



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PEMBANDINGAN HAMBATAN GESEK LAJU KAPAL
DENGAN PENGGUNAAN 50% BIOPOLIMER KANJI DALAM
FORMULASI CAT KAPAL**

SKRIPSI

**NENI SUDIAR SIREGAR
0706275416**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PEMBANDINGAN HAMBATAN GESEK LAJU KAPAL
DENGAN PENGGUNAAN 50% BIOPOLIMER KANJI DALAM
FORMULASI CAT KAPAL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik


**NENI SUDIAR SIREGAR
0706275416**

**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 50% 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 **Gita Kurnia (0706275315)** dengan judul tugas akhir **Studi Perbandingan Hambatan Gesek Laju Kapal dengan Penggunaan 60% BioPolimer Kanji dalam Formulasi Cat Kapal** sehingga terdapat kata-kata atau kalimat yang sama.

Nama : Neni Sudiar Siregar
NPM : 0706275416
Tanda Tangan : 
Tanggal : 23 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Neni Sudiar Siregar
NPM : 0706275416
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Studi Perbandingan Hambatan Gesek Laju Kapal dengan Penggunaan 50% 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 Tresna Wibowo



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



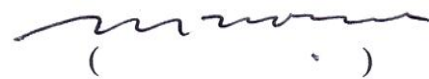
Penguji : Ir. Sunaryo Ph.D



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



Penguji : Ir. Mukti Wibowo



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 23 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji dan syukur kepada Tuhan YME atas berkat dan bimbingan-Nya selama proses pengerjaan skripsi dan dalam pengerjaan laporan skripsi, yang dapat terselesaikan dengan baik.

Buku laporan skripsi ini dibuat berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Hidrodinamika, dengan judul, **Studi Perbandingan Hambatan Gesek Laju Kapal dengan Penggunaan 50% Biopolimer Kanji dalam Formulasi Cat Kapal.**

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam proses pengerjaan skripsi dan pengerjaan laporan ini. Adapun pihak-pihak tersebut,

1. Ayah, Mama, Kakak, Abang dan Adik tercinta yang telah memberikan doa, semangat serta dukungan secara moril dan material;
2. Ir. Hadi Tresna Wibowo, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
3. Ir. Mukti Wibowo, Dr. Ir. Sunaryo, Ir. M.A. Talahatu, MT dan Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Eng, M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran pada skripsi ini;
4. Gita Kurnia, selaku sahabat dan teman dalam penelitian yang telah membantu dalam pengerjaan dan penyusunan skripsi ini dari awal sampai selesai;
5. M. Arif Budiayanto, Alyusra, Raden, Farid, Arif Nurrosyidi, yang telah membantu dalam pembuatan kapal untuk uji tarik;
6. 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. Tasia Larosa, Vica Yunar, Hana Maryam, Dwi Lintang Lestari, Hesty Aprilia, Anta Rut Respati, Yodifta, selaku sahabat-sahabat penulis yang telah memberikan doa, semangat dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini;

8. Teman perjuangan Mesin dan Kapal 2007, yang telah memberikan semangat dan bantuan untuk menyelesaikan skripsi ini;

9. Seluruh pegawai DTM-UI yang telah membantu pelaksanaan administrasi untuk izin menggunakan lab, peminjaman buku;

Serta semua pihak yang telah membantu terlaksananya skripsi ini baik secara langsung maupun tidak dan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis sadar bahwa dalam laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, karena itu kami mengharapkan kritik dan saran membangun terkait dengan pembahasan dalam laporan ini. Diharapkan laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan juga perkembangan ilmu Teknik Perkapalan.

Depok, Juni 2011

Penulis

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

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

Nama : Neni Sudiar Siregar
NPM : 0706275416
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 PEMBANDINGAN HAMBATAN GESEK LAJU KAPAL DENGAN
PENGUNAAN 50% BIOPOLIMER KANJI DALAM FORMULASI CAT
KAPAL**

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 : 23 Juni 2011

Yang menyatakan



(Neni Sudiar Siregar)

vi

ABSTRAK

Nama : Neni Sudiar Siregar
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Studi Perbandingan Hambatan Gesek Laju Kapal dengan
Penggunaan 50% 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 : Neni Sudiar Siregar
Study Program: Naval Architecture
Title : Comparison Study of Ship Frictional Resistance Using 50% of Starch Biopolymer in Marine Paint Formulation

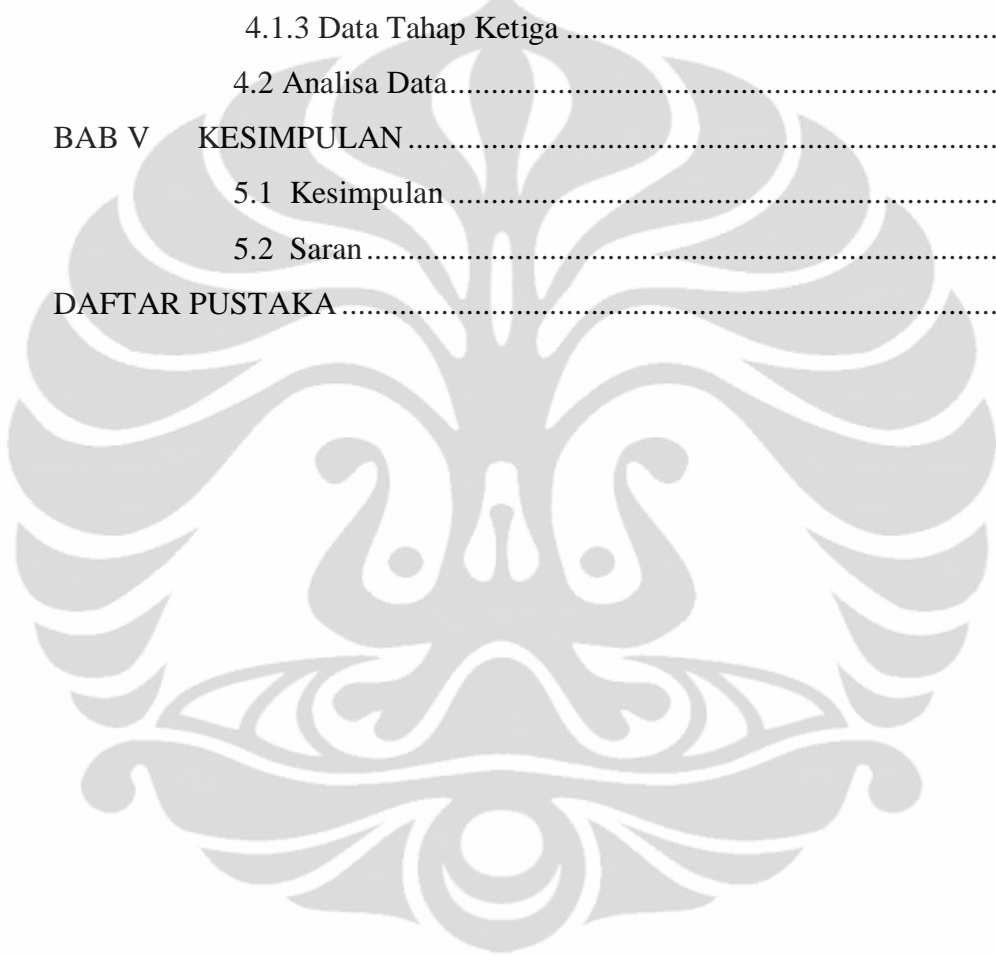
Ship operation is a very interesting business but also can cause high risks. Various efforts to increase efficiency have been done to minimize ship operation cost without cutting the repair cost. Reducing the frictional ship resistance by using biopolymers in paints is one of the solutions to increase 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.

