



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI HAMBATAN TOTAL KAPAL MODEL MENGGUNAKAN
PRINSIP UJI TARIK KAPAL MODEL DENGAN DAN TANPA
PENEMPELAN KULIT BELUT 25% DARI HALUAN DAN VARIASI
SUDUT TRIM BY STERN $1,96^{\circ}$ DAN $2,84^{\circ}$**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

FUAD UMAR PAISAL
0606077775

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN TEKNI PERKAPALAN
DEPOK
JANUARI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fuad Umar Paisal

NPM : 0606077775

Tanda Tangan : 

Tanggal : 10 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Fuad Umar Paisal
NPM : 0606077775
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Studi Hambatan Total Kapal Model Menggunakan Prinsip Uji Tarik Kapal Model Dengan Dan Tanpa Penempelan Kulit Belut 25% Dari Haluan Dan Variasi Sudut Trim By Stern $1,96^0$ Dan $2,84^0$

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 : Ir. Hadi Tresna Wibowo



Penguji : Ir. Mukti Wibowo



Penguji : Dr. Ir. Sunaryo



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



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 10 Januari 2011

KATA PENGANTAR/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 Program Studi 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, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Ibu, Ayah, adik dan keluarga besar saya tercinta yang telah memberikan dukungan berupa dukungan material, moral, dan doa;
- (2) Bapak M.A. Talahatu, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Bapak Sunaryo, Hadi Tresno Wibowo, dan Bapak Yanuar, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran pada skripsi ini;
- (4) Shelly Nicko Martha Putri, SH yang telah memberikan dukungan, motivasi dan doa untuk segera menyelesaikan kuliah
- (5) Gunawan Atmadja, ST, M. Baqi, ST, Elisabius, Ahmad Safin, Raja Jr, E. Dipta, Dhiki R, Ardiyanto B yang telah membantu dalam pengulitan belut dan pengambilan data;
- (6) Segenap teman-teman angkatan 2006 teknik mesin dan teknik perkapalan yang sudah lulus maupun akan lulus yang telah menghabiskan waktu bersama selama perkuliahan di fakultas teknik;
- (7) Reza K, Ricky R, Panji, Ilham R, Septian, Anggariawan, Heri P, Arga, Arya, Aldoy, Anton, Rendi K, Hadi M, Andri, Sriyanto, Tegar P, Syaiful, Danu, Cakra, Dabang, Iyos, Singgih, Faruk, Pras yang telah menemani dalam penyelesaian skripsi.
- (8) Para segenap pegawai DTM FTUI yang telah membantu sehingga percobaan dapat berlangsung dan memberikan dukungan akan pengerjaan skripsi ini;;

(9) Semua teman-teman yang sudah dengan suka rela menanyakan kabar dari skripsi ini.

Semoga ALLAH SWT membalas semua segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi perkembangan ilmu. Kupersembahkan skripsi ini kepada sang Khaliq dan orang-orang yang saya cintai.

Depok, 10 Januari 2011

Fuad Umar Paisal
NPM : 0606077775



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

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

Nama : Fuad Umar Paisal
NPM : 0606077775
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 :

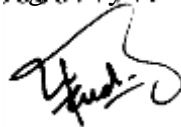
STUDI HAMBATAN TOTAL KAPAL MODEL MENGGUNAKAN PRINSIP UJI TARIK KAPAL MODEL DENGAN DAN TANPA PENEMPELAN KULIT BELUT 25% DARI HALUAN DAN VARIASI SUDUT TRIM BY STERN $1,96^{\circ}$ DAN $2,84^{\circ}$

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

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 10 Januari 2011

Yang menyatakan,

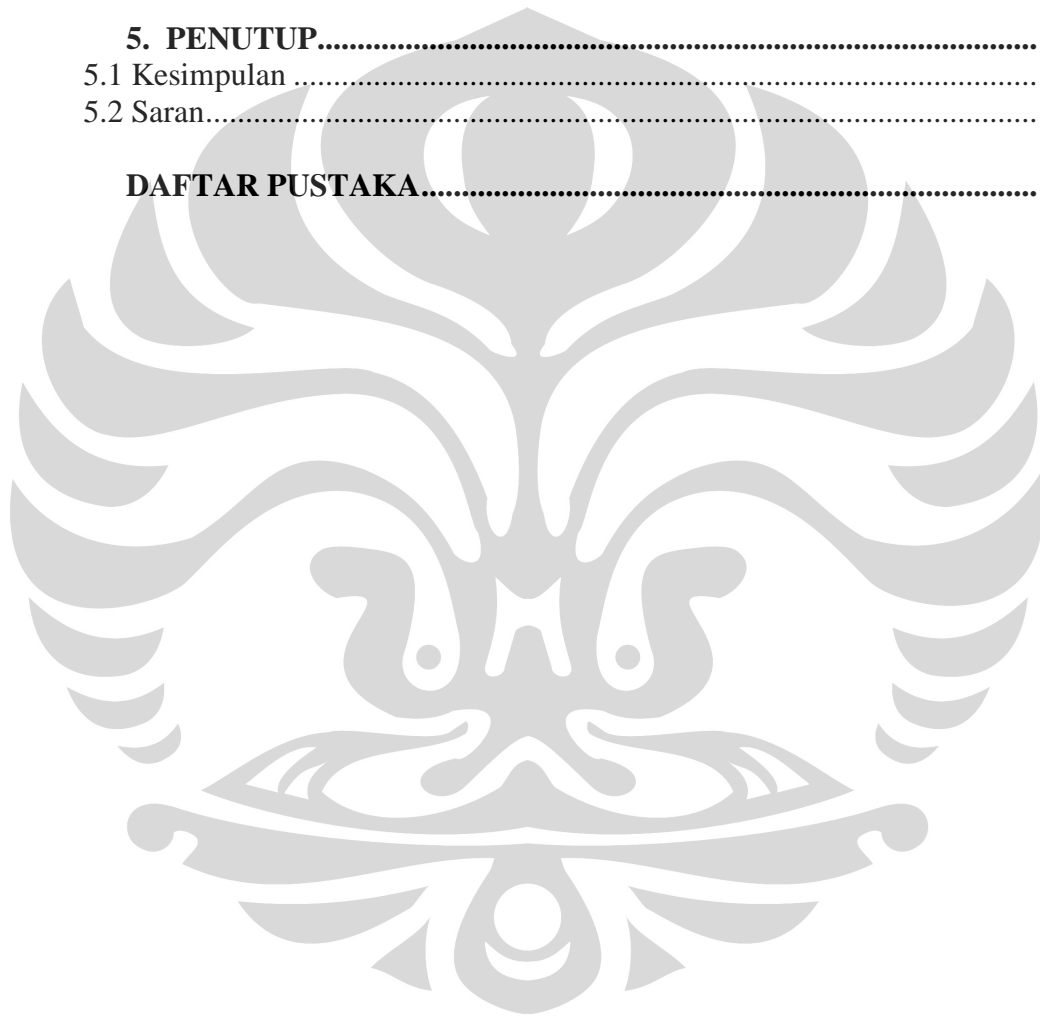


(Fuad Umar Paisal)

