



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PEMBANDINGAN HAMBATAN GESEK LAJU KAPAL
DENGAN PENGGUNAAN 60 % BIOPOLIMER KANJI
DALAM FORMULASI CAT KAPAL**

SKRIPSI

**GITA KURNIA
0706275315**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PEMBANDINGAN HAMBATAN GESEK LAJU KAPAL
DENGAN PENGGUNAAN 60 % BIOPOLIMER KANJI
DALAM FORMULASI CAT KAPAL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**GITA KURNIA
0706275315**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul :

**STUDI PEMBANDINGAN HAMBATAN GESEK LAJU KAPAL DENGAN
PENGUNAAN 60% BIOPOLIMER KANJI DALAM FORMULASI CAT
KAPAL**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan tiruan atau duplikasi dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya. Penulisan tugas akhir ini dibuat bersama dengan **Neni Sudiar Siregar (0706275416)** dengan judul tugas akhir **Studi Perbandingan Hambatan Gesek Laju Kapal dengan Penggunaan 50% Biopolimer Kanji dalam Formulasi Cat Kapal** sehingga terdapat kata-kata atau kalimat yang sama.

Nama : Gita Kurnia

NPM : 0706275315

Tanda Tangan : 

Tanggal : 23 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Gita Kurnia
NPM : 0706275315
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Studi Perbandingan Hambatan Gesek Laju Kapal
Pelat Datar dengan Penggunaan 60% Biopolimer
Kanji dalam Formulasi Cat Kapal

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

DEWAN PENGUJI

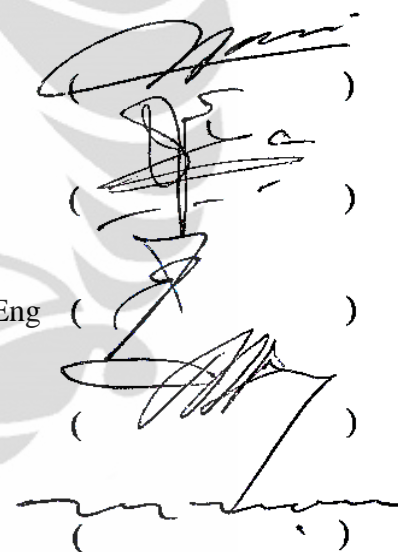
Pembimbing : Ir. Hadi Tresno Wibowo

Penguji : Ir. Sunaryo, Ph.D

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

Penguji : Ir. M. A. Talahatu, M.T

Penguji : Ir. Mukti Wibowo



()
()
()
()
()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 23 Juni 2011

KATA PENGANTAR

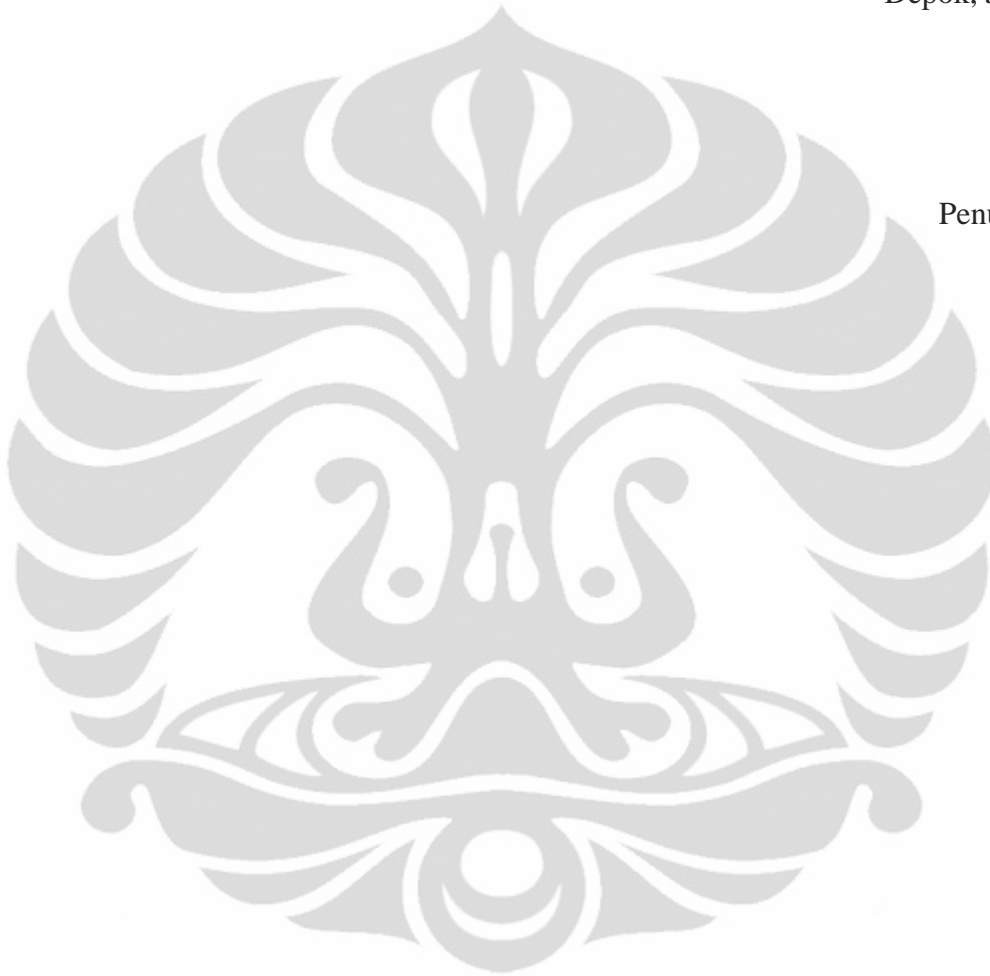
Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan bimbingan-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung proses pengerjaan skripsi ini yaitu:

1. Ir. Hadi Tresno Wibowo selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ir. Sunaryo, Ph.D, Ir. M. A. Talahatu, MT, Ir. Mukti Wibowo dan Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng M.T selaku dosen pada program studi Teknik Perkapalan yang telah menularkan ilmu dan pengalamannya;
3. Mama, Papa, Adik dan keluarga lainnya yang telah memberi dukungan secara moril dan material;
4. Neni Sudiar Siregar, yang telah membantu dalam proses pengerjaan dan penyusunan skripsi ini dari awal sampai selesai;
5. M. Arif Budiyanto, Al Yusra, Raden, Farid, Arif Nurrosyidi, yang telah membantu dalam pembuatan kapal untuk uji tarik;
6. Tasia, Alvin, Almer, Rudi, Hendra, Anton, Cahyo, Farhan, Kamal, Andika, Alwin Rizky, Selly, Andra, yang telah membantu dalam proses pengambilan data dan penyusunan skripsi ini;
7. teman-teman seperjuangan Mesin dan Kapal 2007, yang telah memberi semangat dan bantuan untuk menyelesaikan skripsi ini;
8. seluruh pegawai DTM-UI yang telah membantu pelaksanaan administrasi untuk izin menggunakan lab, peminjaman buku dan alat-alat; dan
9. semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam terlaksananya skripsi ini, yang tak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis sadar bahwa dalam laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran membangun terkait dengan pembahasan di dalamnya. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi banyak pihak serta perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2011

Penulis



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

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

Nama : Gita Kurnia
NPM : 0706275315
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

**STUDI PEMBANDINGAN HAMBATAN GESEK LAJU KAPAL
DENGAN PENGGUNAAN 60% BIOPOLIMER KANJI DALAM
FORMULASI CAT KAPAL**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 23 Juni 2011

Yang menyatakan



(Gita Kurnia)

vii

ABSTRAK

Nama : Gita Kurnia
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Studi Perbandingan Hambatan Gesek Laju Kapal dengan
Penggunaan 60% Biopolimer Kanji dalam Formulasi Cat Kapal

Bisnis pengoperasian kapal adalah bisnis yang sangat menarik namun juga dapat beresiko tinggi. Berbagai bentuk efisiensi dilakukan untuk menekan biaya operasi kapal tanpa mengorbankan biaya pemeliharaan. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi kapal ialah melalui pengurangan hambatan gesek kapal dengan menerapkan cat biopolimer. Biopolimer yang akan dicoba adalah kanji dari tepung singkong yang merupakan polimer karbohidrat dicampurkan dalam formulasi cat kapal. Kulit kapal diharapkan mampu mempertahankan sifat licinnya dalam air apabila diaplikasikan dengan cat biopolimer tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan uji coba kapal pelat datar di tangki percobaan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh cat biopolimer terhadap hambatan gesek kapal. Penggunaan cat dapat dipasarkan sebagai produk yang ramah lingkungan.

Kata kunci:
Biopolimer, cat kapal, hambatan gesek

ABSTRACT

Name : Gita Kurnia
Study Program : Naval Architecture
Title : Comparison Study of Ship Frictional Resistance Using 60% of Starch Biopolymer in Marine Paint Formulation

Ship operation is a very interesting business but also can cause high risks. Various efforts to increase efficiency have been done to minimize ship operation cost without cutting the repair cost. Reducing the frictional ship resistance by using biopolymer-based paints is one of the solutions to increase ship efficiency. The biopolymer is based on starch from tapioca flour, which is a carbohydrate polymer mixed in paint formulation. Ship surface is expected to be able to maintain its smooth character under water by applying biopolymer paint. The study was performed on flat plate ships towing test in a towing tank to investigate the biopolymer paint effect against frictional resistance. The use of biopolymer paint can be marketed as an environmentally friendly product.