Key words : biopolymer, marine paint, friction resistance

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
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	2
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Hambatan Kapal	5
2.1.1 Hambatan Gesek	5
2.1.2 Hambatan Gelombang	7
2.1.3 Hambatan Bentuk	7
2.1.4 Hambatan Udara	7
2.1.5 Hambatan Tambahan	8
2.2 Polimer	8
BAB III RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN	10
3.1 Spesifikasi Uji Tarik	10
3.1.1 Kapal Pelat Datar	10
3.1.2 Cat Kapal	14
3.1.3 Kolam Uji Tarik	15
3.1.4 Sensor Alat Pengukur Kecepatan	15

3.1.5 Beban.....	16
3.2 Prosedur Uji Tarik	17
BAB IV PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA.....	21
4.1 Perhitungan Data.....	21
4.1.1 Data Tahap Pertama.....	21
4.1.2 Data Tahap Kedua.....	26
4.1.3 Data Tahap Ketiga	29
4.2 Analisa Data.....	32
BAB V KESIMPULAN	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Rancangan Kapal dalam Software CATIA®	10
Gambar 3.2	Hasil Potongan Triplek	11
Gambar 3.3	Proses Perangkaian Kapal Pelat Datar	11
Gambar 3.4	Kapal Pelat Datar yang telah dirangkai	11
Gambar 3.5	Kapal Pelat Datar yang telah didempul	12
Gambar 3.6	Proses Pengamplasan Kapal Pelat Datar	12
Gambar 3.7	Kapal Pelat Datar sebelum dilapisi Cat	13
Gambar 3.8	Dua Buah Kapal Pelat Datar setelah dilapisi dengan Cat yang berbeda	13
Gambar 3.9	Cat Asli tanpa campuran Kanji	14
Gambar 3.10	Cat dengan Komposisi 50% Kanji	14
Gambar 3.11	Kolam Uji Tarik	15
Gambar 3.12	Kamera Sensor	16
Gambar 3.13	Pengukur Kecepatan	16
Gambar 3.14	Beban Pasir	17
Gambar 3.15	Kapal Pelat Datar yang telah diberi Muatan	17
Gambar 3.16	Pemasangan Sensor Alat Pengukur Kecepatan	18
Gambar 3.17	Kapal Pelat Datar siap diuji tarik	18
Gambar 3.18	Perendaman Kapal Pelat Datar 1	19
Gambar 3.19	Perendaman Kedua Kapal Pelat Datar 1	19
Gambar 4.1	Grafik Kecepatan terhadap Hambatan Total Kapal pada Tahap Pertama	23
Gambar 4.2	Grafik Kecepatan terhadap Hambatan Total Kapal pada Tahap Kedua	28
Gambar 4.3	Grafik Kecepatan terhadap Hambatan Total Kapal pada Tahap Ketiga	31
Gambar 4.4	Grafik Hambatan Total terhadap Koefisien Hambatan Gesek	34
Gambar 4.5	Permukaan Kapal Pelat Datar 1 Tahap Pertama dan Permukaan Kapal Pelat Datar 2	34
Gambar 4.6	Permukaan Kapal Pelat Datar 1 Tahap Kedua	35

Gambar 4.7	Permukaan Kapal Pelat Datar 1 Tahap Ketiga.....	35
Gambar 4.8	Grafik Kecepatan terhadap Hambatan Total Kapal Pelat Datar 1...	36
Gambar 4.9	Permukaan Kapal Pelat Datar 1 Tahap Pertama, Tahap Kedua, Tahap Ketiga.....	37



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data Berat Total Kapal Pelat Datar.....	16
Tabel 4.1	Data Kecepatan Kapal Pelat Datar 1 Tahap Pertama.....	21
Tabel 4.2	Data Kecepatan Kapal Pelat Datar 2.....	22
Tabel 4.3	Koefisien Hambatan Total (C_T) pada Kapal Pelat Datar 1 Tahap Pertama dan pada Kapal Pelat Datar 2.....	24
Tabel 4.4	Koefisien Hambatan Gesek (C_F) Kapal Pelat Datar 2.....	24
Tabel 4.5	Koefisien Hambatan Sisa (C_R) Kapal Pelat Datar 2	25
Tabel 4.6	Koefisien Hambatan Gesek (C_F) Kapal Pelat Datar 1 Tahap Pertama	25
Tabel 4.7	Hambatan Sisa (R_R) pada Kapal Pelat Datar 1 Tahap Pertama dan pada Kapal Pelat Datar 2.....	26
Tabel 4.8	Hambatan Gesek (R_F) pada Kapal Pelat Datar 1 Tahap Pertama dan pada Kapal Pelat Datar 2.....	26
Tabel 4.9	Data Kecepatan Kapal Pelat Datar 1 Tahap Kedua	27
Tabel 4.10	Koefisien Hambatan Total (C_T) Kapal Pelat Datar 1 Tahap Kedua	28
Tabel 4.11	Koefisien Hambatan Gesek (C_F) Kapal Pelat Datar 1 Tahap Kedua	28
Tabel 4.12	Hambatan Sisa (R_R) pada Kapal Pelat Datar 1 Tahap Kedua dan pada Kapal Pelat Datar 2.....	29
Tabel 4.13	Hambatan Gesek (R_F) pada Kapal Pelat Datar 1 Tahap Kedua dan pada Kapal Pelat Datar 2.....	29
Tabel 4.14	Data Kecepatan Kapal Pelat Datar Tahap Ketiga	29
Tabel 4.15	Koefisien Hambatan Total (C_T) Kapal Pelat Datar 1 Tahap Ketiga	31
Tabel 4.16	Koefisien Hambatan Gesek (C_F) Kapal Pelat Datar 1 Tahap Ketiga	31
Tabel 4.17	Hambatan Sisa (R_R) pada Kapal Pelat Datar 1 Tahap Ketiga dan pada Kapal Pelat Datar 2.....	32
Tabel 4.18	Hambatan Gesek (R_F) pada Kapal Pelat Datar 1 Tahap Ketiga dan pada Kapal Pelat Datar 2.....	32
Tabel 4.19	Data Kecepatan Kapal Pelat Datar 1 dan Kapal Pelat Datar 2	32

Tabel 4.20 Data Kecepatan Kapal Pelat Datar Tahap Pertama, Tahap Kedua dan Tahap Ketiga 36



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Agar dapat bersaing, pengoperasian sebuah kapal menuntut pemakaian bahan bakar yang efisien. Solusi dalam menjawab masalah ini diharapkan merupakan sebuah produk yang ramah lingkungan sebagai tuntutan global. Salah satu solusi yang diharapkan dapat memecahkan masalah ini adalah pengecatan kulit kapal dengan bahan biopolimer kanji.

Kandungan garam yang tinggi pada air laut dapat menyebabkan korosi pada lapisan cat kapal yang terus menerus bersentuhan dengan air laut. Sehingga permukaan kulit kapal tidak lagi licin dan akan menambah hambatan gesek laju kapal yang pada akhirnya terjadi peningkatan pemakaian bahan bakar.

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.

Pengecatan kapal dengan bahan biopolimer merupakan sebuah produk ramah lingkungan. Produk ramah lingkungan tidak hanya menggunakan bahan dan proses yang ramah lingkungan, tetapi juga dituntut untuk tidak mencemari lingkungan dan mudah didegradasi secara alami. Sebagai contoh adalah material polimer plastik sintetis 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.

Demikian juga dengan material cat yang terbuat dari polimer resin sintetis. Material cat diharapkan dapat dicampurkan dengan kanji dari tepung singkong yang merupakan polimer karbohidrat, 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

Penelitian yang berjudul Studi Perbandingan Hambatan Gesek Laju Kapal dengan Penggunaan 50% Biopolimer Kanji dalam Formulasi Cat Kapal ini merupakan salah satu penelitian yang mendapat Hibah Riset Berbasis Laboratorium Kolaboratif Internal Universitas Indonesia Tahun 2010 yang dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Universitas Indonesia.