DAFTAR ISI

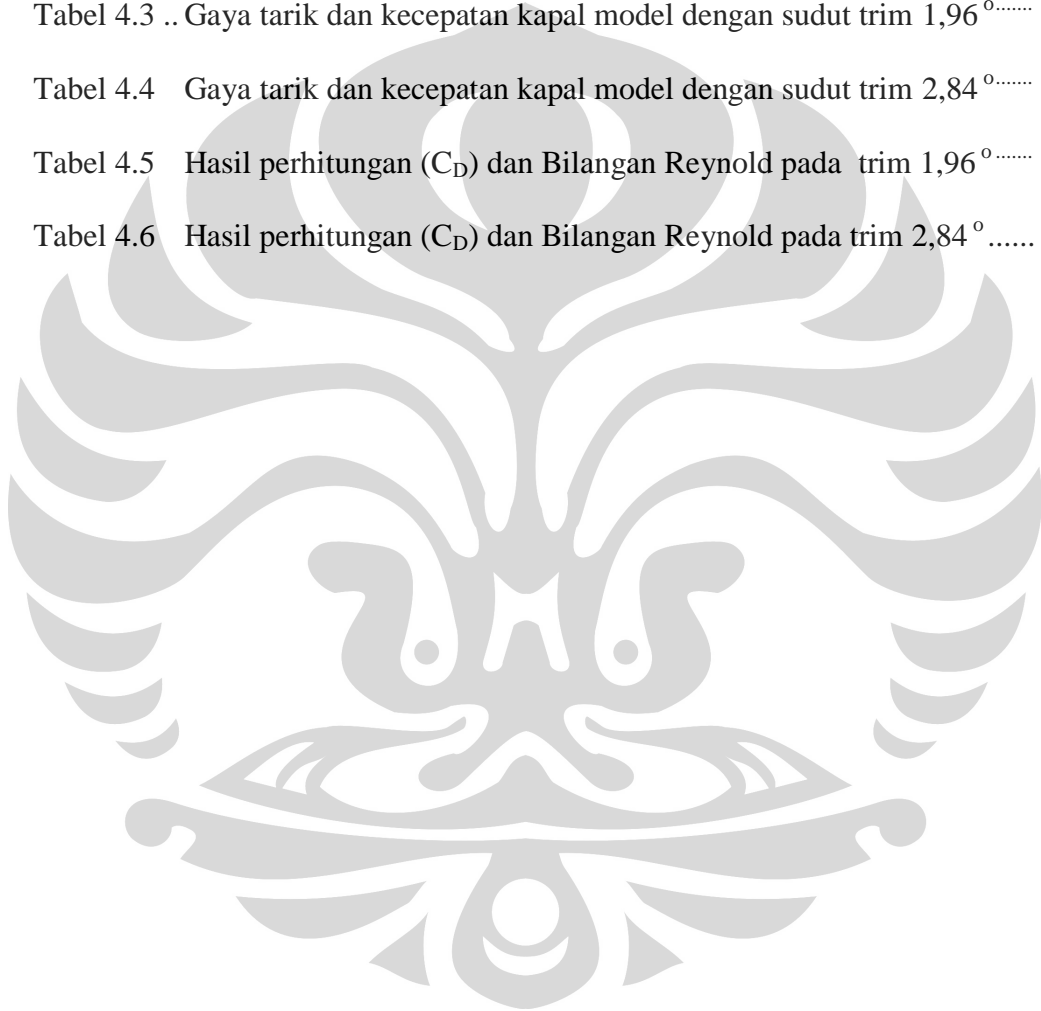
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Metode Penelitian	3
1.4.1 Studi Literatur	3
1.4.2 Perancangan Alat Uji Penelitian	3
1.4.3 Proses Fabrikasi dan Instalasi	3
1.4.4 Proses Pengujian dan Modifikasi	4
1.4.5 Proses Pengambilan dan Pengolahan Data	4
1.4.6 Penyusunan Laporan	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
2. LANDASAN TEORI	6
2.1 Hambatan (<i>Resistance</i>)	6
2.2 Hambatan Gesek	7
2.2.1 Koefisien Gesek	9
2.3 Hambatan Sisa	11
2.4 Bilangan Reynolds	11
2.5 Polimer	12
3. SET UP ALAT DAN HASIL PERCOBAAN	13
3.1 Spesifikasi Uji Tarik	13
3.1.1 Kapal Model	13
3.1.2 Alat Penarik Kapal Model	15
3.1.3 AC Voltage Regulator	17
3.1.4 Pull Force Gauge	17
3.1.5 Beban	17
3.1.6 Digital Kamera	18
3.1.7 Kulit Belut	18
3.2 Prosedur Uji Tarik	19
3.3 Hasil Percobaan	20

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS	22
4.1 Perhitungan Koefisien Drag dan Bilangan Reynolds pada Kapal Model	22
4.2 Analisis Nilai Koefisien Drag dan Bilangan Reynolds pada Kapal model	24
4.3 Perhitungan Pengurangan Hambatan Total Kapal Model (DR %)	25
4.4 Analisis Nilai Hambatan Total (R_{TM}) Terhadap Kecepatan Kapal Model.....	27
4.5 Analisis Percobaan Uji Tarik Menggunakan Lendir Kulit Belut pada Kapal Model.....	28
5. PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	31



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Hasil pengujian tarik kapal model dengan sudut trim $1,96^\circ$	20
Tabel 3.2	Hasil pengujian tarik kapal model dengan sudut trim $2,84^\circ$	21
Tabel 4.1	Hasil perhitungan (C_D) dan bilangan reynolds pada trim $1,96^\circ$	23
Tabel 4.2	Hasil perhitungan (C_D) dan bilangan reynolds pada trim $2,84^\circ$	23
Tabel 4.3	.. Gaya tarik dan kecepatan kapal model dengan sudut trim $1,96^\circ$	25
Tabel 4.4	Gaya tarik dan kecepatan kapal model dengan sudut trim $2,84^\circ$	25
Tabel 4.5	Hasil perhitungan (C_D) dan Bilangan Reynold pada trim $1,96^\circ$	46
Tabel 4.6	Hasil perhitungan (C_D) dan Bilangan Reynold pada trim $2,84^\circ$	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen hambatan pada kapal	6
Gambar 2.2 Aliran pada dua buah pelat	7
Gambar 3.1 Skemasi percobaan.....	13
Gambar 3.2 Kapal model	14
Gambar 3.3 Rancangan garis kapal model.....	14
Gambar 3.4 Kurva hidrostatik kapal model.....	15
Gambar 3.5 Alat penarik kapal model	16
Gambar 3.6 AC voltage regulator	17
Gambar 3.7 Kamera digital.....	18
Gambar 3.8 Kulit belut.....	18
Gambar 3.9 Proses penempelan kulit belut.....	19

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
R_{TM}	Hambatan Kapal Model Tanpa Penempelan Kulit Belut	Kg
R_{TM}'	Hambatan Kapal Model Dengan Penempelan Kulit Belut	Kg
V	Kecepatan Kapal	m/s
S	Permukaan Basah	m^2
C_D	Koefisien Drag	
ρ	Massa Jenis	Kg/m^3
Re	Bilangan Reynolds	
μ	Viskositas Dinamik	$Kg.s/m^2$
ν	Viskositas Kinematik	Kg^2/s

ABSTRAK

Nama : Fuad Umar Paisal
Program Studi : Naval Architecture
Judul : Studi Hambatan Total Kapal Model Menggunakan Prinsip Uji Tarik Kapal Dengan Dan Tanpa Penempelan Kulit Belut 25% Dari Haluan Dan Variasi Sudut Trim By Stern $1,96^0$ dan $2,84^0$

Pemanasan global dan krisis energi telah mendorong manusia untuk menemukan cara mengatasinya. Pengurangan konsumsi bahan bakar fosil dan penerapan *green technology* berkembang pesat saat ini. Pada kapal telah diteliti dan ditemukan cara untuk mengurangi hambatan seperti penggunaan *microbubbles*, *surfactant*, dan *polymer*. Penggunaan bahan *surfactant* dan *polymer* sintesis yang berbasiskan rantai karbon yang terbukti mampu mengurangi hambatan kapal. Namun penggunaannya memiliki dampak buruk terhadap lingkungan, sehingga beberapa polimer alam (*biopolymer*) mulai dikembangkan seperti getah karet latex dan kulit ikan hiu yang menurut hasil penelitian mampu mengurangi hambatan pada kapal. Pada penelitian ini digunakan lendir kulit belut (*Monepterus Albus*) yang ditempelkan sepanjang 25% panjang kapal pada bagian haluan kapal model. Metode yang dilakukan adalah melakukan pengujian tarik kapal model pada kolam dengan variasi kecepatan melalui pengaturan voltase yaitu 75V, 85V, dan 100V serta sudut *trim by stern* $1,96^0$ dan $2,84^0$. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya hambatan total kapal model pada kecepatan tertentu, kemudian dibandingkan dengan hambatan total kapal model kondisi tanpa penempelan kulit belut. Dengan melakukan perbandingan maka akan diketahui seberapa besar pengaruh penempelan kulit belut terhadap pengurangan hambatan total kapal model. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kulit belut berpengaruh terhadap pengurangan hambatan kapal model pada saat kecepatan kapal model lebih besar dari 0,85 m/s.

Kata kunci:

Hambatan, Uji Uarik, *Biopolymer*, *Drag Reduction*, *Monepterus Albus*, Kapal Model

ABSTRACT

Name : Fuad Umar Paisal

Study Program : Naval Architecture

Title : Study Of Ship Model's Resistance Based On Ship Model's
Pulling Test Principle With And Without Attching Eel Skin 25 %
Of Bow And Variation Angle Trim By Stern $1,96^0$ Dan $2,84^0$

Global warming and energy crisis has prompted people to find ways to overcome them. Reducing fossil fuel consumption and application of green technology thriving today. On the ship has been investigated and found ways to reduce resistance such as microbubbles, surfactant, and polymer. The use of surfactants and polymer materials based on carbon chain synthesis which proved capable of reducing resistance to the ship. However they have adverse environmental impacts, so that some natural polymers (biopolymer) began to be developed such as latex rubber latex and leather shark which, according to research results to reduce resistance to the ship. In this study be used eel skin mucus (*Monepterus Albus*), which posted a 25% length of the ship on the bow of the ship model. The method is carried out pulling tests on the model boat pond with a variation of speed through the voltage setting is 75V, 85V, and 100V and corner trim by stern 1.96^0 and 2.84^0 . Pulling testing conducted to determine the resistance of the total ship model at a certain speed, then compared with total resistance vessel model without annealing conditions eel skin. By doing a comparison would show how much influence eel skin sticking to the reduction in total resistance model ships. From the research result shows that eel skins have influence on reducing resistance to the ship model ship model at speeds greater than 0.85 m /s.

