

Oleh karena adanya faktor-faktor ketidak telitian tersebut maka dalam perhitungan hambatan gesek kapal sebenarnya diperlukan adanya penambahan faktor koreksi *roughness allowances* Ca sebagai kompensasi dari *error-error* tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Pada kecepatan yang sama, gaya tegang tarik pada kapal model yang ditempelkan kulit belut mempunyai nilai tegangan tarik yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan yang terjadi pada kapal model yang tidak ditempelkan kulit belut. Semakin tinggi kecepatan kapal model, nilai presentase selisih antara tegangan tarik kapal model tanpa penempelan kulit belut jika kapal model yang ditempelkan kulit belut semakin lama semakin kecil.

Dengan dilakukan variasi pembebanan pada kapal model akan diketahui bahwa pemberian beban yang berbeda dapat menghasilkan perbedaan tegangan tarik seperti yang terlihat pada kurva hambatan dengan kecepatan yang berbeda.

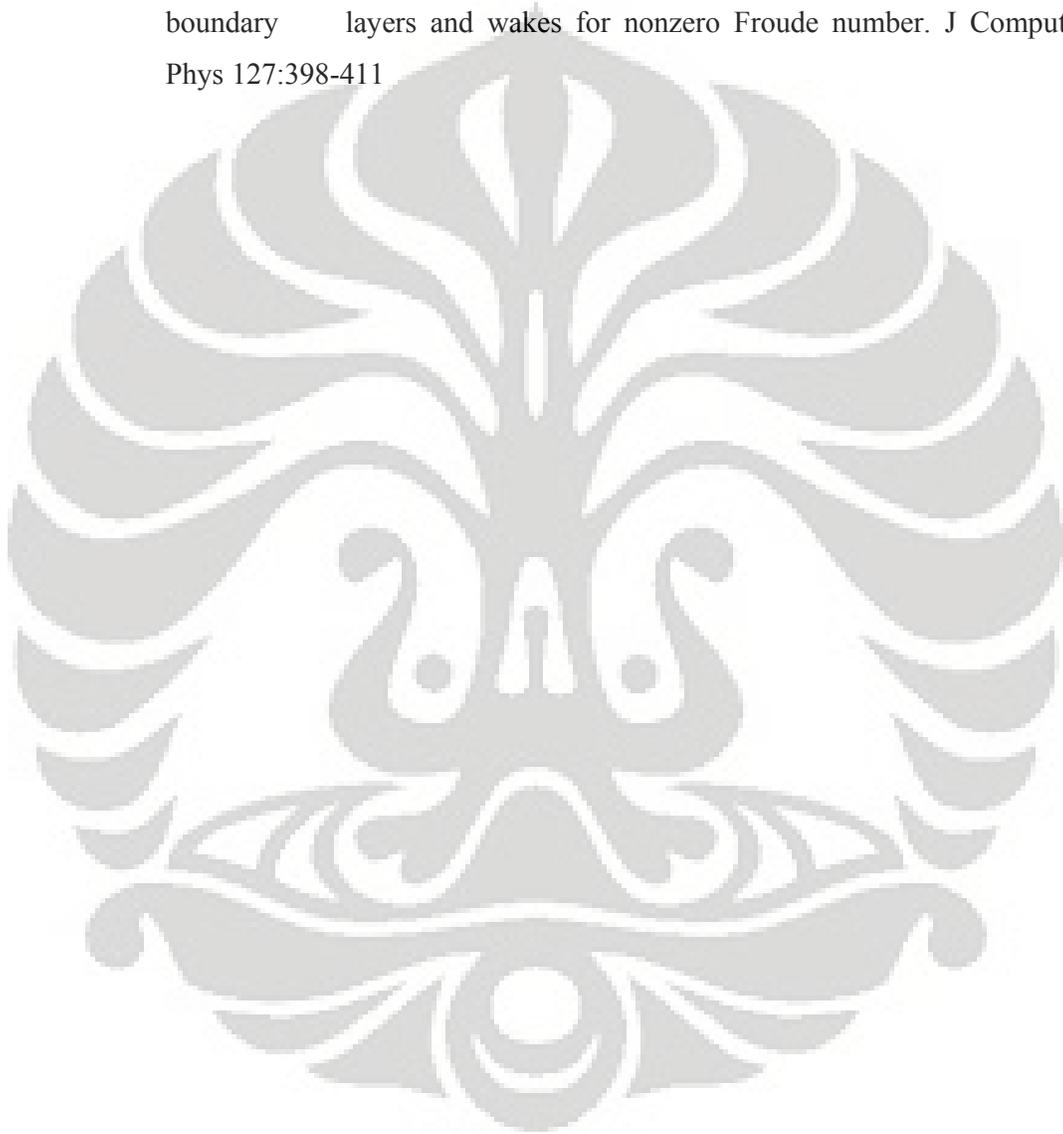
5.2 SARAN

Berikut ini saran dari Penulis:

- Agar mendapatkan data yang mendekati kapal sebenarnya, disarankan menggunakan towing tank yang proporsional untuk melakukan pengujian tarik.
- Untuk mengetahui fenomena yang mungkin lebih baik, hendaknya dilakukan penelitian penempelan belut 50% dan 100% dari panjang garis air.