Perumusan masalah yang diangkat dari penelitian ini adalah apakah kanji sebanyak 50% yang dicampur dalam formulasi cat dapat mengurangi hambatan gesek kapal.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah kanji sebanyak 50% yang dicampur dalam formulasi cat dapat mengurangi hambatan gesek kapal.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar pembahasan penelitian tidak meluas, maka perlu diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Percobaan dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Indonesia dengan peralatan yang ada pada saat penelitian.
2. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua kapal pelat datar. Kapal pelat datar 1 yaitu kapal yang dilapisi oleh cat dengan campuran 50% kanji dan kapal pelat datar 2 yaitu kapal yang dilapisi oleh cat tanpa campuran kanji.
3. Percobaan dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi beban tahanan (0,05 kg, 0,1 kg, 0,15 kg, 0,20 kg dan 0,25 kg) pada setiap kapal.
4. Percobaan dilakukan pada kondisi air tenang.
5. Analisa dilakukan mengenai pengaruh campuran 50% kanji dalam formulasi cat terhadap hambatan gesek kapal.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur

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

2. Percobaan di Laboratorium

Percobaan dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian.

- Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua variasi kapal pelat datar yang berdimensi sama namun dengan perlakuan cat yang berbeda.
- Percobaan dilakukan dengan menggunakan cat biopolimer yang diformulasikan secara khusus, yaitu dicampur dengan 50% kanji. Formulasi cat ini hanya untuk kapal pelat datar 1.
- Kecepatan dari masing-masing kapal pelat datar dicatat dengan melakukan variasi percobaan tarik dengan beban tahanan seberat 0,05 kg, 0,1 kg, 0,15 kg, 0,2 kg dan 0,25 kg. Kecepatan dicatat secara otomatis menggunakan alat sensor pengukur kecepatan.
- Percobaan dilakukan dengan menggunakan muatan berupa pasir yang memiliki berat yang berbeda pada masing-masing kapal pelat datar, sehingga kedua kapal pelat datar memiliki berat total yang sama.

3. Pengumpulan data

- Data kecepatan kapal pelat datar hasil percobaan berdasarkan variasi beban tahanan yang diberikan.

4. Pengolahan dan analisa data

- Analisa mengenai perbandingan kecepatan kapal pelat datar 1 yang dilapisi oleh cat dengan campuran 50% kanji dengan kapal pelat datar 2 yang dilapisi oleh cat tanpa campuran kanji.
- Analis mengenai mengenai pengaruh campuran 50% kanji dalam formulasi cat 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 terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

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 rangkain 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 kedalam grafik beserta analisisnya.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

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 berkerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.

Besar hambatan total (R_T) kapal dipengaruhi oleh koefisien hambatan total (C_T), luas permukaan basah (S), massa jenis air (ρ) dan kecepatan kapal (v) dengan rumus sebagai berikut:

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

Hambatan total (*total resistance*) kapal merupakan sejumlah komponen hambatan yang berbeda-beda, diakibatkan oleh berbagai macam penyebab dan saling berinteraksi dalam cara yang rumit.

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 tahanan 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 hambatan gesek.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai koefisien gesek yaitu sifat aliran, angka Reynolds, bentuk permukaan, sifat dan keadaan permukaan. Selanjutnya koefisien hambatan 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 keukuran 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 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.

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

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

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 timbullah suatu gaya yang melawannya 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 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 alami. Polimer sintesis adalah polimer buatan seperti *nylon*, *polyester*, kantong plastik dan botol. Sedangkan polimer alami (biopolimer) adalah polimer yang berasal dari alam seperti karet alam, lendir binatang, dan lain-lain. Sifat polimer sintesis tidak terlalu ramah lingkungan untuk digunakan sehingga dikembangkan polimer alami untuk menggantikan polimer sintesis 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 berdasarkan 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 sintetis yang dipakai untuk pembuatan cat adalah polimer yang larut dalam pelarut organik (pelarut *nonpolar*). Pencampuran biopolimer dengan polimer sintetis 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 di 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

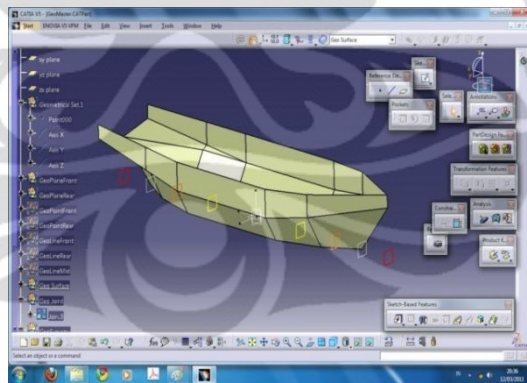
RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

3.1 Spesifikasi Uji Tarik

Percobaan uji tarik dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Indonesia. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua variasi kapal pelat datar yang berdimensi sama namun dengan perlakuan cat yang berbeda. Berikut adalah beberapa alat pendukung dalam proses uji tarik.

3.1.1 Kapal Pelat Datar

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



Gambar 3.1 Rancangan kapal dalam software CATIA®

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

1. Bukaan kulit yang telah dibuat dalam software CATIA® dicetak kedalam kertas.
2. Cetakan bukaan kulit di kertas tersebut kemudian dijiplak kedalam lembaran triplex. Metode penjiplakan dapat menggunakan kertas karbon ataupun melakukan pengukuran manual.

3. Setelah bukaan kulit dijiplak pada lembaran triplex langkah selanjutnya yaitu memotong triplex sesuai dengan garis jiplakan sehingga menjadi bagian-bagian yang siap untuk dirangkai.



Gambar 3.2 Hasil potongan triplex

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



Gambar 3.3 Proses perangkaian kapal pelat datar



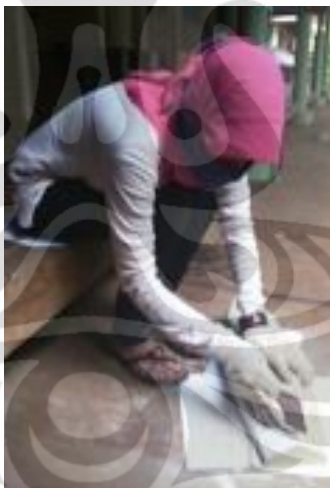
Gambar 3.4 Kapal pelat datar yang telah dirangkai

5. Tahap selanjutnya adalah pendempulan. Pendempulan dilakukan dengan cara melapisi sisi luar permukaan kapal yang kasar dengan dempul.



Gambar 3.5 Kapal pelat datar yang telah didempul

6. Setelah kapal didempul, lalu dilakukan penghalusan. Penghalusan dilakukan dengan cara diamplas.



Gambar 3.6 Proses pengamplasan kapal pelat datar

7. Proses berikutnya adalah melapisi mat dan resin pada bagian dalam kapal pelat datar, tujuannya adalah agar air tidak merembes ke dalam kapal pelat datar saat proses uji tarik.
8. 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 adalah formulasi catnya. Kapal pelat datar 1 dilapisi oleh cat dengan campuran 50% kanji sedangkan kapal pelat datar 2 dilapisi oleh cat tanpa campuran kanji.



Gambar 3.7 Kapal pelat datar sebelum dilapisi cat



Gambar 3.8 Dua buah kapal pelat datar setelah dilapisi dengan cat yang berbeda

Spesifikasi dari kapal Pelat datar tersebut adalah:

- Panjang Kapal : 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
- C_b : 0,6

3.1.2 Cat Kapal

Cat yang digunakan dalam percobaan adalah jenis cat yang cepat kering (*lacquer*). Langkah-langkah pembuatan cat adalah sebagai berikut:

1. Tahap pertama adalah pembuatan kanji, yaitu dengan cara memasak tepung tapioka yang dicampur dengan air.
2. Tahap selanjutnya adalah pembuatan larutan jelutung. Larutan jelutung ini dibuat dengan cara mencampurkan jelutung kering dengan N-Hexan.
3. Setelah itu, kanji dicampurkan dengan jelutung. Tujuannya adalah agar kanji dan cat dapat menyatu. Karena jelutung berfungsi sebagai surfaktan alami. Jika tidak dilakukan penambahan jelutung, maka kanji dan cat akan terpisah. Kanji yang telah dicampur jelutung adalah sebanyak 50% dari total formulasi cat yang diinginkan.
4. Setelah kanji dan jelutung menyatu, kemudian masukkan cat *lacquer* secara perlahan-lahan dan sambil diaduk. Cat yang dimasukkan adalah sebanyak 50% dari total formulasi cat yang diinginkan. Jadi, jumlah cat yang dimasukkan sama dengan jumlah kanji yang telah dicampur surfaktan. Saat memasukkan cat perlahan-lahan, formulasi cat ditambahkan tinher untuk meratakan sampai larutan dan cat menjadi homogen.



