



UNIVERSITAS INDONESIA

**UJI COBA PENGGUNAAN *WATER TUNNEL* DILENGKAPI
PENGARAH PADA KAPAL PELAT DATAR UNTUK
MENINGKATKAN PROPULSI KAPAL**

SKRIPSI

**ALMER IBNU FARHAN
0706275214**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**UJI COBA PENGGUNAAN *WATER TUNNEL* DILENGKAPI
PENGARAH PADA KAPAL PELAT DATAR UNTUK
MENINGKATKAN PROPULSI KAPAL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ALMER IBNU FARHAN
0706275214**

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Almer Ibnu Farhan

NPM : 0706275214

Tanda Tangan : 

Tanggal : 23 Juni 2011



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Almer Ibnu Farhan
NPM : 0706275214
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Uji Coba Penggunaan Water Tunnel Dilengkapi Pengarah Pada Kapal Pelat Datar Untuk Meningkatkan Propulsi 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



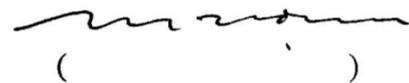
Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng (



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



Penguji : Ir. Mukti Wibowo



Ditetapkan di : Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia

Tanggal : 23 Juni 2011

KATA PENGANTAR

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

1. Ir. Hadi Tresno Wibowo selaku dosen pembimbing akademis dan pembimbing skripsi yang telah berbagi ilmu dan pengalamannya serta menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ir. Sunaryo, Ph.D, Ir. M. A. Talahatu, MT, Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen pada program studi Teknik Perkapalan yang telah membagikan ilmu dan pengalamannya;
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
4. Alvin Setiawan selaku *partner* skripsi yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan skripsi ini; dan
5. Indah Denas Tiarawati selaku sahabat dekat yang selalu memberikan motivasi serta bantuan baik, tenaga dan pikiran dalam pembuatan skripsi ini, dan juga
6. Sahabat teknik perkapalan dan mesin yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenaan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah disebutkan di atas. Semoga skripsi ini membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 23 Juni 2011

Penulis

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

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

Nama : Almer Ibnu Farhan
NPM : 0706275214
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:

Uji Coba Penggunaan *Water Tunnel* Dilengkapi Pengarah Pada Kapal Pelat Datar Untuk Meningkatkan Propulsi Kapal

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, 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,



(Almer Ibnu Farhan)

ABSTRAK

Nama : Almer Ibnu Farhan
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Uji Coba Penggunaan *Water Tunnel* Dilengkapi Pengarah Pada Kapal Pelat Datar Untuk Meningkatkan Propulsi Kapal

Kapal pelat datar merupakan salah satu bentuk kapal alternatif yang dapat memberikan kemudahan dalam proses perakitan. Namun, kapal pelat datar memiliki tahanan lebih tinggi dibandingkan kapal berbentuk *streamline*, maka diperlukan suatu modifikasi untuk mengurangi tahanan tersebut dengan cara meningkatkan kinerja baling-baling terhadap daya dorong. Cara tersebut adalah dengan menggunakan *water tunnel* yang dilengkapi pengarah aliran air. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan efektifitas propulsi kapal yang akan berpengaruh terhadap kecepatan kapal. Metode penelitian ini dilakukan dengan mengalirkan daya listrik ke dinamo motor kapal model dan menggunakan *stopwatch digital* untuk mendapatkan waktu tempuh saat melakukan uji tarik kapal. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa besarnya aliran yang terarah masuk ke baling-baling efektif meningkatkan daya dorong baling-baling, sehingga kenaikan kecepatan kapal dapat dicapai.

Kata kunci : Kapal Pelat Datar , Kecepatan, *Water Tunnel*, Pengarah

ABSTRACT

Name : Almer Ibnu Farhan
Study Program: Naval Architecture
Title : Trial Of Using Water Tunnel With Added Water Flow Direction
On Flat Plate Ship To Improve Ship Propulsion

Flat plate ship is one of alternative ship that can provide convenience in the assembly process. However, Flat plate ship has a higher resistance than the streamlined shape of the ship. So a modification is needed to reduce resistance by improving performance of propeller to thrust. The way is by using a water tunnel with added water flow direction. The purpose of this research is to improve the effectiveness of ship propulsion that will affect the speed of the ship. The research method is done by passing electrical power to the dynamo model boat motor and use a digital stopwatch to obtain the travel time during the test. Results of testing showed that the amount of flow directed into the propeller effective increasing the propeller thrust, so the increase of velocity in boat can be reach.