DAFTAR ACUAN

- [1] http://www.student.unimaas.nl/a.andono/global_warming.html
- [2] Tahara Y, Stern F (1996) A large-domain approach for calculating ship boundary layers and wakes for nonzero Froude number. J Comput Phys 127:398-411



DAFTAR PUSTAKA

- MT, Ir. Marcus A. Talahatu., *Teori Merancang Kapal*, FT, UI, Jakarta, 1985.
- Harvald, Sv.Aa., *Tahanan dan Propulsi Kapal*, Airlangga University Press, Surabaya, 1992.
- Sastrodiwongso, Teguh, *Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak*, 1998
- Smith, Munro R., *Applied Naval Architecture*, Longmans, 1967.
- Holtrop, J dan Mennen, G.G.J. (1982), *An approximate Power Prediction Method, Publication No. 689 of the NSMB-Wageningen International Shipbuilding Progress*, Rotterdam.
- Tahara Y, Stern F (1996) A large-domain approach for calculating ship boundary layers and wakes for nonzero Froude number. *J Comput Phys* 127:398-411
- McCormick, M.E. and Bhattacharyya, R., 1973, "Drag reduction of a Submersible Hul by Electrolysis", *Naval Engineers Journal*, Vol.85, No.2, pp.11-16.

TABEL DATA PERCOBAAN

Waktu (s)	Pembebanan 35 Kg			
	Tanpa Penempelan Kulit Belut			
	Tegangan Tali (Kg)			
0	0	0	0	0
1	0.32	0.38	1.66	1.23
2	0.34	0.3	1.01	1.12
3	0.08	0.18	1.39	1.01
4	0.1	0.18	2.18	0.92
5	0.17	0.25	1.68	1.23
6	0.16	0.2	1.07	0.94
7	0.13	0.25		0.91
8	0.17	0.26		0.92
9	0.17	0.26		
10	0.15	0.31		
11	0.19	0.32		
12	0.18	0.42		
13	0.18	0.42		
14	0.19	0.44		
15	0.19			
16	0.19			
17	0.22			
18	0.22			

S=				7
v=	0.388889	0.5	1.166667	0.875
T=	0.176316	0.278	1.284286	0.92

Waktu (s)	Pembebanan 35 Kg			
	Dengan Penempelan Kulit Belut			
	Tegangan Tali (Kg)			
0	0	0	0	0
1	0.18	0.38	0.65	0.62
2	0.15	0.05	0.14	0.54
3	0.1	0.02	0.34	0.94
4	0.1	0.04	0.14	0.78
5	0.06	0.14	0.36	1
6	0.06	0.09	0.18	1.23
7	0.08	0.08	0.27	1.4
8	0.07	0.06	0.31	1.4
9	0.07	0.08	0.23	
10	0.06	0.08	0.26	
11	0.06	0.06	0.29	
12	0.07	0.08	0.28	
13	0.07	0.07	0.29	
14	0.07	0.06	0.33	
15	0.06	0.09	0.3	
16	0.06	0.07		
17	0.06	0.09		
18	0.08	0.08		
19	0.04	0.08		
20	0.04	0.08		
21	0.07	0.07		
22	0.06	0.08		
23	0.04	0.08		
24	0.05	0.09		
25	0.07	0.05		
26	0.03			
27	0.03			
28	0.08			

S=				7
v=	0.25	0.28	0.466667	0.875
T=	0.067931	0.082692	0.273125	0.878889

Waktu (s)	Pembebanan 50 Kg				
	Tanpa Penempelan Kulit Belut				
	Tegangan Tali (Kg)				
0	0	0	0	0	0
1	0.77	0.48	0.47	0.06	0.22
2	0.61	0.3	0.36	0.07	0.34
3	0.44	0.25	0.23	0.13	0.33
4	0.76	0.25	0.34	0.16	0.19
5	0.67	0.3	0.38	0.11	0.18
6	0.94	0.29	0.33	0.11	0.31
7	0.94	0.31	0.38	0.13	0.24
8	1.21	0.32	0.33	0.1	0.25
9	1.34	0.38	0.38	0.15	0.27
10		0.4	0.37	0.17	0.23
11		0.47	0.42	0.11	0.25
12		0.51	0.43	0.12	0.27
13		0.54	0.48	0.15	0.23
14			0.51	0.19	0.25
15			0.55	0.08	0.26
16				0.15	0.22
17				0.09	0.26
18				0.13	0.22
19				0.13	0.22
20				0.12	0.23
21				0.14	0.24
22				0.11	0.23
23				0.13	0.23
24				0.09	0.24
25				0.07	0.24
26				0.19	
27				0.11	
28				0.12	
29				0.14	
30				0.09	
31				0.11	
32				0.16	
33				0.05	
34				0.14	
35				0.04	

Waktu (s)	Pembebanan 50 Kg				
	Dengan Penempelan Kulit Belut				
	Tegangan Tali (Kg)				
0	0	0	0	0	0
1	0.29	0.29	0.88	0.54	
2	0.36	0.3	0.69	0.32	
3	0.28	0.19	0.75	0.43	
4	0.2	0.14	0.9	0.5	
5	0.09	0.26	1.04	0.43	
6	0.16	0.16	1.24	0.55	
7	0.17	0.2	1.47	0.55	
8	0.13	0.23	1.54	0.43	
9	0.21	0.2		0.54	
10	0.17	0.22		0.43	
11	0.17	0.24		0.55	
12	0.19	0.26		0.34	
13	0.19	0.26			
14	0.25	0.27			
15	0.27	0.3			
16	0.26	0.34			
17	0.29				
18	0.29				

S=	7			
v=	0.388889	0.4375	0.875	0.636364
T=	0.208947	0.227059	0.945556	0.431538

S=	7				
v=	0.777778	0.538462	0.466667	0.2	0.28
T=	0.768	0.342857	0.3725	0.115278	0.236538