Gambar 3.9 Cat asli tanpa campuran kanji



Gambar 3.10 Cat dengan komposisi 50% kanji

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 di kaitkan di kapal pelat datar yang ingin diuji.



Gambar 3.11 Kolam uji tarik

3.1.4 Sensor Alat Pengukur Kecepatan

Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan kapal pelat datar adalah sensor alat pengukur kecepatan. Alat ini terdiri dari kamera sensor dan pengukur kecepatan yang dihubungkan dengan kabel ke sumber listrik menggunakan adaptor. Saat kapal melewati kamera sensor, maka pengukur kecepatan akan menampilkan kecepatan dan waktu tempuh kapal yang telah terekam oleh kamera sensor. Jarak antar kamera sensor adalah 10 cm.

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

Universitas Indonesia

kapal pelat datar menyentuh ujung lintasan. Hal ini bertujuan agar kecepatan yang kapal tersebut sudah lebih stabil dari setelah dilepaskan di awal lintasan.



Gambar 3.12 Kamera sensor



Gambar 3.13 Pengukur kecepatan

3.1.5 Beban

Beban yang digunakan adalah berupa kantong berisi pasir. Beban ini diletakkan pada *cargo hold* kapal pelat datar untuk mendapatkan *draught* kapal pelat datar yang diinginkan. 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. Kapal pelat datar 1 diberi beban sebesar 3,0345 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 Data berat total kapal pelat datar

	Kapal 1 (50% kanji)	Kapal 2 (tanpa kanji)
Berat Kapal Kosong	0,42935 kg	0,37725 kg
Berat Muatan	3,0345 kg	3,0866 kg
Berat Total Kapal	3,46385 kg	3,46385 kg



Gambar 3.14 Beban pasir

3.2 Prosedur Uji Tarik

Langkah-langkah percobaan dalam uji tarik kapal pelat datar adalah sebagai berikut:

1. Siapkan semua peralatan alat uji dan pastikan semua alat dalam kondisi yang baik.
2. Mempersiapkan kolam uji tarik, pasang tali penghubung antara bandul dan kapal pelat datar dengan sistem katrol yang sudah ada. Pastikan semua peralatan tersebut tidak ada gangguan disaat dilakukan percobaan.
3. Mengisi muatan kapal dengan muatan pasir. Untuk kapal pelat datar 1 yang dilapisi oleh cat dengan campuran 50% kanji diberi muatan sebesar 3,0345 kg, sedangkan untuk kapal pelat datar 2 yang dilapisi oleh cat tanpa campuran kanji sebesar 3,0866 kg.



Gambar 3.15 Kapal pelat datar yang telah diberi muatan

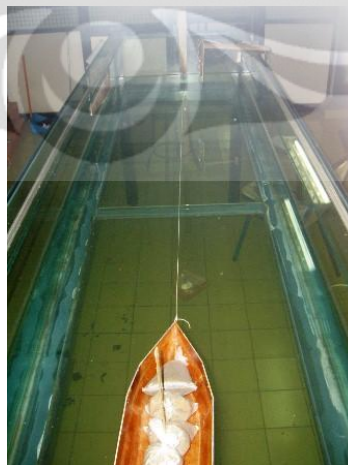
4. Menyiapkan alat pengukur kecepatan. Kamera sensor dipasang dengan posisi menjorok ke dalam kolam sedangkan pengukur kecepatan ditempelkan di dinding luar kolam agar mudah dibaca.

Universitas Indonesia



Gambar 3.16 Pemasangan seonsor alat pengukur kecepatan

5. Mengecek kembali semua rangkaian pengujian. Pengecekan meliputi kondisi air kolam uji tari sudah tenang, bandul terpasang, kapal pelat datar terikat dengan benar, tali penghubung terpasang dengan benar, dan alat pengukur kecepatan sudah siap untuk merekam. Proses pengujian dilakukan dalam kondisi air yang tenang dengan tujuan mengurangi adanya hambatan baru yang ditimbulkan oleh gelombang air.
6. Siap untuk melakukan uji tarik tahap pertama yaitu uji tarik kapal pelat datar 1 yang dilapisi oleh cat dengan campuran 50% kanji, lalu selanjutnya uji tarik kapal pelat datar 2 yang dilapisi oleh cat tanpa campuran kanji. Pada tiap uji tarik kapal pelat datar dilakukan 5 pembebanan bandul yang berbeda (0,05 kg, 0,1 kg, 0,15 kg, 0,2 kg, dan 0,25 kg) dan masing-masing pembebanan bandul diperoleh lima data.



Gambar 3.17 Kapal pelat datar siap diuji tarik

7. Pada setiap melakukan uji tarik data yang tersimpan di pembaca kecepatan langsung dicatat untuk pengolahan data selanjutnya.

8. Setelah uji tarik kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2 selesai, selanjutnya dilakukan perendaman selama 19 hari untuk kapal pelat datar 1 di kolam yang telah disiapkan. Kolam untuk perendaman ini berbeda dengan kolam yang dipakai saat proses uji tarik.



Gambar 3.18 Perendaman kapal pelat datar 1

9. Kemudian dilakukan uji tarik selanjutnya pada kapal pelat datar 1 yaitu uji tarik tahap kedua dengan prosedur yang sama dengan di atas. Perbedaannya adalah uji tarik tahap kedua dilakukan setelah dilakukan perendaman dan hanya dilakukan pada kapal pelat datar 1 sedangkan uji tarik tahap pertama tidak dilakukan perendaman terlebih dahulu.
10. Setelah dilakukan uji tarik tahap kedua sesuai prosedur di atas, kemudian kapal pelat datar 1 direndam kembali selama 19 hari. Namun, 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.



Gambar 3.19 Perendaman kedua untuk kapal pelat datar 1

11. Langkah selanjutnya adalah uji tarik tahap ketiga dengan prosedur yang sama dengan uji tarik tahap pertama dan tahap kedua dan hanya dilakukan pada kapal pelat datar 1. Jadi, pada kapal pelat datar 1 dilakukan uji tarik sebanyak tiga tahap sedangkan pada kapal pelat datar 2 hanya satu tahap saja.



BAB IV PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

4.1 Perhitungan Data

Dari percobaan yang dilakukan dengan menggunakan sensor alat pengukur kecepatan didapatkan data langsung berupa kecepatan dalam satuan m/s dan waktu tempuh dari masing-masing kapal pelat datar. Kapal pelat datar 1 yaitu yang dilapisi oleh cat dengan campuran 50% kanji dan kapal pelat datar 2 yaitu yang dilapisi oleh cat tanpa campuran kanji.

Pada percobaan ini menggunakan variasi beban tahan 0,05 kg, 0,1 kg, 0,15 kg, 0,2 kg dan 0,25 kg pada masing-masing kapal pelat datar. Luas permukaan basah yang dipakai dalam perhitungan didapatkan dari software CATIA® yaitu sebesar 0,037 m².

4.1.1 Data Tahap Pertama

Data yang diperoleh pada pengambilan data tahap pertama adalah kecepatan (v) dan waktu tempuh (t) kedua kapal pelat datar yang terekam oleh sensor alat pengukur kecepatan. Berikut adalah data kecepatan kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2.