Keywords:
Biopolymer, marine paint, frictional resistance

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Hambatan Kapal	6
2.1.1 Hambatan Gesek.....	6
2.1.2 Hambatan Gelombang	8
2.1.3 Hambatan Bentuk	8
2.1.4 Hambatan Udara	9
2.1.5 Hambatan Tambahan.....	9
2.2 Polimer	9
BAB III RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN.....	11
3.1 Spesifikasi Uji Tarik.....	11
3.1.1 Cat Kapal	11
3.1.2 Kapal Pelat Datar	12
3.1.3 Kolam Uji Tarik.....	17
3.1.4 Sensor Alat Pengukur Kecepatan	18
3.1.5 Beban	19
3.2 Prosedur Uji Tarik	19
BAB IV PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA	24
4.1 Perhitungan Data	24
4.1.1 Data Tahap Pertama.....	24
4.1.2 Data Tahap Kedua	29

4.1.3 Data Tahap Ketiga	32
4.2 Analisa Data	34
BAB V PENUTUP.....	41
5.1 KESIMPULAN	41
5.2 SARAN	41
DAFTAR REFERENSI	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Proses pembuatan cat yang dicampur dengan kanji.....	12
Gambar 3.2 Rancangan kapal dalam software CATIA®.....	13
Gambar 3.3 Hasil potongan triplek	13
Gambar 3.4 Proses perangkaian kapal pelat datar	14
Gambar 3.5 Kapal pelat datar yang telah dirangkai.....	14
Gambar 3.6 Proses mendempul kapal pelat datar	14
Gambar 3.7 Bagian dalam kapal pelat datar yang telah diresin.....	15
Gambar 3.8 Kapal pelat datar sebelum dicat	15
Gambar 3.9 Proses pengecatan kapal pelat datar	16
Gambar 3.10 Dua buah kapal pelat datar setelah dilapisi dengan cat yang berbeda.....	16
Gambar 3.11 Kolam uji tarik	17
Gambar 3.12 Tali dan katrol	17
Gambar 3.13 Kamera sensor	18
Gambar 3.14 Pengukur kecepatan.....	18
Gambar 3.15 Timbangan digital	19
Gambar 3.16 Kapal pelat datar yang sudah diberi muatan	21
Gambar 3.17 Pemasangan sensor alat pengukur kecepatan.....	22
Gambar 3.18 Kolam uji tarik yang sudah dilengkapi dengan bandul, tali penghubung dan alat pengukur kecepatan	22
Gambar 3.19 Kapal pelat datar yang siap diuji tarik.....	23
Gambar 3.20 Kolam perendaman	23
Gambar 4.1 Grafik hambatan total terhadap kecepatan kedua kapal pelat datar pada tahap pertama	26
Gambar 4.2 Grafik hambatan total terhadap kecepatan kedua kapal pelat datar pada tahap kedua.....	31
Gambar 4.3 Grafik hambatan total terhadap kecepatan kedua kapal pelat datar pada tahap ketiga	33
Gambar 4.4 Grafik hambatan total terhadap koefisien hambatan gesek	36
Gambar 4.5 Kondisi permukaan kapal dengan cat campuran 60% kanji pada tahap pertama.....	36
Gambar 4.6 Kondisi permukaan kapal dengan cat tanpa campuran kanji.....	37

Gambar 4.7 Grafik hambatan total terhadap kecepatan kapal pelat datar 1 pada tiga tahap berbeda.....	38
Gambar 4.8 Kondisi permukaan kapal pelat datar 1 yang dipenuhi kanji yang tidak merata.....	39
Gambar 4.9 Kondisi permukaan kapal pelat datar 1 setelah lendir lebih merata.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Berat total kapal pelat datar	19
Tabel 4.1	Data kecepatan kapal pelat datar 1 dengan cat 60% kanji pada tahap pertama.....	24
Tabel 4.2	Data kecepatan kapal pelat datar 2 tanpa campuran kanji pada tahap pertama.....	25
Tabel 4.3	Nilai koefisien hambatan total kapal pelat datar 2.....	27
Tabel 4.4	Nilai koefisien hambatan total kapal pelat datar 1 tahap pertama.....	27
Tabel 4.5	Nilai Reynold's Number dan koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 2.....	27
Tabel 4.6	Nilai koefisien hambatan sisa kapal pelat datar 2.....	28
Tabel 4.7	Nilai koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 tahap pertama.....	28
Tabel 4.8	Nilai hambatan sisa dan gesek kedua kapal pelat datar	29
Tabel 4.9	Data kecepatan kapal pelat datar 1 dengan cat 60% kanji pada tahap kedua	29
Tabel 4.10	Nilai koefisien hambatan total kapal pelat datar 1 tahap kedua	31
Tabel 4.11	Nilai koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 tahap kedua	31
Tabel 4.12	Nilai hambatan sisa dan gesek kapal pelat datar 1 tahap kedua	31
Tabel 4.13	Data kecepatan kapal pelat datar 1 dengan cat 60% kanji pada tahap ketiga	32
Tabel 4.14	Nilai koefisien hambatan total kapal pelat datar 1 tahap ketiga	33
Tabel 4.15	Nilai koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 tahap ketiga	34
Tabel 4.16	Nilai hambatan sisa dan gesek kapal pelat datar 1 tahap ketiga	34
Tabel 4.17	Perbandingan data kecepatan kapal pelat datar 1 dan 2.....	35
Tabel 4.18	Perbandingan kecepatan kapal pelat datar 1 pada setiap tahap	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kulit kapal yang terus menerus berada atau bersentuhan dengan air laut yang memiliki kandungan garam yang tinggi akan menyebabkan korosi setelah sekian waktu. Hal ini mengakibatkan permukaan kulit kapal tidak lagi licin dan akan menambah hambatan gesek laju kapal yang pada akhirnya terjadi peningkatan pemakaian bahan bakar. Oleh karena itu dilakukan pengecatan pada kulit kapal.

Fungsi dasar cat adalah melindungi permukaan, dengan cara membentuk suatu lapisan tipis antara permukaan dan lingkungan sekitarnya. Hal ini menyebabkan material cat diformulasikan untuk memiliki kekuatan mekanis, fisik dan kimia yang mencukupi untuk proteksi terhadap cuaca dan lingkungan. Sebagai pelapisan kulit benda yang bergerak, seperti kendaraan bermotor, permukaan lapisan cat harus lentur dan licin untuk mengurangi hambatan gesek laju kendaraan.

Seperti yang diketahui, pengoperasian sebuah kapal menuntut efisiensi pemakaian bahan bakar serta tuntutan global terhadap ramah lingkungan agar dapat bersaing. Pengecatan kulit kapal dengan bahan biopolimer diharapkan menjadi salah satu alternatif untuk menjawab masalah ini. Selain menggunakan bahan dan proses yang ramah lingkungan, produk ramah lingkungan juga dituntut untuk tidak mencemari lingkungan dan mudah terdegradasi secara alami atau biologis. Sebagai contoh adalah material polimer plastik sintetik yang sudah berhasil dipolimerisasikan dengan bahan karbohidrat, seperti tepung jagung, kentang dan lain-lain, sehingga mudah terurai di alam untuk mengurangi dampak limbah sampah plastik.

Material cat juga dibuat dari polimer resin sintetik. Kanji dari tepung singkong merupakan polimer karbohidrat yang diharapkan dapat dicampurkan dalam formulasi cat kapal, sehingga bila lapisan cat terkorosi oleh air laut, permukaan kulit kapal akan tetap mampu mempertahankan sifat licin dan mengurangi hambatan gesek laju kapal secara signifikan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan paparan di atas maka permasalahan yang dapat diambil adalah, apakah kanji sebanyak 60% yang dicampur dalam formulasi cat dapat mengurangi hambatan gesek kapal.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini telah mendapat Hibah Riset Berbasis Laboratorium Kolaboratif Internal UI Tahun 2010 yang dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Universitas Indonesia. Penelitian ini juga bekerja sama dengan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui apakah kanji sebanyak 60% yang dicampur dalam formulasi cat dapat mengurangi hambatan gesek kapal.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari hal-hal yang tidak perlu atau di luar lingkup penelitian. Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Percobaan uji tarik dilakukan di sarana Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Indonesia dengan peralatan-peralatan yang telah disiapkan.
2. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua buah kapal pelat datar. Kapal pelat datar 1 dilapisi oleh cat biopolimer yaitu dengan campuran kanji dari tepung singkong sebanyak 60%, sedangkan kapal pelat datar 2 dilapisi oleh cat yang tidak mengandung kanji sama sekali.
3. Percobaan dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi beban tahanan berupa bandul pasir (50 g, 100 g, 150 g, 200 g, 250 g) pada setiap kapal.
4. Percobaan dilakukan pada saat kondisi air tenang.
5. Percobaan dilakukan pada air tawar.
6. Analisa dilakukan dengan mengetahui seberapa besar pengaruh lendir

Universitas Indonesia

yang dihasilkan oleh cat biopolimer kanji terhadap hambatan gesek kapal.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metodologi dan analisa model sebagai berikut:

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.

2. Percobaan di Laboratorium

Percobaan dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian.

- Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua variasi kapal pelat datar berdimensi sama dengan perlakuan cat yang berbeda.
- Percobaan dilakukan dengan menggunakan cat besi dan cat biopolimer yang diformulasikan secara khusus, yaitu dengan campuran 60% kanji.
- Kecepatan dari masing-masing kapal pelat datar dicatat dengan melakukan variasi percobaan tarik dengan beban tahanan seberat 50 g, 100 g, 150 g, 200 g dan 250 g. Kecepatan dicatat secara otomatis menggunakan alat sensor pengukur kecepatan.
- Percobaan kedua kapal dilakukan dengan memberi muatan berupa pasir sehingga memiliki berat total yang sama.

3. Pengumpulan data

- Data kecepatan kapal pelat datar hasil pengujian berdasarkan variasi beban tahanan yang diberikan dalam tiga tahap berbeda.

4. Pengolahan dan analisa data

- Analisa mengenai perbandingan kecepatan kapal pelat datar 1 dengan cat campuran 60% kanji dan kapal pelat datar 2 dengan cat tanpa kanji.
- Analisa mengenai pengaruh lendir yang dihasilkan oleh cat

Universitas Indonesia

biopolimer kanji terhadap hambatan gesek kapal.