Keywords:

Resistance, Towing test, Biopolymer, Drag Reduction, Monepterus Albus, Ship models

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Peningkatan aktivitas manusia di muka bumi telah mendorong terjadinya pemanasan global (Global Warming) dan krisis energi. Global Warming adalah peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyimpulkan bahwa, sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia[1] melalui efek rumah kaca. Salah satu konsentrasi gas rumah kaca adalah CO₂, yang merupakan hasil pembakaran bahan bakar fosil. Kondisi ini telah memotivasi orang-orang untuk mencari solusi dalam pengurangan konsumsi bahan bakar fosil. Dengan menahani konsumsi bahan bakar fosil maka akan dapat menambah persediaan bahan bakar fosil sehingga mencegah terjadinya krisis energi dan juga akan mengurangi produksi gas CO₂ yang mengakibatkan efek rumah kaca.

Kapal merupakan alat transportasi yang berperan penting dalam perdagangan dunia. Kemampuannya untuk membawa muatan dalam jumlah besar serta kemampu jelajahan di berbagai kondisi laut di dunia membuat transportasi kapal lebih digunakan daripada transportasi lain. Namun, kapal telah menjadi salah satu penghasil gas CO₂, yang menyebabkan terjadinya efek rumah kaca.

Hal inilah yang menjadi latar belakang penelitian ini yaitu mengurangi konsumsi bahan bakar kapal dengan cara mengurangi hambatan gesek kapal itu sendiri (Drag Reduction). Hambatan gesek pada kapal sangat berpengaruh terhadap penggunaan daya mesin. Metode populer yang digunakan saat ini dalam pengurangan hambatan gesek yaitu dengan penambahan *polymer* dan *microbubbles* pada lambung kapal. Pada penelitian kali ini difokuskan pada penambahan *polymer*.

Polymer adalah molekul besar (makromolekul) yang terbangun oleh susunan unit ulangan kimia yang kecil, sederhana dan terikat oleh ikatan kovalen.

Unit ulangan ini biasanya setara atau hampir setara dengan monomer yaitu bahan awal dari *polimer*. Ada dua jenis polimer menurut sumbernya yaitu polimer alami dan sintetis. Penggunaan *polymer* terbukti dapat mengurangi hambatan yang dibuktikan oleh para pakar dan peneliti, seperti poly (ethylene oxide). Namun, dalam penelitian kali ini digunakan polimer alami yang berasal dari kulit belut (*Monepterus Albus*). Penggunaan polimer sintetis memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan, sehingga jenis polimer alami (*biopolymer*) diharapkan digunakan sebagai pengganti polimer sintetis karena lebih ramah terhadap lingkungan.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh dari lendir kulit belut yang ditempelkan 25% panjang kapal model pada haluan terhadap nilai hambatan total dibandingkan dengan hambatan total kondisi kapal model tanpa lendir kulit belut pada saat uji tarik.

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari hal-hal yang tidak perlu atau di luar lingkup penelitian. Adapun pembahasan masalah yang dilakukan adalah:

- Kapal model yang ditarik adalah kapal berjenis “Bulk Cargo Motor Vessel” skala 1:70 dengan dimensi:

LPP	=	2385 m
B	=	323 mm
T	=	190 mm
Cb	=	0,758

Kapal merupakan kapal model yang sudah ada di laboratorium

- Motor penarik menggunakan motor listrik dengan rpm 1400 yang dipasang inverter, dilengkapi dengan dudukan, tali, dan gulungan penarik berdiameter 12 cm

- Kolam percobaan uji tarik bukanlah kolam percobaan towing tank yang standar dan baku, tetapi menggunakan kolam renang umum dengan L : 20 m, B : 8 m, D : 4 m
- Variasi kecepatan Kapal model dengan merubah voltage motor.
- Variasi trim kapal model
- 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

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan uji tarik pada kapal model, setiap uji tarik data yang diambil adalah gaya tarik, waktu, trim dan *draught* kapal model. Data-data tersebut dikumpulkan untuk kemudian dianalisa dan dipresentasikan dalam bentuk grafik untuk diambil kesimpulan. Metode pengumpulan data yang dilakukan meliputi

1.4.1 Studi Literatur

Studi ini dilakukan untuk mendapatkan informasi dan data-data teoritis serta perkembangan penelitian serupa melalui buku-buku, jurnal, artikel, skripsi dan literatur lainnya yang berhubungan penelitian ini.

1.4.2 Perancangan Alat Uji Penelitian

Perancangan alat uji yaitu perancangan mekanisme penarik model kapal berserta alat ukur dengan menggunakan kapal model laboratorium yang sudah ada dan perancangan letak penempelan kulit belut (*Monepterus Albus*) pada lambung kapal model.

1.4.3 Proses Fabrikasi dan Instalasi

Setelah perancangan langkah selanjutnya adalah perakitan alat uji menjadi satu kesatuan sesuai dengan rancangan alat pengujian.

1.4.4 Proses Pengujian dan Modifikasi

Setelah ala uji penelitian menjadi satu kesatuan, uji coba dilakukan dan bila perlu dilakukan beberapa perubahan dan modifikasi untuk mendapatkan hasil pengujian yang maksimal

1.4.5 Proses Pengambilan dan Pengolahan Data

Pengambilan data dilakukan di kolam renang umum dengan tahapan uji tarik sebagai berikut:

- Uji tarik kapal model tanpa penempelan kulit belut (*Monepterus Albus*) pada lambung
- Uji tarik kapal model dengan penempelan kulit belut (*Monepterus Albus*) pada lambung

Setiap tahapan pengujian di atas dilakukan dengan variasi berikut:

- Variasi Voltage motor : 75 V, 85 V, dan 100 V
- Variasi sudut Trim by stern α : $1,96^{\circ}$ dan $2,84^{\circ}$

Data-data yang diperoleh kemudian diolah lagi agar didapat perbandingan gaya tarik pada masing-masing variasi.

1.4.6 Penyusunan Laporan

Pada tahap ini, seluruh data percobaan, hasil pengolahan data dan literatur pendukung dirangkum dan disusun ke dalam bentuk tulisan sebagai bentuk laporan hasil penelitian.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini terbagi dalam beberapa bab yang dijelaskan secara ringkas sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini merupakan penjelasan teoritis berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB 3 SET UP ALAT DAN PENGUJIAN

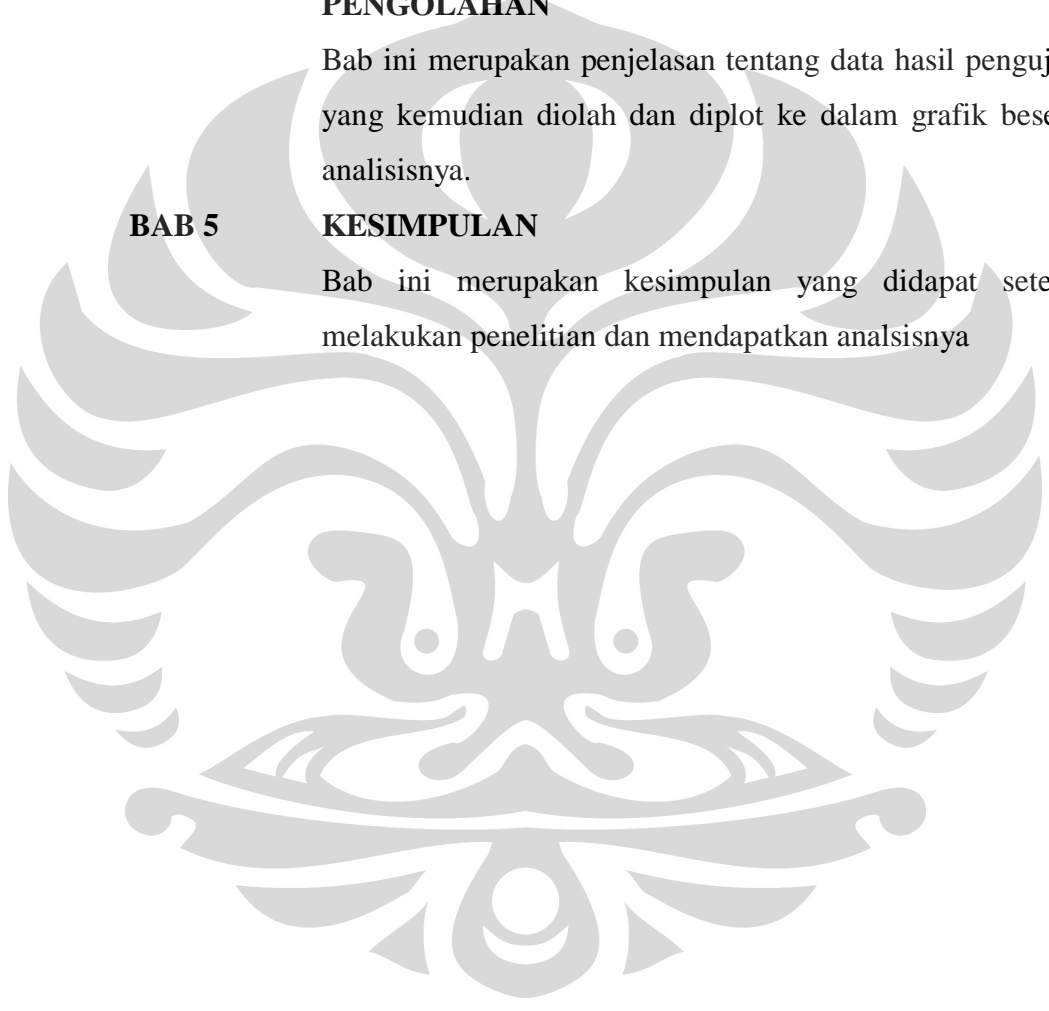
Bab ini merupakan penjelasan tentang rangkain alat beserta komponen-komponen yang dipakai serta prosedur pengujian yang dilakukan.