Tabel 4.1 Data kecepatan kapal pelat datar 1 tahap pertama

Kapal Pelat Datar 1 dengan 50% kanji			
No.	Tahanan Total (kg)	v (m/s)	t (ms)
1	0.5	0.4569	218.838
2		0.4929	202.868
3		0.4722	211.752
4		0.4502	218.35
5		0.4931	202.776
Avarage		0.47306	210.9168
1	0.1	0.5914	169.088
2		0.5902	169.43
3		0.6001	166.634
4		0.6226	160.582

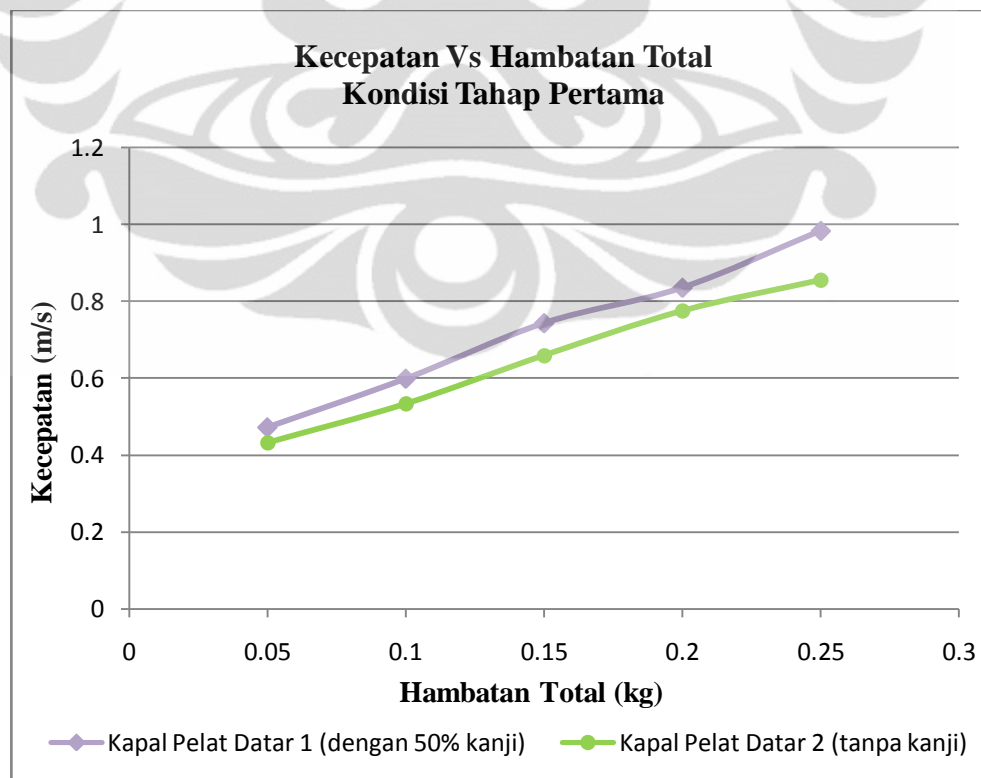
5		0.5938	168.402
Avarage		0.59962	166.8272
1	0.15	0.7706	129.758
2		0.744	134.402
3		0.7329	136.434
4		0.8134	122.926
5		0.8197	121.994
Avarage		0.77612	129.1028
1	0.2	0.836	119.608
2		0.871	114.814
3		0.7957	125.666
4		0.765	130.71
5		0.8362	119.586
Avarage		0.82078	122.0768
1	0.25	0.9604	104.114
2		1.0613	94.22
3		0.9745	102.612
4		0.959	104.27
5		0.965	103.618
Avarage		0.98404	101.7668

Tabel 4.2 Data kecepatan kapal pelat datar 2

Kapal Pelat Datar 2 tanpa kanji			
No.	Tahanan 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
Avarage		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
Avarage		0.53348	187.6752
1	0.15	0.6293	158.894
2		0.6333	157.884
3		0.622	160.764

4		0.6226	160.612
5		0.6594	151.632
Avarage		0.63332	157.9572
1	0.2	0.8091	123.586
2		0.8594	116.35
3		0.7766	128.756
4		0.8112	123.268
5		0.7752	128.992
Avarage		0.8063	124.1904
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
Avarage		0.86362	117.2740667

Dari data mentah berupa kecepatan masing-masing kapal pelat datar, dapat diperoleh grafik kecepatan terhadap hambatan total pada kapal pelat datar 1 dan pada kapal pelat datar 2.



Gambar 4.1 Grafik kecepatan terhadap hambatan total kapal pada tahap pertama

Dari data kecepatan di atas, maka dapat dihitung besarnya koefisien hambatan total masing-masing kapal berdasarkan rumus:

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

R _T (kg)	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
	C _T	C _T
0.05	0.012077188	0.012900261
0.1	0.015034052	0.018992931
0.15	0.013460518	0.020214971
0.2	0.016047402	0.016628955
0.25	0.013955416	0.018118527

Setelah itu adalah menentukan nilai Koefisien hambatan gesek (C_F) pada kapal pelat datar 2 dengan menggunakan rumus *The International Towing Tank Conference* (ITTC) tahun 1957:

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

dengan Re adalah bilangan Reynolds yang dihitung dengan rumus:

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

Tabel 4.4 Koefisien hambatan gesek (C_F) kapal pelat datar 2

Kapal Pelat Datar 2		
R _T (kg)	Re	C _F
0.05	34329	0.011664841
0.1	40011	0.011076098
0.15	47499	0.010468077
0.2	60472.5	0.009693599
0.25	64771.5	0.009489011

Koefisien hambatan sisa (C_R) kapal pelat datar 2 dapat ditentukan dengan mengurangi koefisien hambatan total (C_T) dengan koefisien hambatan gesek (C_F).

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

Tabel 4.5 Koefisien hambatan sisa (C_R) kapal pelat datar 2

Kapal Pelat Datar 2	
R_T (kg)	C_R
0.05	0.00123542
0.1	0.007916833
0.15	0.009746894
0.2	0.006935356
0.25	0.008629517

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

Tabel 4.6 Koefisien hambatan gesek (C_F) kapal pelat datar 1 tahap pertama

Kapal Pelat Datar 1	
R_T (kg)	C_F
0.05	0.010841768
0.1	0.007117219
0.15	0.003713624
0.2	0.009112046
0.25	0.005325899

Dengan diperolehnya nilai koefisien hambatan sisa (C_R) masing-masing kapal pelat datar, maka dapat diketahui besarnya hambatan sisa (R_R) masing-masing kapal pelat datar dengan menggunakan rumus:

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

Tabel 4.7 Hambatan sisa (R_R) pada kapal pelat datar 1 tahap pertama dan pada kapal pelat datar 2

R_T (kg)	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
	R_R	R_R
0.05	0.005114683	0.004788352
0.1	0.052659341	0.041683049
0.15	0.108616481	0.072324324
0.2	0.086435868	0.083413009
0.25	0.154590821	0.119070337

Perhitungan berikutnya adalah menghitung hambatan gesek (R_F) pada masing-masing kapal dengan menggunakan rumus:

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

Tabel 4.8 Hambatan gesek (R_F) pada kapal pelat datar 1 tahap pertama dan pada kapal pelat datar 2

R_T (kg)	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
	R_F	R_F
0.05	0.044885317	0.045211648
0.1	0.047340659	0.058316951
0.15	0.041383519	0.077675676
0.2	0.113564132	0.116586991
0.25	0.095409179	0.130929663