- Kesimpulan.

5. Penyusunan Laporan

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

1.6 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, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini merupakan penjelasan teoritis berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB 3 RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

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

BAB 4 PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

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

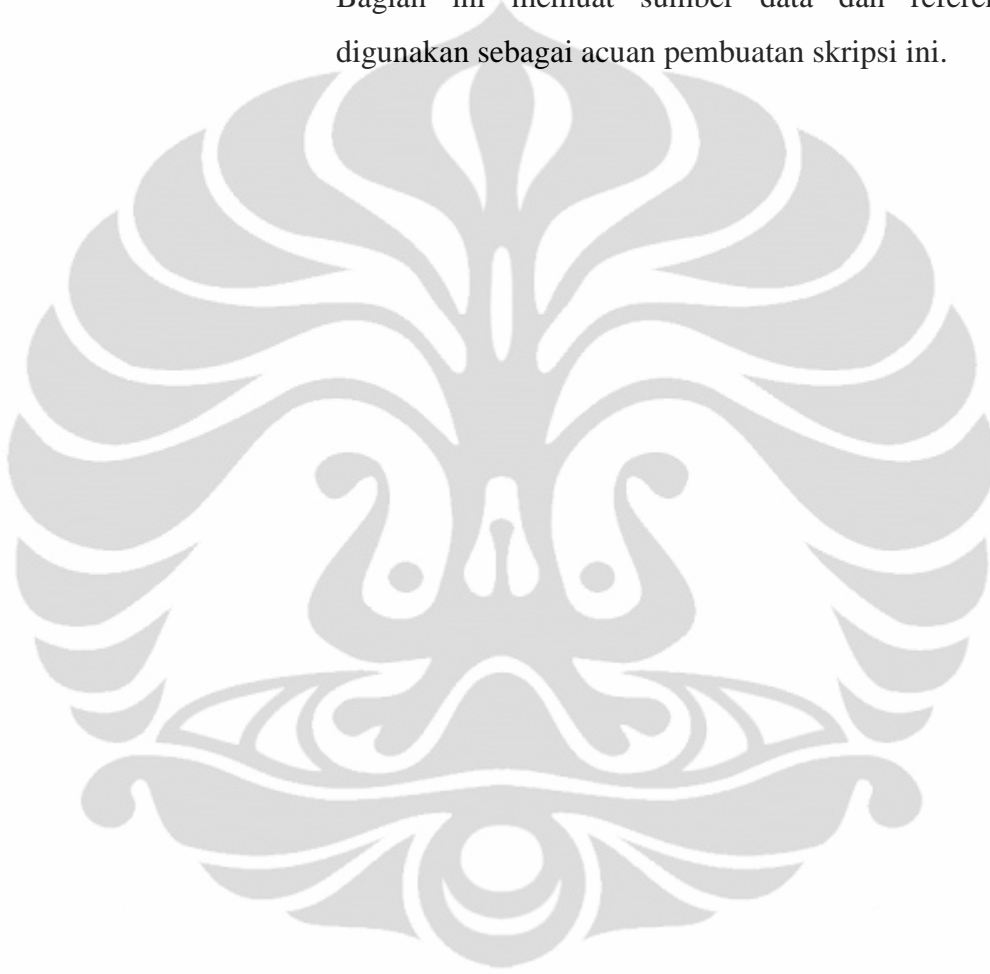
BAB 5 PENUTUP

Universitas Indonesia

Bab ini merupakan kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian dan mendapatkan analisisnya, serta saran terhadap penelitian.

DAFTAR REFERENSI

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



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Hambatan Kapal

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 bekerja 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.

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

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

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 :

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

dan,

$$C_T = C_F + C_R \dots\dots\dots (2.3)$$

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

Hambatan sisa merupakan gabungan dari hambatan gelombang, hambatan bentuk, hambatan udara dan juga hambatan tambahan.

2.1.1 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.

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 hambatan fluida terhadap geseran pada saat fluida itu bergerak disebut viskositas.

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

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

Dengan C_F adalah hambatan gesek spesifik atau koefisien gesek.

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

$$C_F = \frac{R_F}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot V^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

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) tahun 1957 memberikan persetujuan pada rumus berikut ini:

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Re adalah bilangan Reynolds yang merupakan parameter 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.

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Re = \frac{V \cdot L}{\vartheta} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana ;

Re : Bilangan Reynolds

V: Kecepatan Kapal (m/s)

L : Panjang kapal (m)

ϑ : Viskositas kinematik (m^2/s)

2.1.2 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 ini sendiri. Pemindahan energi ini dianggap menggambarkan adanya suatu gaya yang menghambat gerak maju dari kapal dan dianggap sebagai hambatan gelombang.

2.1.3 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 timbulah suatu gaya yang melawan gerak maju dari kapal.

2.1.4 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.

2.1.5 Hambatan Tambahan

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

2.2 Polimer

Polimer merupakan suatu molekul raksasa atau makro molekul. Suatu polimer adalah rantai berulang dari atom yang panjang, terbentuk dari pengikat yang berupa molekul identik 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 sintetis dan polimer alami. Polimer sintesis adalah polimer buatan seperti *nylon*, *polyester*, kantong plastik dan botol. Sedangkan polimer alami (biopolimer) adalah polimer yang berasal dari alam seperti protein, karet alam, lendir binatang, kapas dan lain-lain. Sifat polimer sintesis tidak terlalu ramah lingkungan untuk digunakan sehingga dikembangkan polimer alami untuk menggantikan polimer sintetis untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan.

Biopolimer adalah senyawa polimer yang dapat diuraikan secara alamiah oleh mikroorganisme ataupun melalui proses hidrolisis di alam. Keunggulan senyawa biopolimer dibandingkan dengan plastik sintesis

berasaskan petrokimia ialah karena sifatnya yang mudah terurai (*biodegradable*) sehingga tidak akan merusak lingkungan seperti yang banyak ditimbulkan oleh plastik sintesis. Di samping itu senyawa biopolimer dapat dihasilkan dari bahan-bahan dari alam yang ketersediaannya tidak terbatas dan dapat diperbarui sepanjang masa (*renewable*), sehingga bahan baku untuk produksinya melimpah.

Polimer *biodegradable* dapat diperoleh dengan tiga cara, yaitu biosintesis seperti pada kanji dan selulosa, proses bioteknologi seperti pada poli (hidroksi *fatty acids*), dan dengan proses sintesis kimia seperti pada pembuatan poliamida, poliester, dan poli (vinil alkohol).

Kanji dari tepung umbi singkong merupakan polimer karbohidrat (biopolimer) yang dibuat dengan pelarut air (pelarut *polar*), sedangkan resin sintetik yang dipakai untuk pembuatan cat adalah polimer yang larut dalam pelarut organik (pelarut *nonpolar*). Pencampuran biopolimer dengan polimer sintetik membutuhkan metoda pencampuran yang khusus, supaya kedua macam polimer dapat bersatu (*compatible*) dan tidak memisah kembali setelah dicampurkan. Selain itu sebagai *binder*, campuran polimer ini harus memiliki daya rekat yang sangat baik pada permukaan yang dilapisi cat, memiliki ketahanan gores dan kelenturan yang dibutuhkan.

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.

BAB III

RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

3.1 Spesifikasi Uji Tarik

Untuk mengetahui nilai kecepatan dan hambatan gesek pada sebuah kapal, maka dilakukan percobaan uji tarik terhadap dua buah kapal pelat datar yang berdimensi sama, namun dengan perlakuan cat yang berbeda. Kapal pelat datar 1 dilapisi oleh cat dengan campuran 60% kanji dan kapal pelat datar 2 dilapisi cat tanpa campuran kanji sama sekali. Percobaan uji tarik dilakukan secara sederhana di sebuah kolam uji tarik yang berada di fasilitas laboratorium milik Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia.

Sebelum melakukan percobaan uji tarik, diperlukan pembuatan formulasi cat yang dicampur dengan kanji sebagai bahan yang akan melapisi permukaan lambung kapal pelat datar. Lalu dilakukan pembuatan dua kapal pelat datar yang meliputi dari desain sampai terciptanya kedua kapal tersebut. Kemudian dilakukan perancangan alat uji untuk menguji kecepatan dari kedua kapal pelat datar yang telah dibuat. Setelah semua alat uji telah siap, percobaan uji tarik dapat dilakukan. Di bawah ini dijabarkan beberapa alat pendukung proses uji tarik.

3.1.1 Cat Kapal

Pembuatan formulasi cat untuk penelitian ini dimulai dengan pencampuran jelutung kering dengan n-hexane menjadi sebuah larutan. Jelutung digunakan untuk penambahan aditif pada formulasi cat kapal sebagai surfaktan alami. Bila pada proses pembuatan formulasi cat dilakukan tanpa penambahan jelutung, maka larutan kanji dan cat *lacquer* nantinya akan terpisah. Kemudian larutan jelutung dicampur dengan air dan tepung tapioka sehingga jumlahnya sebesar 60% dari total formulasi cat yang diinginkan. Campuran bahan-bahan ini lalu dimasak sehingga menjadi sebuah larutan kanji.