BAB 4 METODE PENGAMBILAN DATA DAN PENGOLAHAN

Bab ini merupakan penjelasan tentang data hasil pengujian yang kemudian diolah dan diplot ke dalam grafik beserta analisisnya.

BAB 5 KESIMPULAN

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



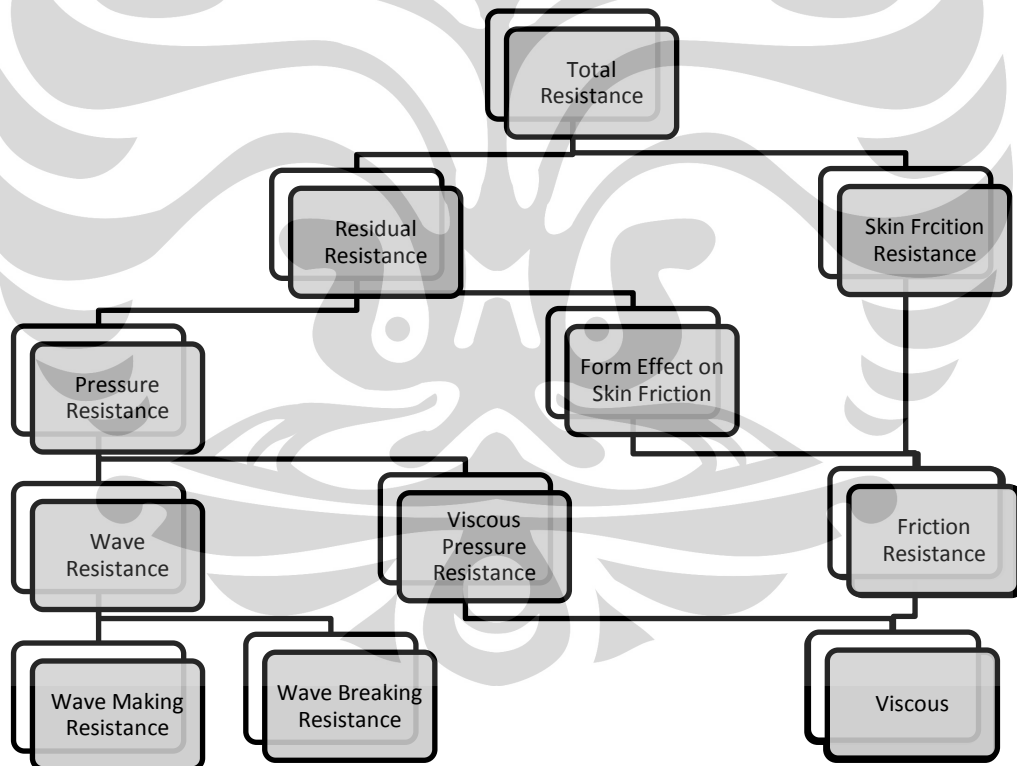
BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 HAMBATAN (*RESISTANCE*)

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

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



Gambar 2.1 Komponen hambatan pada kapal

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

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

dan,

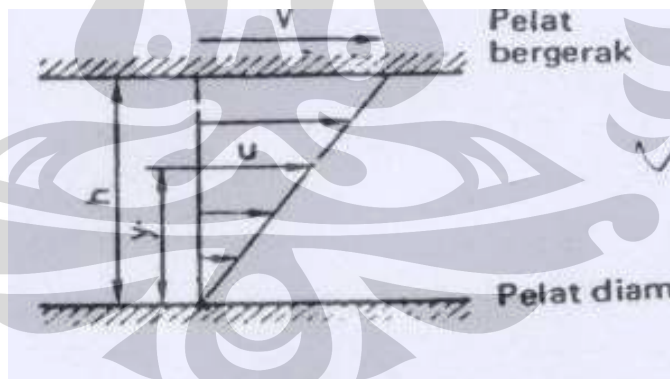
$$C_T = C_F + C_R \dots\dots\dots (2.2)$$

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

2.2 HAMBATAN GESEK

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

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



Gambar 2.2 Aliran pada dua buah pelat

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

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

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

V adalah kecepatan pelat yang bergerak.

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

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

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

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

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

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

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

Dengan C_F adalah hambatan gesek spesifik atau koefisien gesek.

2.2.1 Koefisien Gesek

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

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

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

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

Dimana ;

- f : Koefisien gesek papan
- S : Luas total permukaan
- V : Kecepatan papan
- n : Indeks yang merupakan pangkat kenaikan R_F

Selanjutnya rumus tersebut dilengkapi oleh R.E Froude menjadi :

$$R_F = f \cdot S \cdot V^{1,825} \dots\dots\dots (2.9)$$

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

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

Dimana ;

- γ : Berat jenis dalam kg/m
- λ : Koefisien tahanan gesek
- S : Luas permukaan basah
- V : Kecepatan dalam m/detik

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

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

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

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

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

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

$$C_F = \frac{R_F}{\frac{1}{2}\rho.S.V^2} = \frac{\left(\frac{\gamma g \lambda}{1000}\right).S.V^{1,825}}{\frac{1}{2}\rho.S.V^2}$$
$$C_F = 2 \times 10^{-3} \lambda . g . V^{-0,175} \dots\dots\dots (2.15)$$

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

Tangki percobaan di seluruh dunia telah memikirkan untuk membuat suatu cara yang seragam untuk menghitung gesekan permukaan dan untuk mengembangkan data yang diperoleh dari model ke ukuran kapal yang sebenarnya. Banyak usulan yang dipelajari oleh The International Towing Tank

Conference (ITTC) dan tahun 1957 memberikan persetujuan pada rumus berikut ini :

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

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

2.3 HAMBATAN SISA

Hambatan sisa merupakan gabungan dari hambatan gelombang, hambatan bentuk, hambatan udara dan juga hambatan tambahan. Dalam berbagai metode perhitungan hambatan total, dikenal dua buah komponen hambatan, yaitu hambatan gesek dan hambatan sisa. Untuk proses analisa penghitungan cukup menggunakan dua buah komponen hambatan, yang memang saat ini populer digunakan untuk menghitung hambatan total kapal melalui percobaan kapal model, metode tersebut adalah "Metode Froude".

2.4 BILANGAN REYNOLDS

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

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

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

Dimana ;

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

ϑ : Viskositas kinematik (m^2/s)

2.5 POLIMER

Polimer merupakan suatu molekul raksasa atau makro molekul. Suatu polimer terbuat dari ribuan satuan berulang dari bagian kecil yang disebut monomer. Selanjutnya monomer-monomer itu akan bereaksi dengan menghasilkan polimerisasi dimer (dua bagian) dan kemudian menjadi trimer, tetramer dan akhirnya setelah sederetan tahap reaksi akan menghasilkan molekul polimer.

Berdasarkan asalnya polimer dapat dibagi menjadi dua yaitu polimer sintesis dan polimer alam. Polimer sintesis adalah polimer buatan seperti nylon, polyester, kantong plastik dan botol. Sedangkan polimer alam adalah polimer yang berasal dari alam seperti protein, wool, kitin pada kerangka luar serangga, jaring laba-laba, karet, lendir binatang, dan lain-lain. Beberapa penelitian telah dilakukan dan menyimpulkan bahwa penggunaan polimer pada kapal model telah memberikan efek pengurangan hambatan yang cukup signifikan sehingga penelitian tentang penggunaan polimer terus menerus berkembang.

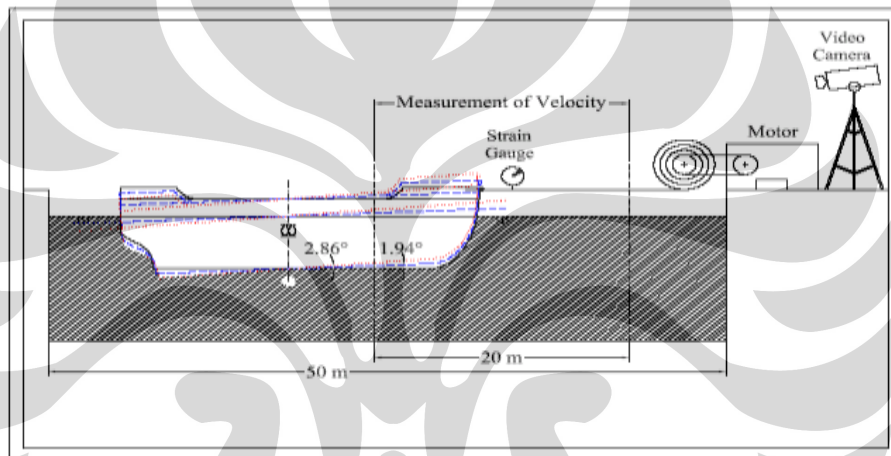
Sifat polimer sintesis tidak terlalu ramah lingkungan untuk digunakan sehingga dikembangkan polimer alam untuk menggantikan polimer sintesis untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan.