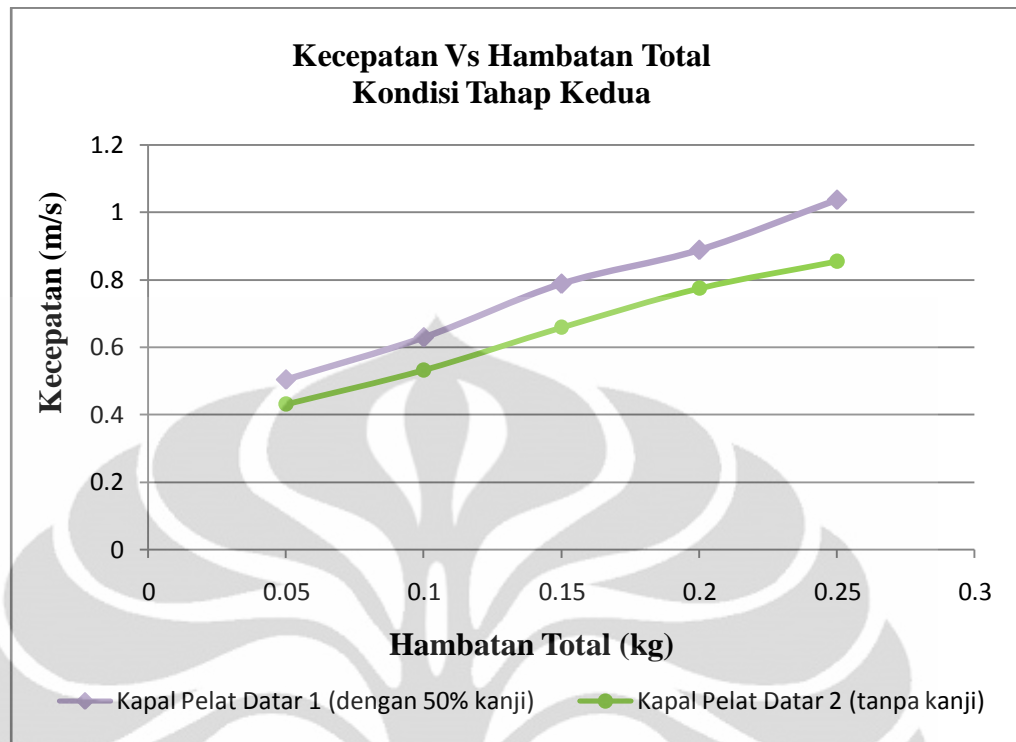
4.1.2 Data Tahap Kedua

Setelah dilakukan proses perendaman pada kapal pelat datar 1 selama beberapa hari, maka dilakukan pengambilan data tahap kedua. Data mentah yang dihasilkan pada pengambilan data tahap kedua sama seperti data mentah pada tahap pertama yaitu berupa kecepatan kapal dan waktu tempuh kapal.

Tabel 4.9 Data kecepatan kapal pelat datar 1 tahap kedua

Kapal Pelat Datar 1 dengan 50% kanji			
No.	Tahanan Total (kg)	v (m/s)	t (ms)
1	0.5	0.5064	197.456
2		0.5122	125.226
3		0.4708	208.83
4		0.5472	182.738
5		0.4902	200.566
Avarage		0.50536	182.9632
1	0.1	0.6224	160.642
2		0.6622	151.006
3		0.5866	170.456
4		0.6066	164.828
5		0.6735	148.476
Avarage		0.63026	159.0816
1	0.15	0.8084	123.692
2		0.8056	124.118
3		0.7843	127.482
4		0.8019	124.7
5		0.7445	134.302
Avarage		0.78894	126.8588
1	0.2	0.8352	119.728
2		0.9078	110.142
3		0.9209	108.586
4		0.8715	114.732
5		0.91	109.884
Avarage		0.88908	112.6144
1	0.25	0.9175	108.982
2		0.9336	107.104
3		1.1409	87.646
4		1.0308	97.004
5		1.1645	85.868
Avarage		1.03746	97.3208

Dari data kecepatan di atas, dapat diperoleh grafik kecepatan terhadap hambatan total pada kapal pelat datar 1 tahap kedua dan pada kapal pelat datar 2.



Gambar 4.2 Grafik kecepatan terhadap hambatan total kapal pada tahap kedua

Tabel 4.10 Koefisien hambatan total (C_T) kapal pelat datar 1 tahap kedua

R_T (kg)	Kapal Pelat Datar 1
	C_T
0.05	0.010582702
0.1	0.013607827
0.15	0.013026615
0.2	0.013676551
0.25	0.012555256

Tabel 4.11 Koefisien hambatan gesek (C_F) kapal pelat datar 1 tahap kedua

Kapal Pelat Datar 1	
R_T (kg)	C_F
0.05	0.009347282
0.1	0.005690994
0.15	0.003279721
0.2	0.006741195
0.25	0.003925739

Tabel 4.12 Hambatan sisa (R_R) pada kapal pelat datar 1 tahap kedua dan pada kapal pelat datar 2

R_T (kg)	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
	R_R	R_R
0.05	0.005836978	0.004788352
0.1	0.058178523	0.041683049
0.15	0.112234385	0.072324324
0.2	0.101419659	0.083413009
0.25	0.171830764	0.119070337

Tabel 4.13 Hambatan gesek (R_F) pada kapal pelat datar 1 tahap kedua dan pada kapal pelat datar 2

R_T (kg)	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
	R_F	R_F
0.05	0.044163022	0.045211648
0.1	0.041821477	0.058316951
0.15	0.037765615	0.077675676
0.2	0.098580341	0.116586991
0.25	0.078169236	0.130929663

4.1.3 Data Tahap Ketiga

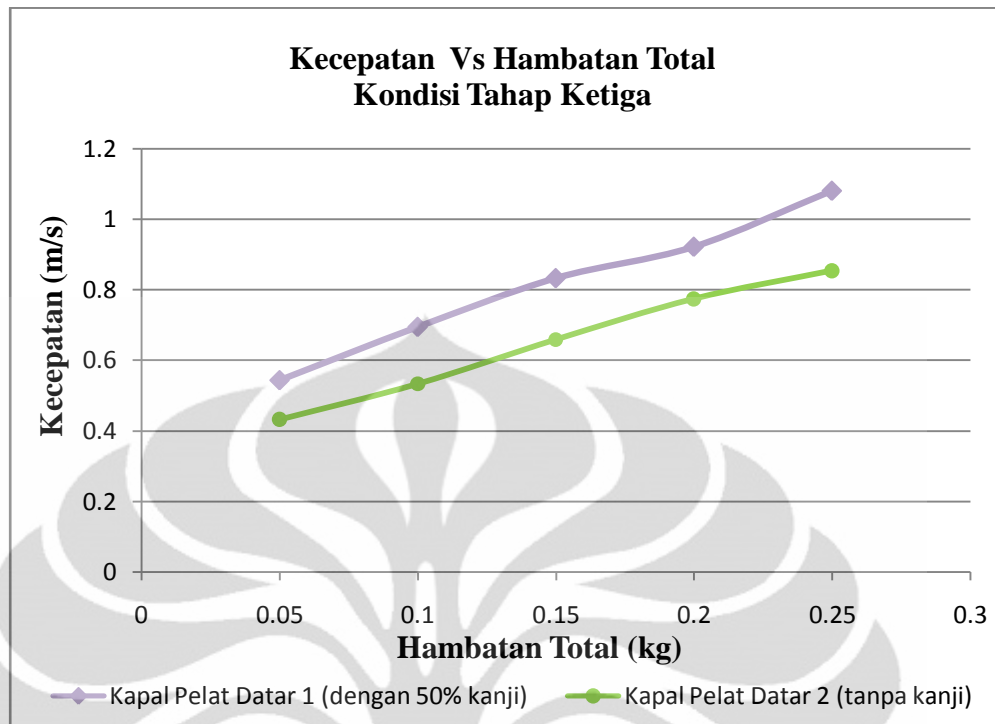
Setelah pengambilan data tahap kedua, maka dilakukan perendaman kembali pada kapal pelat datar 1 selama beberapa hari. Kemudian setelah itu dilakukan pengambilan data tahap ketiga dengan metode yang sama dengan tahap-tahap sebelumnya.

Tabel 4.14 Data kecepatan kapal pelat datar 1 tahap ketiga

Kapal Pelat Datar 1 dengan 50% kanji			
No.	Tahanan Total (kg)	v (m/s)	t (ms)
1	0.5	0.5443	183.706
2		0.4815	207.656

3		0.4931	202.758
4		0.5649	177
5		0.5221	191.504
Avarage		0.52118	192.5248
1		0.7155	139.762
2		0.7012	142.596
3	0.1	0.7071	141.412
4		0.6493	154
5		0.7049	141.858
Avarage		0.6956	143.9256
1		0.8319	120.202
2		0.8275	120.836
3	0.15	0.8708	114.832
4		0.8327	120.088
5		0.8076	123.81
Avarage		0.8341	119.9536
1		0.8942	111.83
2		0.9232	108.316
3	0.2	0.9007	111.024
4		0.8922	112.072
5		0.9204	108.636
Avarage		0.90614	110.3756
1		1.0494	95.306
2		1.1236	88.992
3	0.25	1.0268	97.386
4		1.1138	89.778
5		1.0976	91.106
Avarage		1.08224	92.5136

Berdasarkan data kecepatan di atas, maka diperoleh grafik kecepatan terhadap hambatan total pada kapal pelat datar 1 tahap ketiga dan pada kapal pelat datar 2.