Larutan kanji sebanyak 60% ini kemudian dicampur dengan cat besi yang cepat kering (*lacquer*) dengan komposisi 40%. Teknik yang perlu

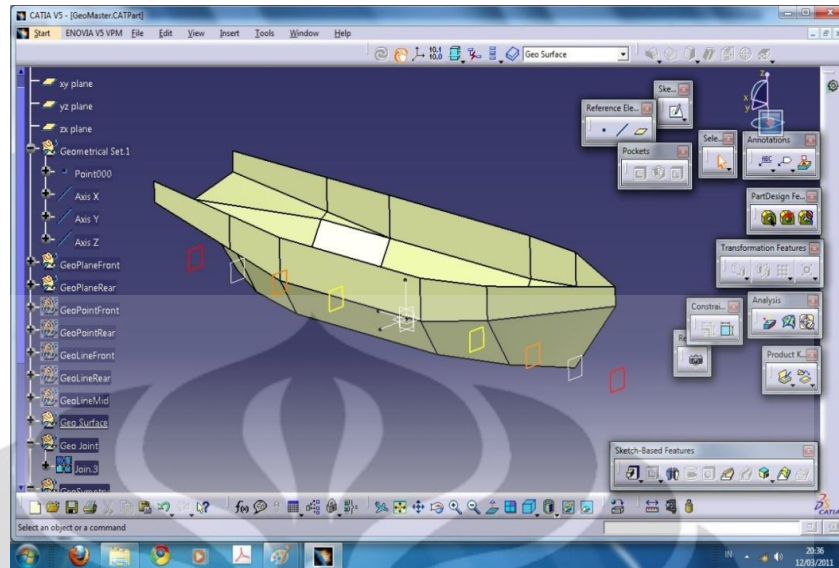
diperhatikan adalah proses penambahan cat lacquer ke dalam kanji secara perlahan-lahan, sambil diaduk. Penambahan *thinner* secukupnya juga diperlukan untuk meratakan campuran kanji dan cat sampai dihasilkan sebuah cat biopolimer yang homogen.



Gambar 3.1 Proses pembuatan cat yang dicampur dengan kanji

3.1.2 Kapal Pelat Datar

Kapal pelat datar yang digunakan dalam pengujian adalah jenis *General Cargo*. Desain kapal pada pengujian ini menggunakan desain pelat datar yang dikembangkan oleh dosen pembimbing. Pembuatan rancangan ke dalam bentuk gambar dibantu menggunakan *software* CATIA®. Dengan *software* ini, koordinat-kordinat patahan garis dibuat menjadi sebuah gambar tiga dimensi dan dapat dicetak langsung bukaan kulitnya sehingga memudahkan dalam proses selanjutnya.



Gambar 3.2 Rancangan kapal dalam software CATIA®

Kapal pelat datar yang digunakan dalam pengujian ini berjumlah dua buah. Berikut adalah langkah-langkah pembuatan kapal pelat datar pengujian :

- a. Bukaank kulit yang telah dibuat dalam *software* CATIA® kemudian dicetak ke dalam kertas.
- b. Cetakan bukaan kulit di kertas tersebut kemudian dijiplak ke dalam lembaran tripleks. Metode penjiplakan dapat menggunakan kertas karbon ataupun melakukan pengukuran manual.
- c. Setelah bukaan kulit dijiplak pada lembaran tripleks, langkah selanjutnya yaitu memotong tripleks sesuai dengan garis jiplakan sehingga menjadi bagian-bagian yang siap untuk dirangkai.



Gambar 3.3 Hasil potongan triplek

- d. Potongan tripleks selanjutnya dirangkai sesuai dengan gambar awal hingga membentuk sebuah kapal pelat datar. Proses perangkaian menggunakan lem perekat kayu yang kuat.

Universitas Indonesia



Gambar 3.4 Proses perangkaian kapal pelat datar



Gambar 3.5 Kapal pelat datar yang telah dirangkai

- e. Kemudian kapal pelat datar yang telah dirangkai tersebut didempul dengan tujuan menutupi bagian-bagian yang berlubang pada sambungan-sambungan potongan tripleks.



Gambar 3.6 Proses mendempul kapal pelat datar

- f. Tahap selanjutnya adalah penghalusan. Penghalusan dilakukan dengan cara menggosokkan amplas ke permukaan luar kapal pelat datar yang telah didempul.
- g. Proses berikutnya adalah melapisi bagian dalam kapal pelat datar dengan mat dan resin, tujuannya adalah agar air tidak merembes ke dalam kapal.



Gambar 3.7 Bagian dalam kapal pelat datar yang telah diresin

- h. Tahap terakhir adalah pengecatan. Cat yang digunakan untuk kedua buah kapal pelat datar memiliki formulasi cat yang berbeda. Jadi, perbedaan antara kapal pelat datar 1 dengan kapal pelat datar 2 terletak pada formulasi catnya.



Gambar 3.8 Kapal pelat datar sebelum dicat



Gambar 3.9 Proses pengecatan kapal pelat datar



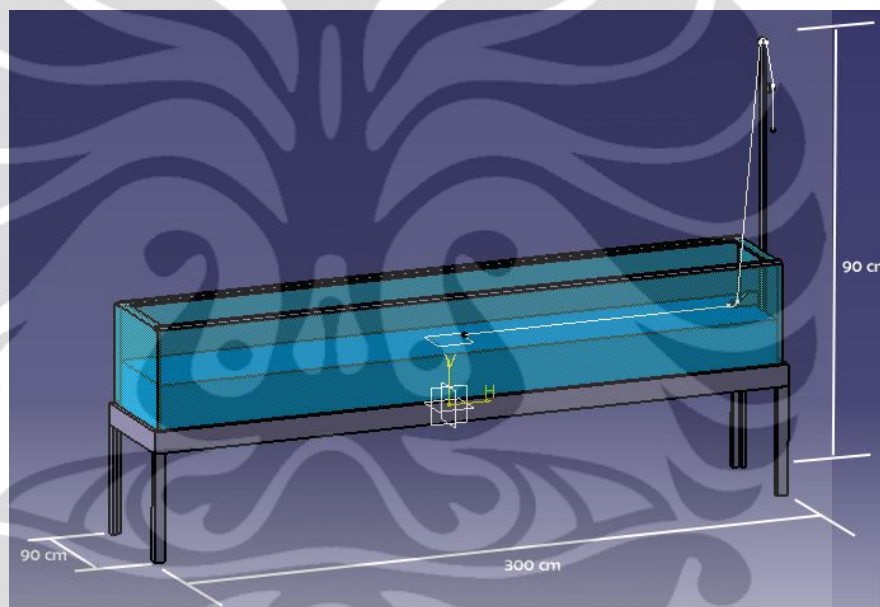
Gambar 3.10 Dua buah kapal pelat datar setelah dilapisi dengan cat yang berbeda

Spesifikasi dari kapal pelat datar tersebut adalah:

- Panjang Kapal (Loa) : 60 cm = 0,6 m
- Lebar (B) : 17,5 cm = 0,175 m
- Tinggi (H) : 11 cm = 0,11 m
- Draft (T) : 5,5 cm = 0,055 m
- Cb : 0,6

3.1.3 Kolam Uji Tarik

Kolam uji tarik ini merupakan salah satu fasilitas yang terdapat di Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Indonesia. Kolam uji tarik ini terbuat dari kaca transparan setebal 1 cm dan memiliki panjang 300 cm dengan kedalaman air bisa mencapai 40 cm. Sistem kerja kolam uji tarik ini masih menggunakan sistem manual yaitu dengan menggunakan bandul sebagai beban gaya tarik kapal. Bandul terhubung dengan rangkaian tali sedemikian rupa dengan mekanisme katrol, ujung dari tali tersebut dikaitkan pada kapal pelat datar yang ingin diuji. Tali yang digunakan merupakan jenis tali kenur.



Gambar 3.11 Kolam uji tarik

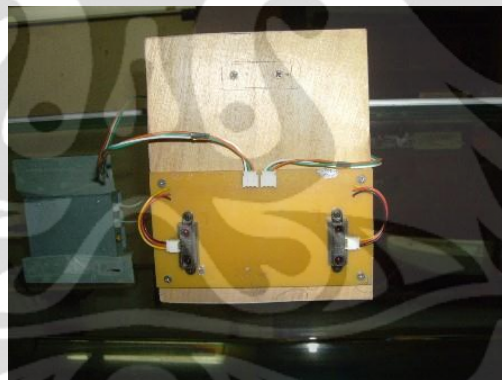


Gambar 3.12 Tali dan katrol

Universitas Indonesia

3.1.4 Sensor Alat Pengukur Kecepatan

Untuk mengukur kecepatan kapal pelat datar digunakan sensor alat pengukur kecepatan. Alat ini terdiri dari sebuah kamera sensor dan pengukur kecepatan yang dihubungkan dengan kabel ke sumber listrik menggunakan adaptor. Ketika kapal berjalan melewati kamera sensor, maka pengukur kecepatan akan menampilkan hasil kecepatan yang terbaca oleh kamera sensor, dengan ketelitian sampai dengan tiga desimal di belakang koma. Dengan menggunakan alat ini, hasil kecepatan yang diketahui akan lebih presisi bila dibandingkan dengan menggunakan cara manual. Pengaturan posisi sensor alat pengukur kecepatan ini terletak di ujung kolam uji tarik sesaat sebelum kapal pelat datar menyentuh ujung lintasan. Hal ini bertujuan agar kecepatan yang kapal tersebut sudah lebih stabil dari setelah dilepaskan di awal lintasan.



Gambar 3.13 Kamera sensor



Gambar 3.14 Pengukur kecepatan

3.1.5 Beban

Dalam keadaan kosong, Berat kapal pelat datar 1 tidak sama dengan berat kapal pelat datar 2. Agar berat total kedua buah kapal pelat datar menjadi sama, maka kedua kapal pelat datar diberi beban muatan yang berbeda besarnya. Beban yang digunakan adalah berupa kantong berisi pasir. Semua beban ditimbang menggunakan timbangan digital agar lebih akurat. Beban ini diletakkan pada *cargo hold* kapal pelat datar untuk mendapatkan *draught* yang diinginkan. Kapal pelat datar 1 diberi beban sebesar 3 kg sedangkan kapal pelat datar 2 diberi beban sebesar 3,0866 kg. Sehingga berat total kapal pelat datar 1 sama dengan berat total kapal pelat datar 2, yaitu 3,46385 kg.