BAB 3

SET UP ALAT DAN HASIL PERCOBAAN

3.1 SPESIFIKASI UJI TARIK

Ekeperimen dilakukan di dalam kolam renang dengan ukuran kolam percobaan panjang 15 meter, lebar 7 meter, dan kedalaman 3 meter. Pengujian dilakukan dengan cara menarik kapal menggunakan tali dimana gulungan tali dihubungkan pada motor yang diatur tegangannya guna mendapatkan variasi putaran motor.



Gambar 3.1 Skemasi percobaan

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

3.1.1 Kapal Model

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

- LPP : 2385 mm
- LWL : 2403 mm
- LOA : 2456 mm
- B : 323 mm
- H : 181 mm

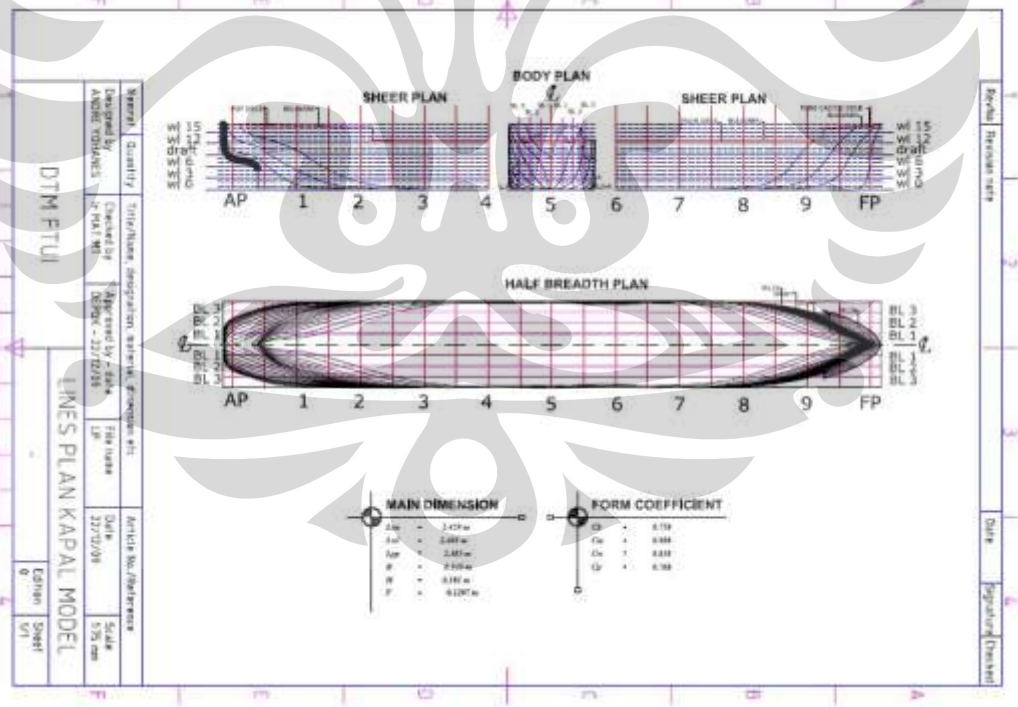
T : 128 mm

Cb : 0,758

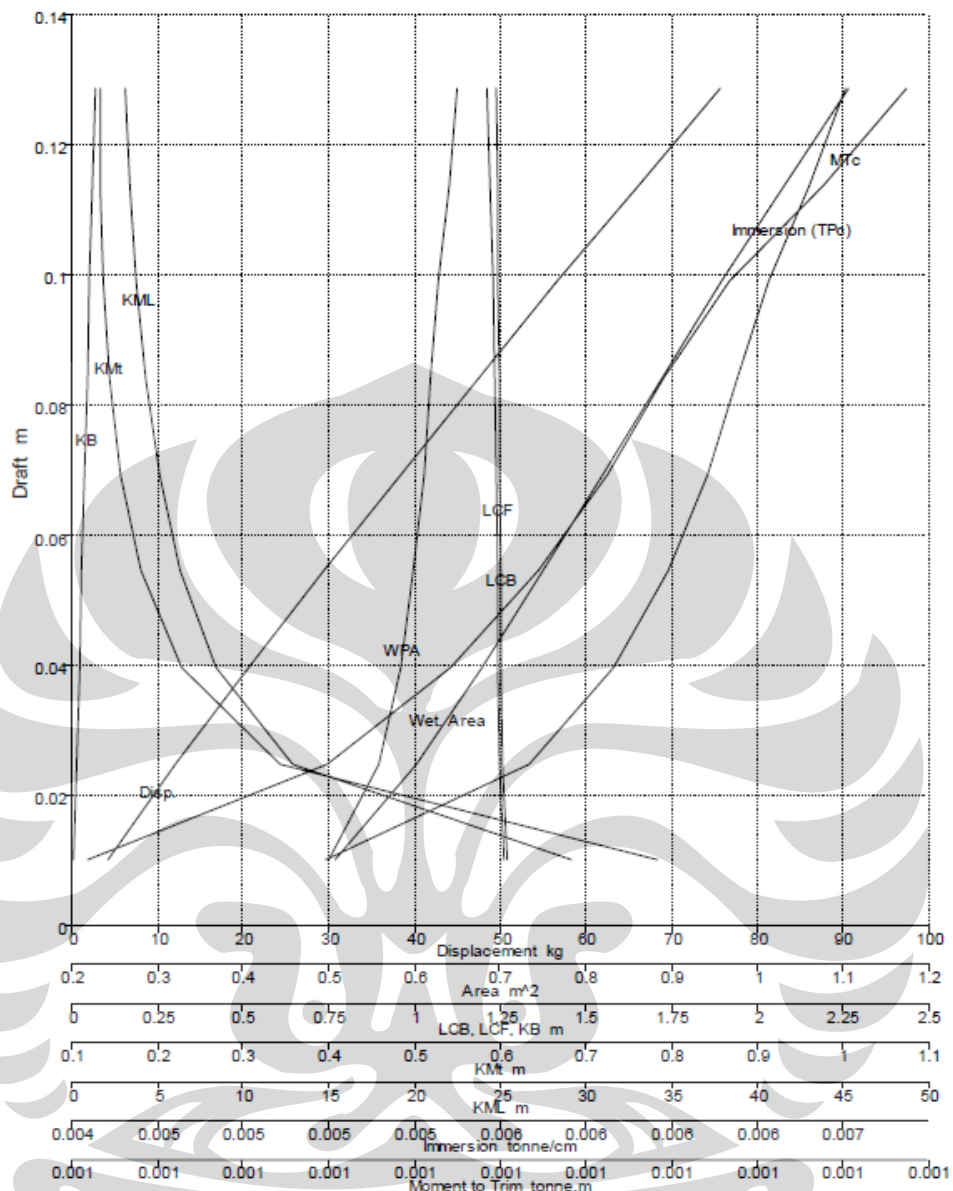


Gambar 3.2 Kapal Model

Berikut karakteristik ini adalah karakteristik kapal model:



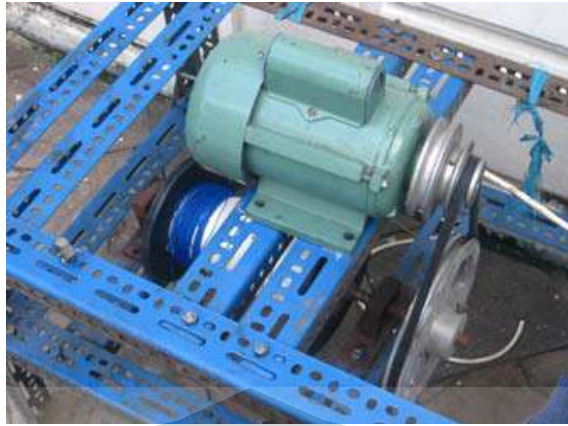
Gambar 3.3 Rancangan garis kapal model



Gambar 3.4 Kurva hidrostatik kapal model

3.1.2 Alat Penarik Kapal Model

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



Gambar 3.5 Alat penarik kapal model

- **Rangka**
Rangka yang digunakan adalah besi siku berlubang yang disambung dengan menggunakan baut dan disusun sedemikian sehingga sehingga kokoh untuk menahan berat dari motor listrik dan gulungan tali.
- **Motor Listrik**
Motor listrik disambungkan dengan gulungan tali yang dihubungkan dengan belt. Fungsi dari motor listrik ini nantinya adalah untuk memutar gulungan tali dimana tali tersebut akan menarik kapal model.
- **Gulungan Tali**
Gulungan tali yang menggunakan silinder hollow berbahan plastik dengan diameter 120 mm
- **Tali**
Tali yang digunakan adalah berbahan serat nylon yang mampu menahan tegangan tali pada saat menarik kapal
- **Pulley**
Dua buah pulley digunakan untuk mereduksi putaran motor listrik. Pulley dihubungkan pada gulungan tali dan pada poros motor listrik.
- **Saklar (switch ON/OFF)**
Saklar digunakan untuk menghidupkan dan mematikan motor listrik.