Gambar 4.3 Grafik kecepatan terhadap hambatan total kapal pada tahap ketiga

Tabel 4.15 Koefisien hambatan total (C_T) kapal pelat datar 1 tahap ketiga

R_T (kg)	Kapal Pelat Datar 1
	C_T
0.05	0.009122662
0.1	0.011171439
0.15	0.011654222
0.2	0.012684305
0.25	0.01153775

Tabel 4.16 Koefisien hambatan gesek (C_F) kapal pelat datar 1 tahap ketiga

Kapal Pelat Datar 1	
R_T (kg)	C_F
0.05	0.007887243
0.1	0.003254606
0.15	0.001907328
0.2	0.005748949
0.25	0.002908233

Tabel 4.17 Hambatan sisa (R_R) pada kapal pelat datar 1 tahap ketiga dan pada kapal pelat datar 2

R_T (kg)	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
	R_R	R_R
0.05	0.006771158	0.004788352
0.1	0.070866722	0.041683049
0.15	0.125451027	0.072324324
0.2	0.109353341	0.083413009
0.25	0.186984395	0.119070337

Tabel 4.18 Hambatan gesek (R_F) pada kapal pelat datar 1 tahap ketiga dan pada kapal pelat datar 2

R_T (kg)	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
	R_F	R_F
0.05	0.043228842	0.045211648
0.1	0.029133278	0.058316951
0.15	0.024548973	0.077675676
0.2	0.090646659	0.116586991
0.25	0.063015605	0.130929663

4.2 ANALISA DATA

Kapal pelat datar 1 diuji dengan alat yang sama dan di tempat yang sama pula dengan kapal pelat datar 2. Namun, berdasarkan hasil uji tarik, kapal pelat datar 1 lebih cepat dibandingkan dengan kapal pelat datar 2. Hal ini ditunjukkan oleh gambar 4.1 dan tabel 4.19.

Tabel 4.19 Data kecepatan kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2

Tahap 1		
Tahanan Total (kg)	Kecepatan (m/s)	
	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
0.05	0.47306	0.45772
0.1	0.59962	0.53348
0.15	0.77612	0.63332
0.2	0.82078	0.8063
0.25	0.98404	0.86362

Tahap 2

Universitas Indonesia

Tahanan Total (kg)	Kecepatan (m/s)	
	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
0.05	0.50536	0.45772
0.1	0.63026	0.53348
0.15	0.78894	0.63332
0.2	0.88908	0.8063
0.25	1.03746	0.86362

Tahap 3

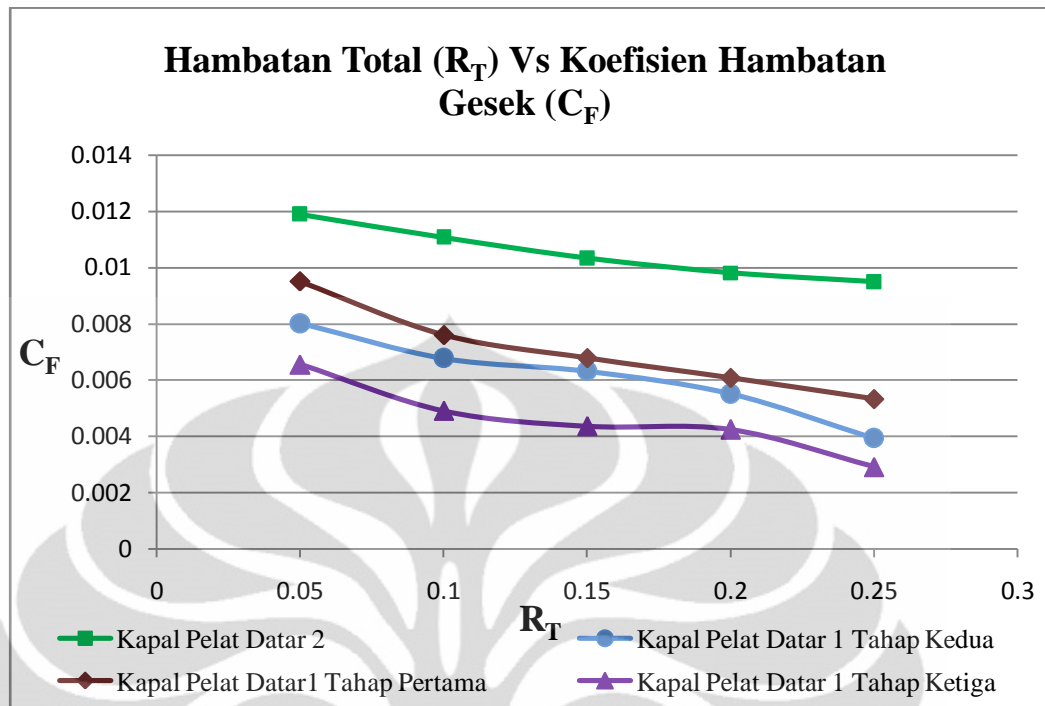
Tahanan Total (kg)	Kecepatan (m/s)	
	Kapal Pelat Datar 1	Kapal Pelat Datar 2
0.05	0.52118	0.45772
0.1	0.6956	0.53348
0.15	0.8341	0.63332
0.2	0.90614	0.8063
0.25	1.08224	0.86362

Walaupun kapal pelat datar 1 dilakukan uji tarik selama tiga kali atau tiga tahap, namun data hasil percobaan tetap menunjukkan bahwa kapal pelat datar 1 lebih cepat dibanding dengan kapal pelat datar 2 seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.2 dan gambar 4.3.

Pada tahap pertama, kisaran perbedaan kecepatan antara kapal pelat datar 1 dan kapal pelat datar 2 adalah 1% - 22%, sedangkan pada tahap kedua dan pada tahap ketiga perbedaannya berkisar antara 10% - 24% dan 12% - 31%. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang ditimbulkan dari kanji yang terkandung pada formulasi cat pada kapal pelat datar 1.

Bentuk yang sama antara kedua kapal menunjukkan bahwa hambatan bentuk antara kapal pelat datar 1 sama dengan kapal pelat datar 2. Kapal pelat datar 1 dapat lebih cepat dibandingkan dengan kapal pelat datar 2 dikarenakan oleh permukaan kapal pelat datar 1 menjadi licin karena pengaruh lendir yang dihasilkan oleh kanji, sedangkan pada permukaan kapal pelat datar 2 tidak terjadi perubahan kelicinan.

Lendir yang dihasilkan oleh kanji berpengaruh terhadap nilai koefisien hambatan gesek pada kapal pelat datar 1. Koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan kapal pelat datar 2. Hal ini ditunjukkan pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik hambatan total terhadap koefisien hambatan gesek

Koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 yang lebih kecil membuat hambatan geseknya lebih kecil juga bila dibandingkan dengan hambatan gesek kapal pelat datar 2. Hal ini menunjukkan bahwa lendir yang dihasilkan kanji dapat mengurangi koefisien hambatan gesek yang mempengaruhi berkurangnya hambatan gesek kapal pula. Perbedaan hambatan gesek antara kapal pelat datar 1 dengan kapal pelat datar 2 ditunjukkan pada tabel 4.8, tabel 4.13 dan tabel 4.18.