Tabel 3.1 Berat total kapal pelat datar

		Kapal 1 dengan 60% Kanji	Kapal 2 Tanpa Penambahan Kanji
Berat Kapal Kosong	(gram)	463,85	377,25
Berat Muatan	(gram)	3000	3086,6
Berat Total	(gram)	3463,85	3463,85



Gambar 3.15 Timbangan digital

3.2 Prosedur Uji Tarik

Pada percobaan uji tarik, kapal pelat datar dikondisikan pada *full loaded* yaitu *draught* 100% (maksimum). Ujung kapal diikat dengan tali yang

Universitas Indonesia

dihubungkan oleh bandul melalui katrol. Bandul akan memberikan beban sehingga kapal akan tertarik dan berjalan melintasi kamera sensor. Kecepatan kapal saat melewati kamera sensor akan terlihat di alat pengukur kecepatan sehingga dapat dicatat sebagai data percobaan.

Pengambilan data dengan sistem uji tarik dilakukan dalam tiga tahap. Pada tahap pertama, setelah cat yang diaplikasikan ke permukaan kapal pelat datar sudah kering, uji tarik langsung dilakukan pada kedua kapal pelat datar. Kemudian kapal pelat datar 1 direndam di dalam kolam kecil yang terpisah untuk waktu tertentu. Perendaman dilakukan untuk melihat reaksi dari kanji yang terkandung dalam cat. Makin lama direndam dalam air, lendir kanji akan keluar dari permukaan lambung yang telah dilapisi cat, sehingga menjadi lebih licin. Diharapkan kanji yang membuat permukaan lambung licin akan memberi pengaruh dalam kecepatan kapal dan hambatan dapat berkurang. Setelah dilakukan proses perendaman dalam jangka waktu tertentu, pengambilan data dengan uji tarik kembali dilaksanakan sebagai tahap kedua.

Tahap ketiga adalah proses uji tarik setelah kapal pelat datar 1 direndam untuk kedua kalinya. Namun perbedaannya, sebelum direndam kembali, permukaan lambung kapal pelat datar 1 dibersihkan dengan air sehingga kanji agak menghilang. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah lendir kanji akan tetap timbul setelah dibersihkan dan tetap mempengaruhi peningkatan kecepatan kapal. Jadi, dapat disimpulkan bahwa uji tarik pada tahap pertama melibatkan kedua kapal pelat datar, sedangkan tahap kedua dan ketiga hanya melibatkan kapal pelat datar 1 karena akan dilihat pengaruh kanji terhadap peningkatan kecepatan kapal pada tiap tahap. Data-data kecepatan ini akan dibandingkan dengan kecepatan kapal pelat datar 2.

Proses pengujian dilakukan dalam kondisi air yang tenang, dengan tujuan mengurangi adanya hambatan baru yang ditimbulkan oleh gelombang air. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan percobaan uji tarik kedua kapal pelat datar.

1. Menyiapkan semua peralatan uji tarik sesuai dengan rancangan alat uji dan memastikan bahwa semua peralatan dalam kondisi yang baik.

Universitas Indonesia

2. Menimbang berat kapal kosong menggunakan timbangan digital. Berat kapal pelat datar 1 dan 2 pada keadaan kosong masing-masing sebesar 0,46385 kg dan 0,37725 kg.
3. Menyiapkan beban-beban muatan berupa pasir dalam kantong plastik. Setiap kantong berisi pasir ditimbang menggunakan timbangan digital. Supaya berat total kedua kapal pelat datar sama maka masing-masing diberi beban muatan 3 kg untuk kapal pelat datar 1 dan 3,0866 kg untuk kapal pelat datar 2.
4. Selain itu dilakukan persiapan beban bandul berupa pasir dalam kantong plastik. Percobaan dilakukan dengan variasi beban bandul yang berbeda untuk mendapat kecepatan yang bervariasi pula, yaitu 50 g, 100 g, 150 g, 200 g dan 250 g.
5. Menyiapkan kapal pelat datar yang akan diuji dengan mengisi muatan kapal dengan muatan pasir.



Gambar 3.16 Kapal pelat datar yang sudah diberi muatan

6. Memasang kamera sensor dan alat pengukur kecepatan. Kamera sensor dipasang dengan posisi menjorok ke dalam kolam sedangkan pengukur kecepatan ditempelkan di dinding luar kolam agar mudah dibaca.



Gambar 3.17 Pemasangan sensor alat pengukur kecepatan

7. Menyiapkan kolam uji tarik. Tali penghubung diikatkan pada kapal pelat datar dan bandul melalui sistem katrol yang ada. Pastikan tali memiliki posisi yang baik dan tidak terbelit di roda katrol.



Gambar 3.18 Kolam uji tarik yang sudah dilengkapi dengan bandul, tali penghubung dan alat pengukur kecepatan

8. Memeriksa kembali semua rangkaian pengujian. Pengecekan meliputi kondisi air kolam uji tarik yang sudah tenang, tali penghubung pada kapal pelat datar dan bandul sudah terpasang dengan benar, kondisi muatan yang sudah sesuai dan sensor alat pengukur kecepatan telah siap merekam.

9. Siap untuk melakukan pengujian tarik kapal pelat datar. Uji tarik dilakukan dalam tiga tahap sesuai dengan rencana pengujian.



Gambar 3.19 Kapal pelat datar yang siap diuji tarik

10. Pada setiap melakukan uji tarik, data yang terekam di pengukur kecepatan dicatat dan dapat dilakukan pengolahan data lebih lanjut.
11. Setiap selesai melakukan uji tarik tahap pertama dan tahap kedua, kapal pelat datar 1 direndam di kolam kecil terpisah dari kolam uji tarik.



Gambar 3.20 Kolam perendaman

BAB IV PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

4.1 Perhitungan Data

Dari percobaan yang dilakukan, didapatkan data berupa kecepatan kapal pelat datar saat melewati kamera sensor serta waktu tempuhnya dalam jarak 10 cm. Kecepatan kapal didapat dalam satuan m/s. Pengambilan data pada kedua kapal pelat datar dilakukan dengan variasi beban tahanan sebesar 50 g, 100 g, 150 g, 200 g dan 250 g. Kedua kapal pelat datar memiliki dimensi dan berat total yang sama. Perbedaan dari kedua kapal pelat datar ini terletak pada lapisan catnya. Kapal pelat datar pertama dilapisi cat dengan campuran kanji sebanyak 60% sedangkan kapal pelat datar kedua dilapisi dengan cat tanpa campuran kanji. Luas permukaan kedua kapal pelat datar yang dipakai dalam pengolahan data didapat dari perhitungan di *software* CATIA®, yaitu 0,037 m².

4.1.1 Data Tahap Pertama

Pengambilan data dilakukan setelah pengecatan pada kedua kapal pelat datar telah selesai, tanpa melalui proses perendaman. Kapal pelat datar 1 dilapisi cat yang mengandung 60% kanji sedangkan kapal pelat datar 2 hanya dilapisi cat tanpa campuran kanji sedikit pun.

Tabel 4.1 Data kecepatan kapal pelat datar 1 dengan cat 60% kanji pada tahap pertama

Kapal Pelat Datar 1 dengan 60% Kanji			
No	Hambatan Total (kg)	v (m/s)	t (ms)
1	0,05	0,4549	219,824
2		0,4417	226,394
3		0,4647	215,154
4		0,4634	215,76
5		0,4813	207,762
Average		0,4612	216,979
1	0,1	0,5859	170,676
2		0,5952	167,994

3		0,6259	159,746
4		0,5743	174,096
5		0,5321	187,906
Average		0,56314	172,0836
1	0,15	0,7476	133,76
2		0,7305	136,884
3		0,7799	128,212
4		0,7012	142,6
5		0,7641	130,87
Average		0,74466	134,4652
1	0,2	0,8098	123,474
2		0,8368	119,486
3		0,76	131,562
4		0,8781	113,872
5		0,7997	125,046
Average		0,817	122,688
1	0,25	0,9394	106,444
2		1,0447	95,72
3		0,9028	110,766
4		0,9649	103,636
5		1,0441	95,776
Average		0,97918	102,4684

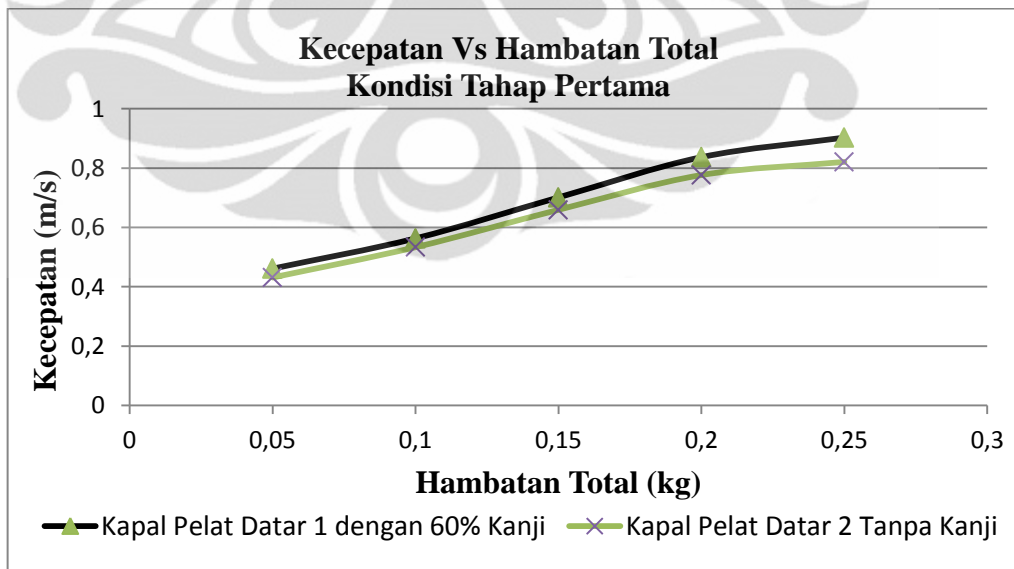
Tabel 4.2 Data kecepatan kapal pelat datar 2 tanpa campuran kanji pada tahap pertama