3.1.3 AC Voltage Regulator

AC Voltage Regulator adalah suatu alat yang dapat mengatur voltase keluaran. AC voltage regulator digunakan untuk mengatur putaran motor dengan mengatur voltase masukan yang dapat diubah sesuai keinginan.

Spesifikasi teknik dari AC voltage regulator yang digunakan adalah :

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



Gambar 3.6 AC voltage regulator

3.1.4 Pull Force Gauge

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

3.1.5 Beban

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

3.1.6 Digital Kamera

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

Merk : Nikon

Total Pixels : 3,2 Megapixels



Gambar 3.7 Kamera digital

3.1.7 Kulit Belut

Belut (*Monepterus Albus*) yang telah dibeli kemudian langsung dikuliti untuk dipisahkan kulit dari dagingnya. Pengulitan dilakukan sesaat sebelum pengujian dilakukan untuk menjaga kulit belut segar dan masih berlendir.



Gambar 3.8 Kulit belut

3.2 PROSEDUR UJI TARIK

Pada percobaan uji tarik, kapal model dikondisikan pada *full loaded* yaitu *draught* 100 % (maksimum). Kapal model ditarik oleh alat penarik yang telah

dirancang sedemikian rupa sehingga putaran motor listrik memutar gulungan tali dan menarik kapal model. Sewaktu kapal ditarik *pull force gauge* akan menunjukkan berapa besar gaya tarik yang terjadi. Besar gaya tarik pada saat kapal ditarik adalah besar gaya hambat yang dialami oleh kapal pada saat ditarik.

Ada dua jenis variasi utama percobaan uji tarik yang dilakukan:

1. Uji tarik kapal model tanpa penempelan kulit belut, dengan sudut trim 1.94° dan 2.86°
2. Uji tarik kapal model dengan penempelan kulit belut, dengan sudut trim 1.94° dan 2.86°

Pada masing-masing variasi di atas diberikan besar voltase yang berbeda yaitu 75 V, 85 V, dan 100 V untuk mendapatkan kecepatan yang berbeda-beda pada tiap penarikan.

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

1. Menempelkan kulit belut pada lambung kapal dengan menggunakan lem korea. Penempelan dimulai pada garis draught kapal sampai mengelilingi sisi sebelahnya. Penempelan dilakukan di darat sehingga lebih mudah. Proses penempelan dilakukan oleh dua orang dimana orang pertama memegang kulit belut dan yang kedua bertugas memberikan lem. Untuk percobaan variasi pertama yaitu penarikan kapal model tanpa penempelan kulit belut, tahap ini tidak dilakukan.



Gambar 3.9 Proses penempelan kulit belut

2. Pull force gauge ditempelkan pada anjungan kapal dihubungkan dengan tali penarik yang berasal dari gulungan tali yang nantinya akan diputar oleh motor listrik.
3. Kamera digital ditempatkan pada anjungan kapal sejajar dengan layar pull force gauge. Penanda diberikan berupa tulisan keterangan pengujian sesaat kamera mulai merekam. Hal ini dilakukan agar mudah meidentifikasi video pada saat pengeditan di komputer.
4. Pemberian beban pasir pada ruang muatan kapal model. Besar dan posisi beban disesuaikan dengan variasi trim yang akan diuji. Untuk mendapatkan posisi trim kebelakang maka beban lebih banyak diberikan pada ruang muat buritan kapal. Pengontrolan sudut trim dilakukan di bagian tengah kapal model menggunakan bantuan bandulan dengan panjang tali 30 cm.
5. Motor listrik dinyalakan dengan aba-aba dan diatur voltase nya dengan menggunakan AC voltage regulator. Setelah kapal model melewati batas perhitungan waktu, motor listrik dimatikan.
6. Posisi kapal model dikondisikan segaris dengan alat penarik sehingga pada saat penarikan kapal model tidak berbelok.
7. Perhitungan waktu tempuh dihitung dengan jarak perhitungan waktu adalah 20 m.

3.3 HASIL PERCOBAAN

Berikut ini adalah data-data yang didapatkan dari hasil percobaan pada uji tarik kapal model :

- *Trim 1,96°*

Tabel 3.1 Hasil pengujian tarik kapal model dengan sudut trim 1,96°

Voltase	Non Belut		Belut 25 %	
	σ (Kg)	v (m/s)	σ (Kg)	v (m/s)
75	1,1000	0,71	1,14000	0,7100
85	1,5800	0,88	1,54900	0,8720
100	2,6700	1,16	2,55000	1,1600

- *Trim 2,84°*

Tabel 3.2 Hasil pengujian tarik kapal model dengan sudut trim 2,84°

Voltage	Non Belut		Belut 25 %	
	σ (Kg)	v (m/s)	σ (Kg)	v (m/s)
75	1,10	0,72	1,20	0,75
85	1,91	1,01	1,87	1,01
100	2,31	1,12	2,36	1,16



BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dilakukan pengolahan data berdasarkan hasil pengujian uji tarik pada kapal model, dimana berdasarkan data tersebut akan didapatkan nilai hambatan total untuk kapal model tanpa dilapisi kulit belut dan kapal model dilapisi kulit belut untuk kemudian akan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapat guna merumuskan kesimpulan.

4.1 Perhitungan Koefisien Drag (C_D) dan Bilangan Reynolds pada Kapal Model

Gaya tarik pada kapal model merupakan hambatan total kapal model, sehingga bisa ditentukan (C_D) dengan menggunakan rumus :

$$C_D = \frac{R_{TM}}{\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2}$$

Nilai hambatan total kapal modek merupakan gaya tarik yang dibutuhkan untuk menarik kapal. Sedangkan nilai Reynolds dibutuhkan untuk mengetahui jenis aliran yang terjadi pada masing-masing kecepatan kapal model pada saat diuji tarik. Bilangan Raynold dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

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

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

- *Trim 1,96*

Tabel 4.1 Hasil perhitungan (C_D) dan Bilangan Reynold pada trim 1,94

Voltase	Non Belut				Belut 25 %			
	R_{TM} (Kg)	v (m/s)	C_d	Re	R_{TM}' (Kg)	v (m/s)	C_d	Re

75	1,10	0,71	0,040	1766676,60	1,01	0,72	0,042	1775000,00
85	1,58	0,88	0,037	2200000,00	1,47	0,84	0,038	2100000,00
100	2,67	1,16	0,036	2900000,00	2,59	1,16	0,035	2900000,00