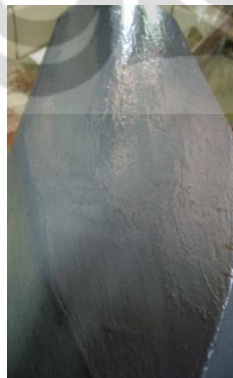
Gambar 4.5 Permukaan kapal pelat datar 1 tahap pertama dan permukaan kapal pelat datar 2

Jika dilihat dari gambar 4.5 dapat dibandingkan permukaan kapal pelat datar 1 dengan kapal pelat datar 2. Permukaan kapal pelat datar 1 yaitu yang dilapisi formulasi cat dengan 50% kanji terlihat tidak rata. Hal ini dikarenakan pada proses pencampuran cat dengan 50% kanji masih dilakukan secara sederhana dan manual. Hal ini menyebabkan lapisan cat pada kapal pelat datar 1 kurang rata. Namun, hal tersebut tidak berpengaruh besar terhadap kecepatan kapal pelat datar 1 karena pada kenyataannya kapal pelat datar 1 masih lebih cepat dibanding kapal pelat datar 2.



Gambar 4.6 Permukaan kapal pelat datar 1 tahap kedua

Setelah kapal pelat datar 1 direndam selama beberapa hari, terlihat bahwa lendir yang dihasilkan menjadi lebih banyak sehingga permukaan kapal menjadi jauh lebih licin dari sebelumnya. Jika dibandingkan dengan permukaan kapal pelat datar 2, permukaan kapal pelat datar 1 terlihat lebih licin seperti yang terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.7 Permukaan kapal pelat datar 1 tahap ketiga

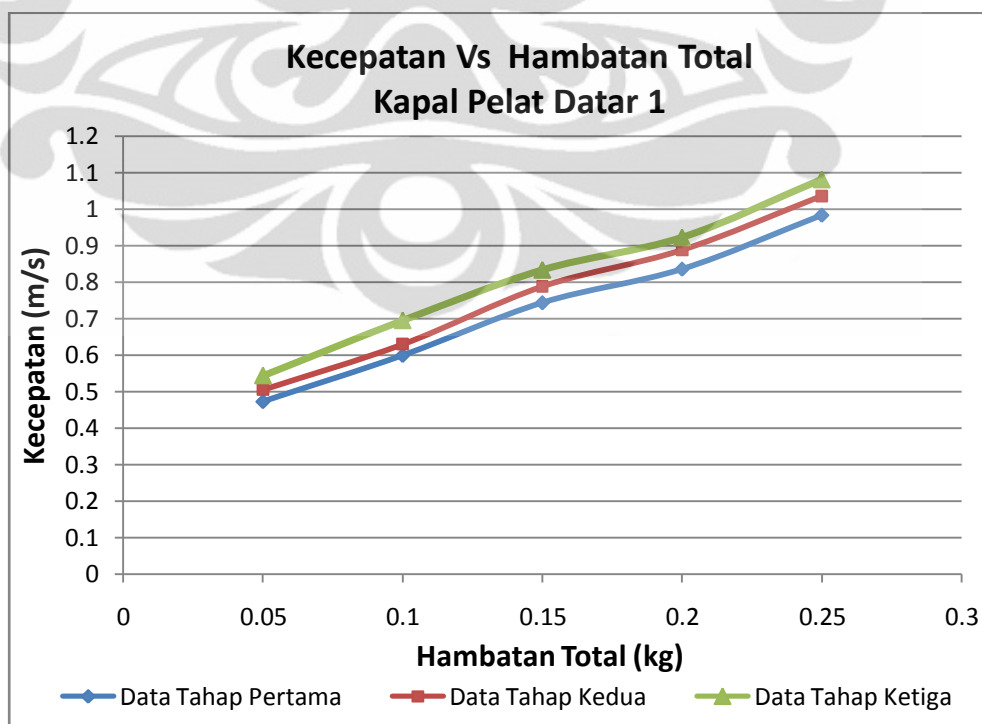
Karena lendir yang keluar pada kapal pelat datar 1 tidak merata, maka dilakukan pembersihan lendir pada kapal pelat datar 1 sebelum dilakukan percobaan tahap ketiga. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar permukaan kapal

yang tidak merata tersebut tidak menambah hambatan baru yang dapat membuat kecepatan semakin berkurang. Hasil dari pembersihan lendir tampak pada gambar 4.7. Walaupun lendir telah dibersihkan, namun permukaan kapal pelat datar 1 masih tetaplah licin. Hal ini menyebabkan kecepatan kapal pelat datar 1 masih lebih cepat dibandingkan kapal pelat datar 2.

Kapal pelat datar 1 yang dilapisi oleh cat dengan campuran 50% kanji ini memiliki perbedaan kecepatan pada tiap tahap pengambilan data. Perbedaan kecepatan pada kapal pelat datar 1 terangkum pada table 4.20.

Tabel 4.20 Data kecepatan kapal pelat datar 1 tahap pertama, tahap kedua dan tahap ketiga

Kapal Pelat Datar 1 (50% kanji)			
Tahanan Total (kg)	Kecepatan (m/s)		
	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3
0.05	0.47306	0.50536	0.52118
0.1	0.59962	0.63026	0.6956
0.15	0.77612	0.78894	0.8341
0.2	0.82078	0.88908	0.90614
0.25	0.98404	1.03746	1.08224



Gambar 4.8 Grafik kecepatan terhadap hambatan total kapal pelat datar 1

Berdasarkan gambar 4.8 dapat dilihat bahwa kecepatan kapal pelat datar 1 pada tahap kedua memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan kecepatan kapal pada tahap pertama. Demikian pula pada data tahap ketiga, kecepatan kapal pelat datar 1 lebih cepat dibandingkan pada data tahap pertama maupun data tahap kedua. Hal ini disebabkan oleh pengaruh dari proses perendaman.

Proses perendaman berpengaruh terhadap perubahan kelicinan permukaan kapal. Selama proses perendaman, lendir yang dihasilkan kanji yang terdapat di dalam formulasi cat keluar dengan cepat sehingga menyebabkan permukaan kapal menjadi lebih licin. Sehingga terjadi peningkatan kecepatan kapal dibandingkan kecepatan sebelumnya. Kisaran perbedaan kecepatan kapal pelat datar 1 adalah sekitar 1% - 10%. Kelicinan permukaan kapal pelat datar 1 ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Permukaan kapal pelat datar 1 tahap pertama, tahap kedua, tahap ketiga

Semakin lama proses perendaman, maka semakin banyak pula lendir yang keluar. Sehingga pada pengambilan data tahap ketiga, lendir pada permukaan kapal lebih banyak jika dibandingkan pada tahap pertama maupun tahap kedua. Hal ini memengaruhi nilai koefisien hambatan gesek kapal.

Berdasarkan perhitungan data di atas, nilai koefisien hambatan gesek kapal pelat datar 1 pada tahap ketiga lebih kecil jika dibandingkan pada tahap pertama ataupun tahap kedua, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.

Berdasarkan data yang telah dianalisa di atas, menunjukkan bahwa penggunaan biopolimer kanji ini dapat menjadi salah satu solusi dalam mengurangi hambatan gesek kapal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada setiap tahap percobaan dengan variasi nilai tahanan total yang sama, kapal pelat datar yang dilapisi cat dengan campuran 50% kanji lebih cepat dibandingkan kapal pelat datar yang dilapisi cat tanpa campuran kanji.
2. Tahap perendaman menyebabkan reaksi antara kanji dengan air sehingga menyebabkan peningkatan kecepatan kapal.
3. Penggunaan biopolimer kanji sebanyak 50% dalam formulasi cat kapal dapat mengurangi hambatan gesek kapal dan menjadi alternatif pengecatan kulit kapal yang ramah lingkungan.

5.2 Saran

1. Perlu peningkatan cara pembuatan formulasi cat yang lebih baik, karena proses pembuatan formulasi cat masih dilakukan secara manual dan sederhana.
2. Teknik pengecatan masih dilakukan secara sederhana sehingga lapisan cat masih 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.
4. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai formulasi cat biopolimer kanji agar dapat menjadi cat *antifouling*.
5. Titik awal *Road Map* penelitian biopolimer yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Harvald, Sv.Aa. (1992). *Tahanan dan Propulsi Kapal* (Jusuf Susanto, Penerjemah). Surabaya : Airlangga University Pers.
- ITTC. (2002). *Recommended Procedures; Testing and Extrapolation Methods Resistance, Resistance Test*.
- 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