Kapal Pelat Datar 2 Tanpa Campuran Kanji			
No	Hambatan Total (kg)	v (m/s)	t (ms)
1	0,05	0,4812	207,776
2		0,4797	208,434
3		0,4313	231,804
4		0,4322	231,336
5		0,4642	215,42
Average		0,45772	218,954
1	0,1	0,5126	195,058
2		0,5544	180,352
3		0,5161	193,726
4		0,5251	190,418
5		0,5592	178,822

Universitas Indonesia

Average		0,5335	187,6752
1	0,15	0,6293	158,894
2		0,6333	157,884
3		0,6220	160,764
4		0,6226	160,612
5		0,6594	151,632
Average		0,6333	157,9572
1	0,2	0,8091	123,586
2		0,8594	116,35
3		0,7766	128,752
4		0,8122	123,268
5		0,7752	128,992
Average		0,8065	124,1896
1	0,25	0,8928	112,004
2		0,8208	121,826
3		0,8893	112,442
4		0,8553	116,898
5		0,8599	116,284
Average		0,8636	115,8908

Dari data-data di atas, dapat dibuat sebuah grafik untuk membandingkan kecepatan antara kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2 terhadap hambatan totalnya.



Gambar 4.1 Grafik hambatan total terhadap kecepatan kedua kapal pelat datar pada tahap pertama

Dengan data-data kecepatan di atas, dapat dihitung nilai koefisien hambatan total dari nilai rata-rata masing-masing kapal pelat datar berdasarkan rumus:

$$C_T = \frac{R_T}{\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot V^2} \dots\dots\dots(4.1)$$

Tabel 4.3 Nilai koefisien hambatan total kapal pelat datar 2

Kapal Pelat Datar 2		
RT (kg)	V (m/s)	CT
0,05	0,45772	0,0129
0,1	0,5335	0,0190
0,15	0,6333	0,0202
0,2	0,8065	0,0166
0,25	0,8636	0,0181

Tabel 4.4 Nilai koefisien hambatan total kapal pelat datar 1 tahap pertama

Kapal Pelat Datar 1		
RT (kg)	V (m/s)	CT
0,05	0,4612	0,0127
0,1	0,56314	0,0170
0,15	0,74466	0,0146
0,2	0,817	0,0162
0,25	0,97918	0,0141

Selanjutnya kapal pelat datar 2 yang dilapisi cat tanpa kanji dapat dihitung hambatan geseknya berdasarkan rumus *The International Towing Tank Conference* (ITTC) tahun 1957:

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Re - 2)^2} \dots\dots\dots(4.2)$$

Re merupakan Reynold's Number yang dihitung dengan rumus:

$$Re = \frac{v \cdot L}{\nu} \dots\dots\dots(4.3)$$

Tabel 4.5 Nilai Reynold's Number dan koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 2

Kapal Pelat Datar 2		
RT (kg)	Re	CF
0,05	34329	0,011664841
0,1	40011	0,011076098
0,15	47499	0,010468077
0,2	60487,5	0,009692848
0,25	64771,5	0,009489011

Apabila koefisien hambatan gesek telah diketahui, maka dapat dihitung nilai koefisien hambatan sisa kapal pelat datar 2 sesuai dengan rumus:

$$C_R = C_T - C_F \dots \dots \dots (4.4)$$

Tabel 4.6 Nilai koefisien hambatan sisa kapal pelat datar 2

Kapal Pelat Datar 2	
RT (kg)	CR
0,05	0,0012
0,1	0,0079
0,15	0,0097
0,2	0,0069
0,25	0,0086

Koefisien hambatan gesek C_F kapal pelat datar 1 dapat ditentukan dengan mengurangi koefisien hambatan total (C_T) dengan koefisien hambatan sisa (C_R). Koefisien hambatan sisa pelat datar 1 dianggap sama dengan koefisien hambatan sisa kapal pelat datar 2 karena kedua kapal ini mempunyai bentuk dan perlakuan yang sama ketika dilakukan percobaan.

Tabel 4.7 Nilai koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 tahap pertama

Kapal Pelat Datar 1	
RT (kg)	CF
0,05	0,0115
0,1	0,0091
0,15	0,0049
0,2	0,0093

0,25	0,0055
------	--------

Perhitungan selanjutnya adalah menghitung besarnya nilai hambatan sisa dengan rumus:

$$R_R = \frac{1}{2} \cdot C_R \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \dots\dots\dots (4.5)$$

Sehingga nilai hambatan gesek R_F kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2 dapat ditentukan dengan pengurangan antara nilai R_T dan R_R .

$$R_F = R_T - R_R \dots\dots\dots (4.6)$$

Tabel 4.8 Nilai hambatan sisa dan gesek kedua kapal pelat datar

	Kapal Pelat Datar 1		Kapal Pelat Datar 2	
RT (kg)	RR (kg)	RF (kg)	RR (kg)	RF (kg)
0,05	0,0048614	0,04513856	0,00478835	0,04521165
0,1	0,0464468	0,053553184	0,04168305	0,05831695
0,15	0,0999894	0,050010584	0,07232432	0,07767568
0,2	0,0855239	0,114476128	0,0833642	0,1166358
0,25	0,1530676	0,096932402	0,11907034	0,13092966

4.1.2 Data Tahap Kedua

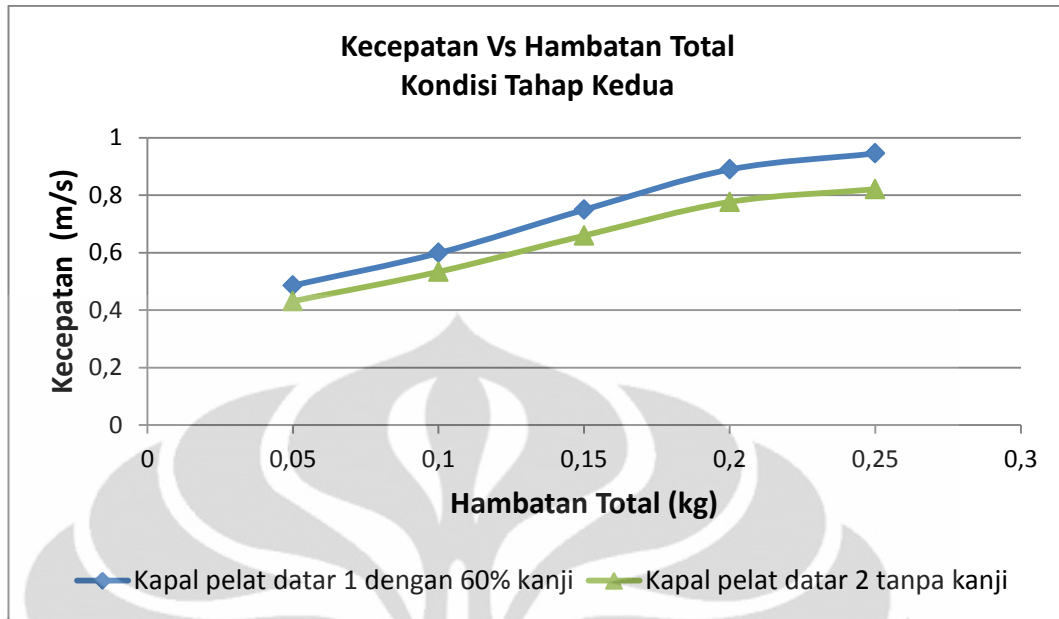
Setelah dilakukan uji tarik pada tahap pertama, kapal pelat datar 1 direndam selama 20 hari. Terbukti bahwa kanji yang terkandung di dalam cat memberikan efek licin pada lambung kapal pelat datar 1, ditandai dengan munculnya lendir seiring masa waktu perendaman. Kemudian dilakukan uji tarik sebagai tahap kedua untuk melihat perubahan kecepatan yang ditimbulkan lendir kanji.

Tabel 4.9 Data kecepatan kapal pelat datar 1 dengan cat 60% kanji pada tahap kedua

Kapal Pelat Datar 1 dengan 60% Kanji			
No	Hambatan Total (kg)	v (m/s)	t (ms)
1	0,05	0,4464	223,978
2		0,5412	184,756
3		0,5209	188,732

4		0,4692	213,102
5		0,4522	221,114
Average		0,48598	206,336
1	0,1	0,667	149,908
2		0,6183	161,724
3		0,5999	166,68
4		0,5986	167,052
5		0,6122	163,334
Average		0,6192	161,74
1	0,15	0,7262	137,69
2		0,7491	133,482
3		0,7565	132,178
4		0,8247	121,254
5		0,7503	133,266
Average		0,76136	131,574
1	0,2	0,8221	121,632
2		0,8149	122,704
3		0,8096	123,5
4		0,8894	112,43
5		0,815	122,692
Average		0,8302	120,592
1	0,25	0,9905	100,954
2		1,0841	92,228
3		0,9454	105,77
4		1,0246	97,598
5		0,8751	114,268
Average		0,98394	102,164

Dari data-data di atas, dapat dibuat sebuah grafik untuk membandingkan kecepatan antara kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2 terhadap hambatan totalnya.