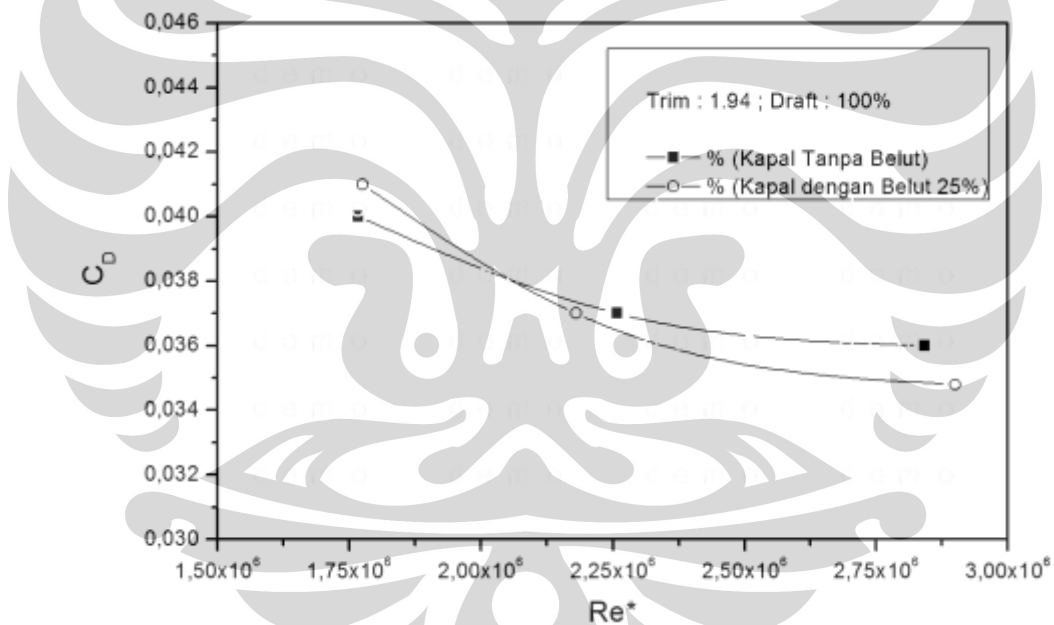
- *Trim 2,86*

Tabel 4.2 Hasil perhitungan (C_D) dan Bilangan Reynold pada trim 2,86

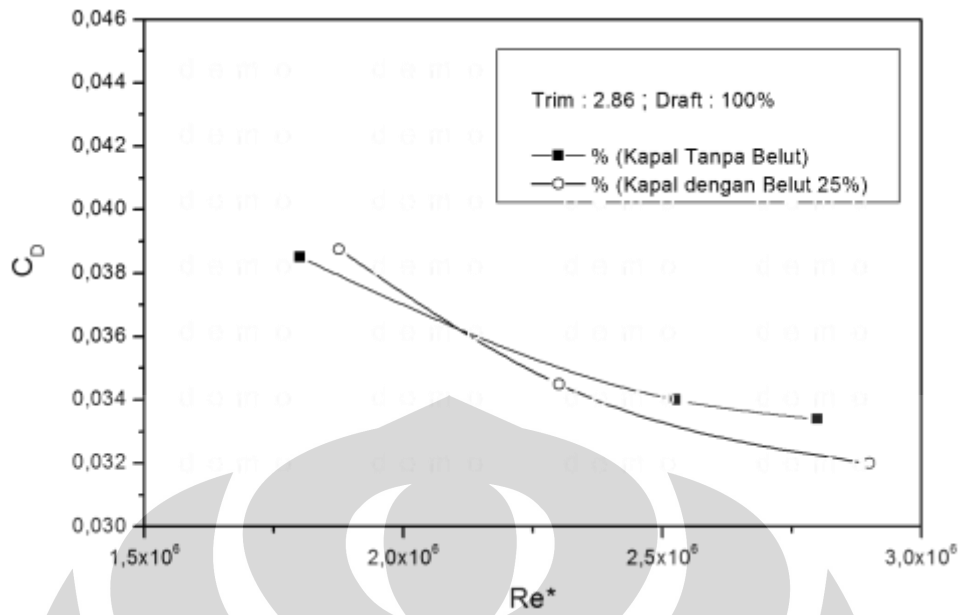
Voltage	Non Belut				Belut 25 %			
	R_{TM} (Kg)	v (m/s)	C_d	Re	R_{TM}' (Kg)	v (m/s)	C_d	Re
75	1,10	0,72	0,038	1800000,00	1,20	0,75	0,038756	1875000,00
85	1,91	1,01	0,034	2525000,00	1,87	1,01	0,033302	2525000,00
100	2,31	1,12	0,033	2800000,00	2,36	1,16	0,031862	2900000,00

Dari kedua hasil perhitungan diatas, masing-masing dibuat grafik sebagai berikut :

- *Koefisien drag (C_d) terhadap bilangan reynolds*



Gambar 4.1 Grafik C_D terhadap Bilangan Reynolds untuk kapal model dengan trim 1,94°



Gambar 4.2 Grafik C_d terhadap Bilangan Reynolds untuk kapal model dengan trim 2,86°

Analisis

Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa koefisien drag semakin turun berbanding dengan Bilangan Reynold yang merupakan fungsi dari kecepatan. Jadi, semakin rendah nilai koefisien dragnya maka semakin tinggi kecepatan kapal yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena dengan turunya nilai koefisien drag maka nilai hambatan total kapalnya pun semakin kecil, sehingga dengan nilai luasan basah yang sama kecepatan kapal meningkat. Selain itu trim kapal juga berpengaruh pada nilai koefisien gesek, dimana trim (ke belakang) kapal yang lebih besar memiliki nilai koefisien drag yang lebih kecil. Pengurangan koefisien drag pada kapal model terjadi dimulai pada saat besar bilangan Reynolds sekitar $2,15 \times 10^6$.

4.2 Perhitungan Pengurangan Hambatan Total Kapal Model (DR %)

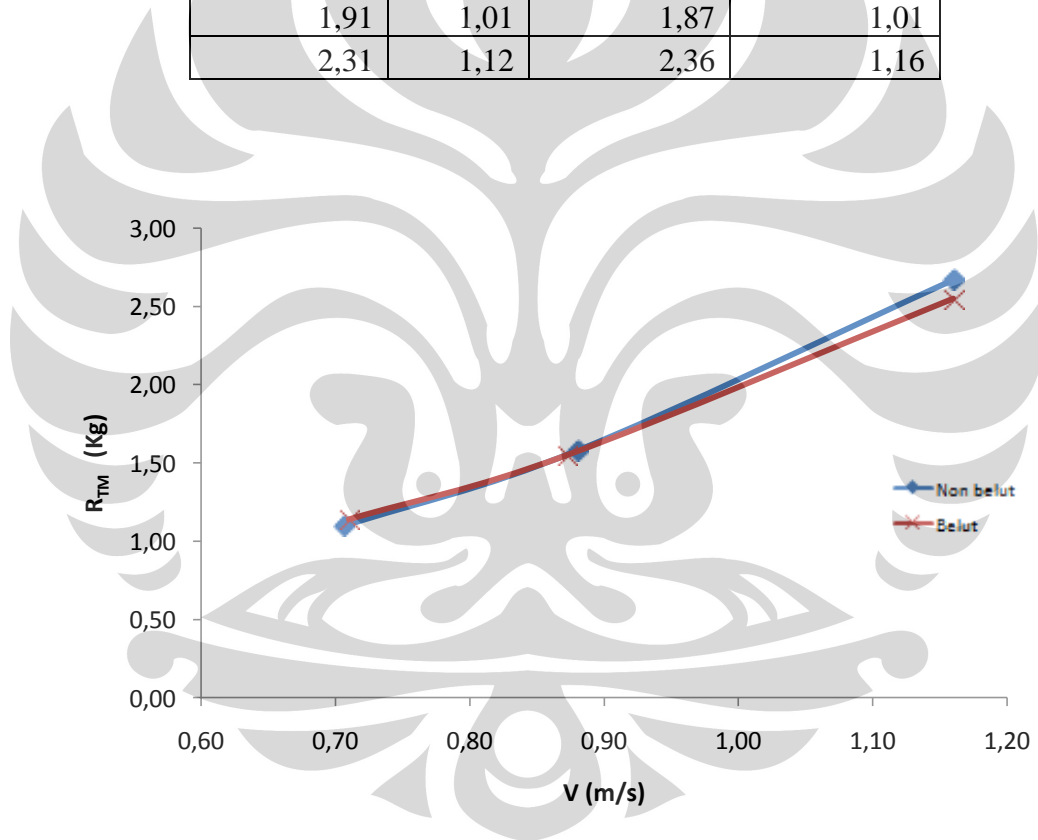
Dari data hasil percobaan didapat nilai gaya tarik dan waktu tempuh yang nantinya dapat diketahui kecepatannya untuk kapal model tanpa dan dengan dilapisi belut. Besarnya nilai gaya tarik untuk kapal model tanpa dilapisi belut dan kapal model dengan dilapisi belut kemudian dibandingkan.

Tabel 4.3 Gaya tarik dan kecepatan kapal model dengan sudut trim 1,96°

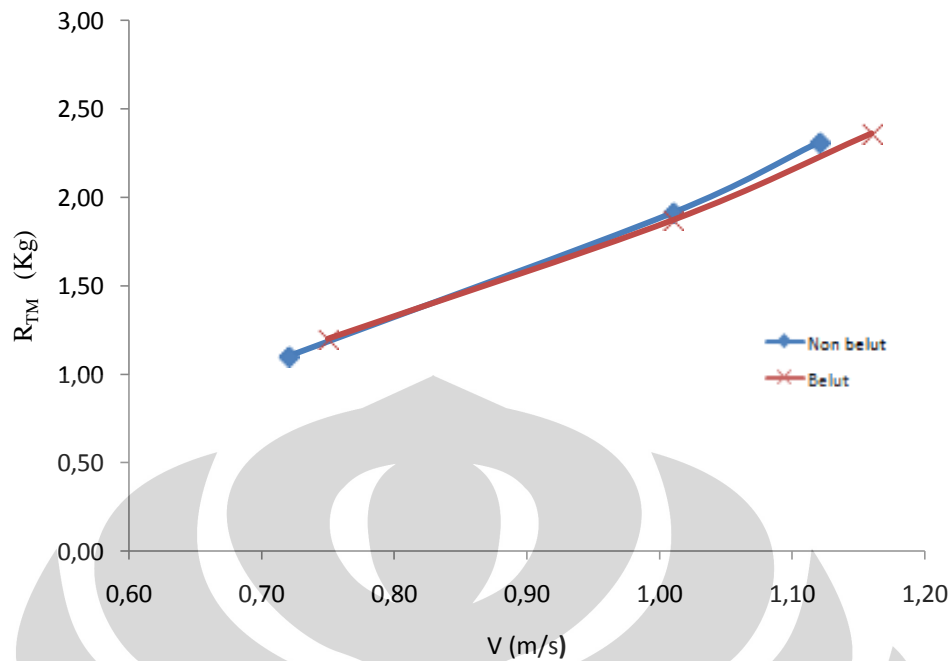
Non Belut		Belut 25 %	
R_{TM} (Kg)	v (m/s)	R_{TM}' (Kg)	v (m/s)
1,1000	0,71	1,14000	0,7100
1,5800	0,88	1,54900	0,8720
2,6700	1,16	2,55000	1,1600