Gambar 4.2 Grafik hambatan total terhadap kecepatan kedua kapal pelat datar pada tahap kedua

Tabel 4.10 Nilai koefisien hambatan total kapal pelat datar 1 tahap kedua

Kapal Pelat Datar 1		
RT (kg)	V (m/s)	CT
0,05	0,48598	0,0114
0,1	0,6192	0,0141
0,15	0,76136	0,0140
0,2	0,830	0,0157
0,25	0,98394	0,0140

Tabel 4.11 Nilai koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 tahap kedua

Kapal Pelat Datar 1	
RT (kg)	CF
0,05	0,010208
0,1	0,006181
0,15	0,004241
0,2	0,008757
0,25	0,005329

Tabel 4.12 Nilai hambatan sisa dan gesek kapal pelat datar 1 tahap kedua

Kapal Pelat Datar 1		
RT (kg)	RR (kg)	RF (kg)
0,05	0,005397878	0,044602122
0,1	0,056154569	0,043845431
0,15	0,104524498	0,045475502
0,2	0,088335706	0,111664294
0,25	0,154559403	0,095440597

4.1.3 Data Tahap Ketiga

Setelah pengambilan data kedua usai dilaksanakan, kapal pelat datar 1 yang mengandung kanji dibersihkan dengan air untuk menghilangkan lendir-lendir kanji yang menempel pada lambungnya. Lalu kapal kembali direndam selama 20 hari, untuk mengetahui apakah lendir akan tetap muncul di permukaannya atau tidak. Selain itu diharapkan dengan perendaman yang sudah lebih lama, data kecepatan kapal akan lebih meningkat daripada kedua tahap sebelumnya.

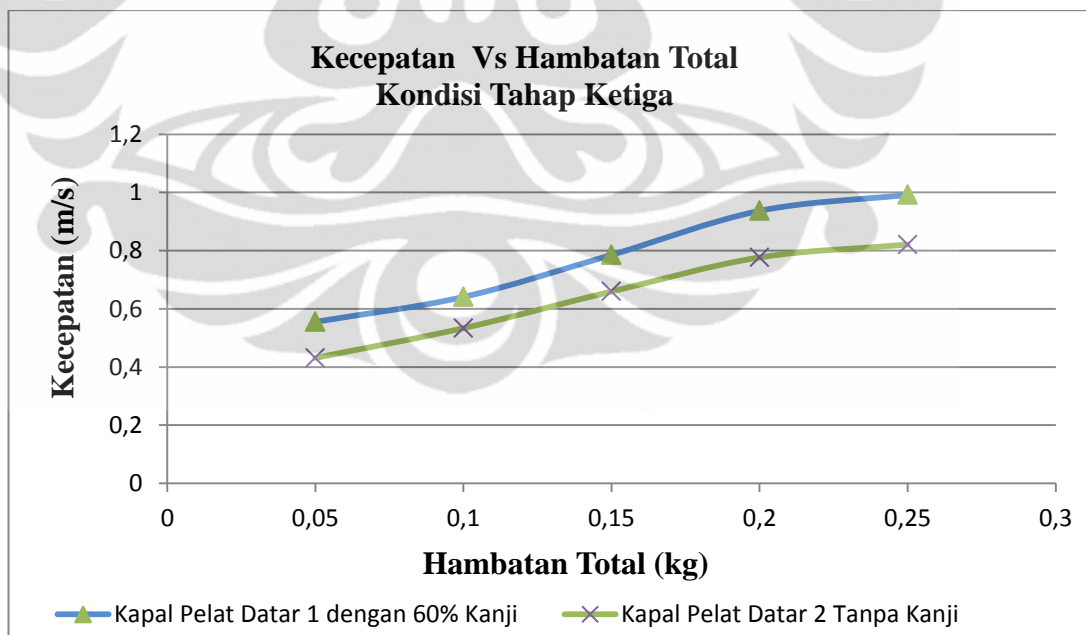
Tabel 4.13 Data kecepatan kapal pelat datar 1 dengan cat 60% kanji pada tahap ketiga

Kapal Pelat Datar 1 dengan 60% Kanji			
No	Hambatan Total (kg)	v (m/s)	t (ms)
1	0,05	0,4801	204,74
2		0,4951	201,928
3		0,5551	180,114
4		0,4725	211,614
5		0,5767	173,384
Average		0,5159	194,356
1	0,1	0,601	166,38
2		0,6861	145,736
3		0,6487	154,154
4		0,6408	156,034
5		0,6487	154,154
Average		0,64506	155,292
1	0,15	0,7993	125,098
2		0,8102	123,416

Universitas Indonesia

3		0,8671	115,314
4		0,8401	119,026
5		0,7853	127,334
Average		0,8204	122,038
1	0,2	0,858	116,536
2		0,9127	109,562
3		0,9367	106,756
4		0,8288	120,642
5		0,8644	115,682
Average		0,88012	113,836
1	0,25	0,9314	107,358
2		0,9752	102,538
3		0,9159	109,174
4		1,2232	81,75
5		0,9133	109,488
Average		0,9918	102,062

Dari data-data di atas, dapat dibuat sebuah grafik untuk membandingkan kecepatan antara kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2 terhadap hambatan totalnya.



Gambar 4.3 Grafik hambatan total terhadap kecepatan kedua kapal pelat datar pada tahap ketiga

Tabel 4.14 Nilai koefisien hambatan total kapal pelat datar 1 tahap ketiga

Kapal Pelat Datar 1		
RT (kg)	V (m/s)	CT
0,05	0,5159	0,0102
0,1	0,64506	0,0130
0,15	0,8204	0,0120
0,2	0,880	0,0140
0,25	0,9918	0,0137

Tabel 4.15 Nilai koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 tahap ketiga

Kapal Pelat Datar 1	
RT (kg)	CF
0,05	0,008919
0,1	0,005074
0,15	0,002300
0,2	0,007029
0,25	0,005108

Tabel 4.16 Nilai hambatan sisa dan gesek kapal pelat datar 1 tahap ketiga

Kapal Pelat Datar 1		
RT (kg)	RR	RF
0,05	0,006082994	0,043917006
0,1	0,060942943	0,039057057
0,15	0,121363832	0,028636168
0,2	0,099278363	0,100721637
0,25	0,157038597	0,092961403

4.2 Analisa Data

Berdasarkan grafik-grafik pada gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 mengenai hambatan total terhadap kecepatan kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2, dapat dilihat bahwa semakin besar beban yang diberikan, maka semakin cepat laju kedua kapal saat ditarik. Selain itu, secara garis besar dapat diketahui bahwa kapal pelat datar 1 yang permukaannya dilapisi dengan cat yang mengandung kanji sebanyak 60%, memiliki kecepatan yang lebih besar

daripada kapal pelat datar 2 yang dilapisi cat tanpa campuran kanji. Kisaran perbedaan kecepatan antara kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2 pada tahap pertama adalah 6% - 10%. Pada tahap kedua, perbedaannya berkisar antara 12% - 15%. Sedangkan pada tahap ketiga, perbedaan kecepatan antara kedua kapal tersebut adalah 20% - 29%. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh yang timbul akibat kanji yang terkandung dalam formulasi cat pada kapal pelat datar 1. Berikut adalah tabel perbandingan kecepatan kedua kapal pada tiap tahap percobaan uji tarik.

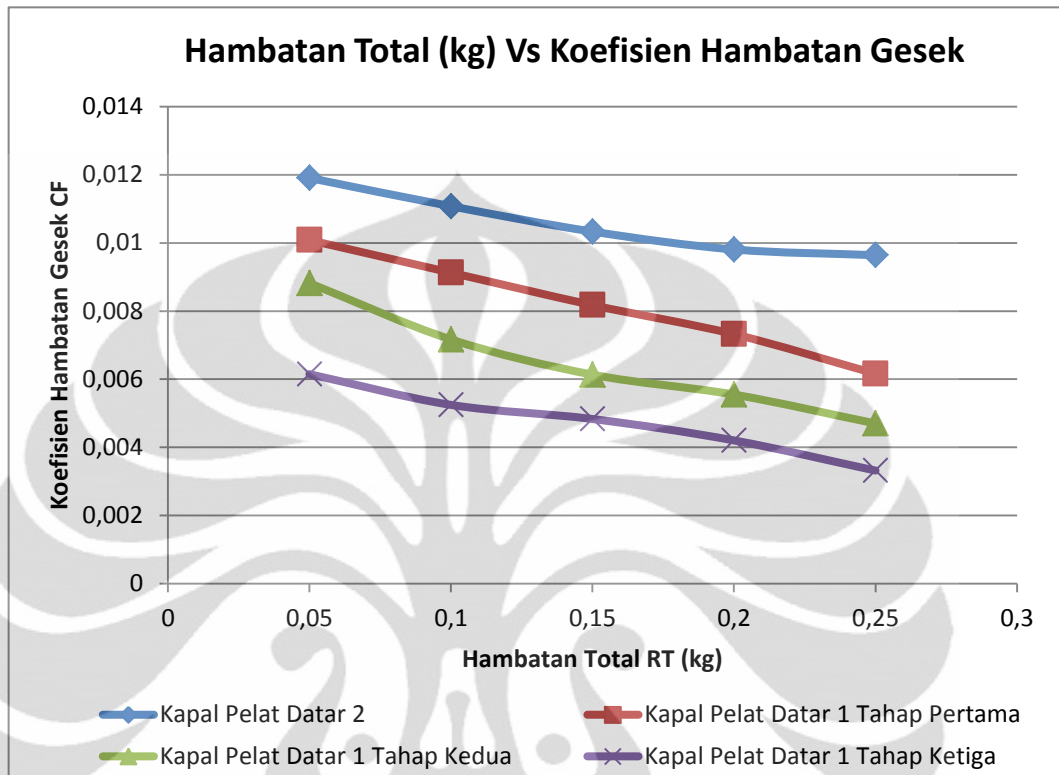
Tabel 4.17 Perbandingan data kecepatan kapal pelat datar 1 dan 2

Tahap 1		
RT (kg)	V (m/s)	
	Kapal 1	Kapal 2
0,05	0,4612	0,45772
0,1	0,56314	0,53348
0,15	0,74466	0,63332
0,2	0,81688	0,8065
0,25	0,97918	0,86362
Tahap 2		
RT (kg)	V (m/s)	
	Kapal 1	Kapal 2
0,05	0,48598	0,45772
0,1	0,6192	0,53348
0,15	0,76136	0,63332
0,2	0,8302	0,8065
0,25	0,98394	0,86362
Tahap 3		
RT (kg)	V (m/s)	
	Kapal 1	Kapal 2
0,05	0,5159	0,45772
0,1	0,64506	0,53348
0,15	0,8204	0,63332
0,2	0,88012	0,8065
0,25	0,9918	0,86362

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa kecepatan kapal pelat datar 1 selalu melebihi kecepatan kapal pelat datar 2. Apabila dianalisa, pada hambatan total dan hambatan bentuk yang sama, kapal pelat datar 1 memiliki

Universitas Indonesia

koefisien hambatan gesek yang lebih kecil daripada kapal pelat datar 2. Hal ini terbukti dari hasil perhitungan data yang dirangkum dalam grafik berikut.



Gambar 4.4 Grafik hambatan total terhadap koefisien hambatan gesek

Koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 dapat berubah karena pengaruh kanji yang dikandung catnya mengakibatkan permukaannya cenderung lebih licin daripada permukaan kapal pelat datar 2 yang tidak mengalami perubahan karena tidak mengandung kanji.



Gambar 4.5 Kondisi permukaan kapal dengan cat campuran 60% kanji pada tahap pertama



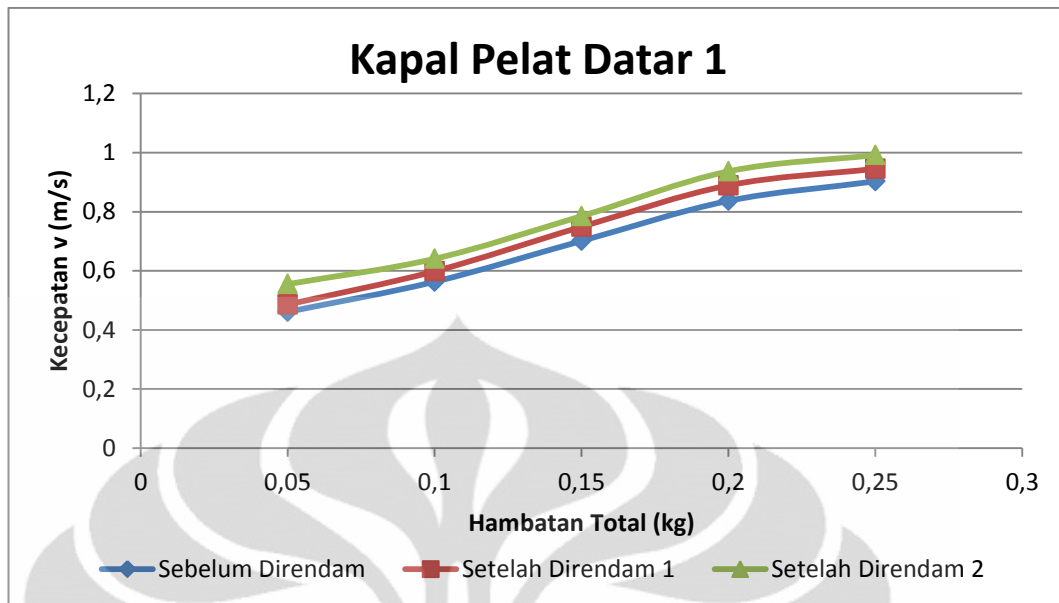
Gambar 4.6 Kondisi permukaan kapal dengan cat tanpa campuran kanji

Secara garis besar, kapal pelat datar 1 yang dilapisi cat biopolimer 60% kanji selalu mengalami peningkatan kecepatan saat dilakukan uji tarik pada tiga tahap yang berbeda. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan hasil data percobaan kapal pelat datar 1 pada tiap tahap dalam tabel berikut.

Tabel 4.18 Perbandingan kecepatan kapal pelat datar 1 pada setiap tahap

Kapal Pelat Datar 1			
RT (kg)	V (m/s)		
	Sebelum Direndam	Setelah Direndam 1	Setelah Direndam 2
0,05	0,4612	0,48598	0,5159
0,1	0,56314	0,6192	0,64506
0,15	0,74466	0,76136	0,8204
0,2	0,81688	0,8302	0,88012
0,25	0,97918	0,98394	0,9918

Kemudian data-data percobaan tersebut dibuat grafik agar perbedaannya terlihat lebih jelas.



Gambar 4.7 Grafik hambatan total terhadap kecepatan kapal pelat datar 1 pada tiga tahap berbeda

Grafik di atas menunjukkan bahwa kecepatan kapal pelat datar 1 berada pada nilai yang paling kecil pada kondisi sebelum direndam, sedangkan kecepatan yang paling besar berada pada kondisi setelah dilakukan perendaman yang kedua kalinya. Berdasarkan data-data ini dapat dianalisa penyebab peningkatan kecepatan pada kapal pelat datar 1. Perendaman kapal pelat datar 1 di dalam air menyebabkan munculnya lendir di seluruh permukaan lambung kapal yang terkena air. Lendir yang berasal dari cat yang mengandung kanji ini mengakibatkan permukaan lambung menjadi licin. Permukaan yang licin ini mempengaruhi koefisien hambatan gesek kapal menjadi lebih kecil saat dilakukan uji tarik. Semakin lama kapal direndam, maka semakin banyak lendir kanji yang timbul.

Pengambilan data tahap kedua dilakukan dengan kondisi permukaan lambung kapal pelat datar 1 yang dipenuhi dengan lendir kanji. Namun lendir ini tidak keluar dengan merata. Diperkirakan, hal ini disebabkan oleh teknik pembuatan formulasi cat yang kurang baik karena masih menggunakan metode yang sangat sederhana sehingga campuran kanji dalam cat menjadi kurang merata. Lendir yang kurang merata pada permukaan lambung kapal

menyebabkan pengumpulan lendir tebal pada titik-titik tertentu, akibatnya dapat timbul hambatan baru saat dilakukan uji tarik.



Gambar 4.8 Kondisi permukaan kapal pelat datar 1 yang dipenuhi kanji yang tidak merata

Oleh karena itu, sebelum dilakukan perendaman kembali, lendir yang tidak merata pada permukaan lambung kapal pelat datar 1 dibersihkan. Kemudian dilakukan perendaman yang terakhir pada kapal pelat datar 1 ini. Diharapkan, kanji tetap mengeluarkan lendir pada permukaan lambung kapal, namun secara lebih merata karena kandungan kanjinya yang sudah lebih sedikit dibandingkan pada tahap-tahap awal.

Setelah 20 hari kapal pelat datar 1 direndam, terlihat bahwa permukaan lambungnya menimbulkan lendir yang lebih merata. Kemudian dilakukan uji tarik sebagai tahap ketiga untuk melihat perbedaan kecepatannya. Berdasarkan tabel 4.18 di atas, data kecepatan kapal pada tahap ini tetap meningkat dan lebih besar daripada kecepatan pada tahap pertama maupun kedua. Hal ini disebabkan oleh persebaran lendir kanji pada permukaan lambung kapal yang sudah lebih tipis dan merata namun tetap licin. Koefisien gesek kapal pada tahap ini pun lebih kecil daripada tahap sebelumnya, seperti yang digambarkan dalam grafik pada gambar 4.4 sebelumnya. Secara keseluruhan, peningkatan laju kapal pelat datar 1 pada setiap tahap percobaan dapat mencapai 10%.



Gambar 4.9 Kondisi permukaan kapal pelat datar 1 setelah lendir lebih merata

Berdasarkan analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kanji dalam formulasi cat kapal dapat menjadi salah satu alternatif dalam mengurangi hambatan gesek laju kapal.

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

1. Penggunaan 60% biopolimer kanji dalam formulasi cat kapal dapat mengurangi hambatan gesek laju kapal.
2. Bila dibandingkan, kapal pelat datar 1 yang dilapisi cat dengan campuran kanji 60% memiliki hambatan gesek yang lebih kecil daripada kapal pelat datar 2 yang dilapisi cat tanpa campuran kanji.
3. Kapal pelat datar 1 yang dilapisi cat dengan campuran kanji 60% memiliki kecepatan yang lebih besar daripada kapal pelat datar 2 yang dilapisi cat tanpa campuran kanji, pada setiap tahap percobaan dengan variasi nilai hambatan total yang sama.
4. Penggunaan cat biopolimer kanji dapat menjadi salah satu alternatif pengecatan kulit kapal yang ramah lingkungan.

5.2 SARAN

1. Proses pembuatan formulasi cat yang masih manual dan sederhana, sehingga untuk penelitian lebih lanjut diperlukan peningkatan cara pembuatan formulasi cat yang lebih baik.
2. Teknik pengecatan yang masih dilakukan secara manual dengan kuas, menyebabkan persebaran cat kurang merata.
3. Pertumbuhan lendir tidak berlangsung dalam jangka waktu yang lama sehingga cepat habis, untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperpanjang pertumbuhan lendir.

DAFTAR REFERENSI

- ITTC. (2002). *Recommended Procedures; Testing and Extrapolation Methods Resistance, Resistance Test*.
- Harvald, Sv.Aa. (1992). *Tahanan dan Propulsi Kapal* (Jusuf Susanto, Penerjemah). Surabaya : Airlangga University Pers.
- Kim, S., Xu J., & Liu S. (2009). Production of biopolymer composites by particle bonding. *Journal of Composites: Part A*, 41, 146-153.
- Payne, Gregory F. (2007). Biopolymer-based materials: the nanoscale components and their hierarchical assembly. *Current Opinion in Chemical Biology* 2007, 11:214-219
- Talahatu, M.A. (1985). *Teori Merancang Kapal*. Jakarta : FTUI