Tabel 4.4 Gaya tarik dan kecepatan kapal model dengan sudut trim 2,84°

Non Belut		Belut 25 %	
R_{TM} (Kg)	v (m/s)	R_{TM}' (Kg)	v (m/s)
1,10	0,72	1,20	0,75
1,91	1,01	1,87	1,01
2,31	1,12	2,36	1,16



Gambar 4.3 Grafik R_{TM} terhadap kecepatan untk kapal model dengan trim 1,94°



Gambar 4.4 Grafik R_{TM} terhadap kecepatan untuk kapal model dengan trim $2,86^\circ$

Analisis

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat hambatan total kapal model berbanding lurus secara ekponensial terhadap kecepatan. Dapat dilihat juga bahwa terjadi pengurangan hambatan dimulai pada kecepatan 0,85 m/s dimana nilai hambatan total kapal model dilapisi belut dibawah nilai hambatan total kapal model tanpa dilapisi belut. Sehingga besarnya pengurangan hambatan total yang diambil pada kecepatan yang sama dapat dihitung sebagai berikut :

$$DR \% = \frac{R_{TM} - R_{TM'}}{R_{TM}} \times 100\%$$

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

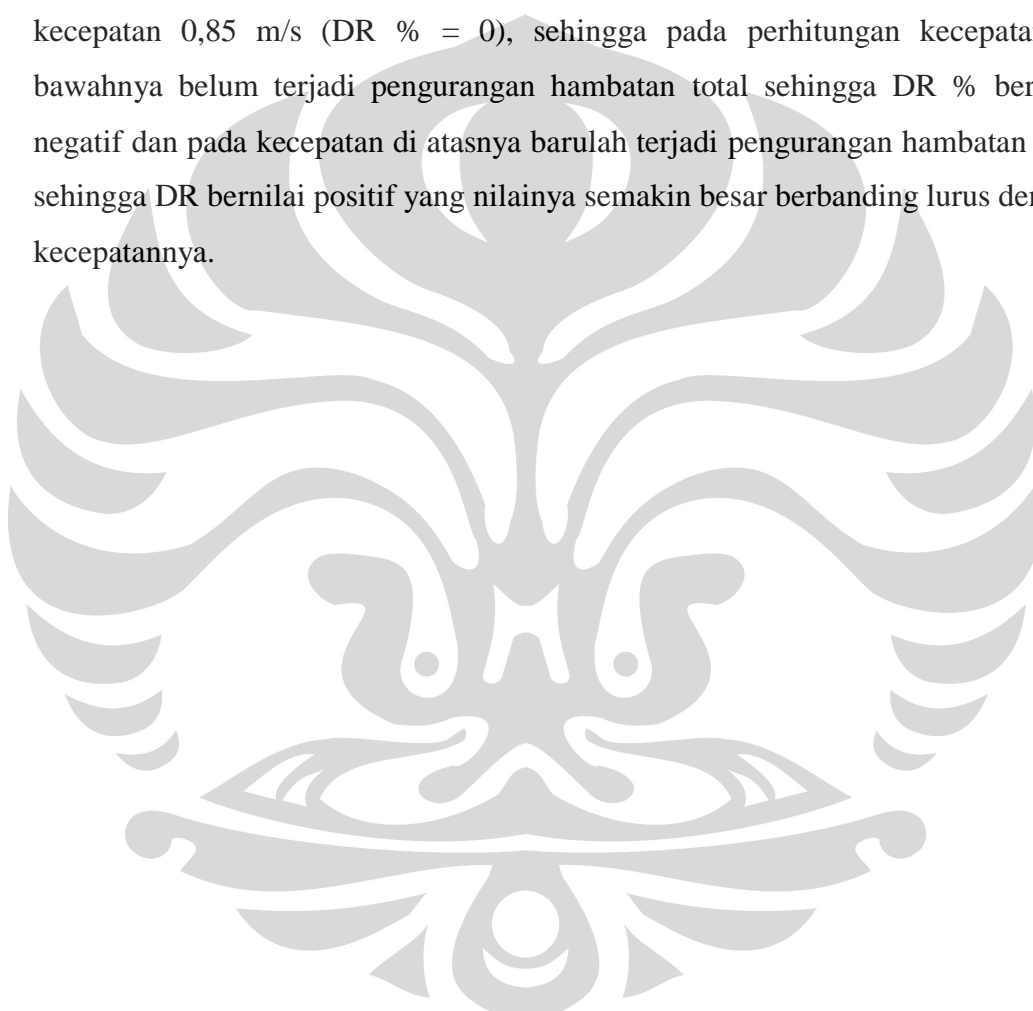
Tabe 4.5 Hasil perhitungan (C_D) dan Bilangan Reynold pada trim 1,94

Non Belut		Belut 25 %		DR %
RTM(Kg)	v (m/s)	RTM'(Kg)	v (m/s)	
1,10	0,71	1,14	0,7100	-3,6364
1,49	0,85	1,49	0,85	0
2,67	1,16	2,55	1,1600	4,4944

Tabel 4.6 Hasil perhitungan (C_D) dan Bilangan Reynold pada trim 2,86

Non Belut		Belut 25 %		DR %
RTM(Kg)	v (m/s)	σ (Kg)	v (m/s)	
1,10	0,72	1,20	0,75	-9,09
1,48	0,85	1,48	0,85	0
1,91	1,01	1,87	1,01	3,00

Dari grafik diketahui bahwa pengurangan hambatan total mulai baru terjadi pada kecepatan 0,85 m/s (DR % = 0), sehingga pada perhitungan kecepatan di bawahnya belum terjadi pengurangan hambatan total sehingga DR % bernilai negatif dan pada kecepatan di atasnya barulah terjadi pengurangan hambatan total sehingga DR bernilai positif yang nilainya semakin besar berbanding lurus dengan kecepatannya.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian tarik kapal model serta analisis, maka didapat kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut :

- Gaya tarik yang merupakan hambatan total pada kapal model dengan penempelan belut memiliki nilai yang lebih rendah dibanding kapal model tanpa penempelan belut
- Terdapat hubungan antara kecepatan kapal dengan besarnya hambatan total. Semakin besar kecepatan maka semakin besar pula hambatan totalnya.
- Hambatan total kapal model dengan penempelan belut memiliki nilai lebih rendah dibanding kapal model tanpa penempelan belut, dimulai pada bilangan Reynold $2,15 \times 10^{-6}$
- Besar sudut trim kapal berpengaruh pada nilai hambatan total, dimana hambatan total kapal model dengan sudut trim kebelakang $1,96^{\circ}$ lebih besar daripada $2,84^{\circ}$
- Ada pengaruh lendir belut terhadap pengurangan hambatan total kapal model dimulai pada saat kecepatan diatas 0,85 m/s.
- Besarnya pengurangan hambatan total kapal model berbanding lurus dengan besarnya kecepatan (setelah kecepatan lebih dari 0,85 m/s)

5.2 SARAN

Adapun saran-saran yang mesti dilakukan untuk percobaan uji tarik kapal model kedepannya adalah sebagai berikut :

- Penggunaan alat pengukur yang standard dan telah dikalibrasi, terutama dalam hal penggunaan *strain gauge*. Sebaiknya *Strain gauge* yang digunakan adalah jenis digital sehingga lebih mudah dan lebih presisi dalam hal pengamatannya
- Kondisi perairan tempat dilakukannya percobaan sebaiknya dikondisikan seideal mungkin sehingga tidak ada faktor-faktor eksternal lainnya yang mempengaruhi hasil pengamatan, misalnya kondisi perairan yang tenang dan tidak ada gelombang.

- Diperlukan jumlah personil yang lebih dalam percobaan ini yaitu minimal 4 orang dimana satu orang sebagai pengamat strain gauge, satu orang pencatat stopwatch, satu orang pengontrol motor listrik, dan satu orang lagi sebagai menjaga agar kapal tidak menabrak dinding kolam.



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.
- Kurniawan, Aris, *Pengaruh Microbubble Terhadap Drag Reduction Pada Kapal Model*, FT, UI, Depok, 2008
- Hilmi, *Simulasi Uji Tarik Kapal Model Untuk Mengetahui Hambatan Dan Daya Efektif Pada Kapal Sebenarnya*, FT, UI, Depok, 2009
- Sastrodiwongso, Teguh, *Hambatan Kapal dan Daya Mesin Penggerak*, 1998
- Smith, Munro R., *Applied Naval Architecture*, Longmans, 1967.
- 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 Hull by Electrolysis", *Naval Engineers Journal*, Vol.85, No.2, pp.11-16.