Keywords: Flat Plate Ship, Velocity, Water Tunnel, Water Flow Direction

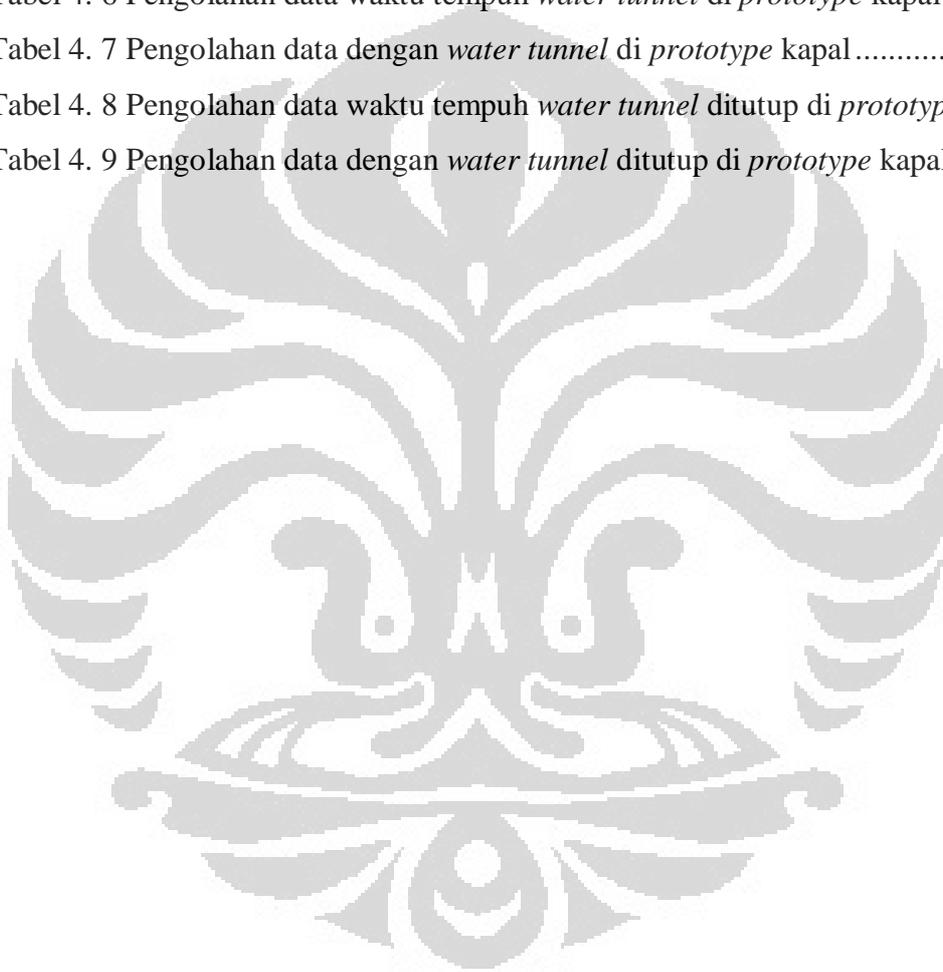
DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tahanan dan Kecepatan Kapal	7
2.2 Gaya Dorong Kapal	8
2.3 Daya Dorong Kapal	8
2.4 Efisiensi Pada Sistem Penggerak.....	10
2.5 Prinsip Kerja.....	14
BAB 3 RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN	16
3.1 Pembuatan Kapal Model.....	17

3.1.1 Desain Kapal Model.....	17
3.1.2 Bentuk Rancangan Kapal Model	19
3.1.3 Proses Pembuatan Kapal Model	20
3.2 Rancangan Alat Uji.....	23
3.2.1 Kolam Uji di Dalam <i>Prototype</i> Kapal.....	23
3.2.2 <i>DC Power Supply</i>	24
3.2.3 Pasir	24
3.2.4 Timbangan	25
3.2.5 Saklar Listrik.....	25
3.2.6 Motor Listrik.....	26
3.2.7 <i>Stopwatch Digital</i>	26
3.3 Uji Coba Kapal Model	27
3.3.1 Langkah Pengujian.....	28
BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA.....	30
4.1 Pengolahan Data.....	30
4.1.1 Pengolahan Data di Dalam <i>Prototype</i> Kapal	30
4.1.1.1 Kapal Model Dengan <i>Water Tunnel</i> Dilengkapi Pengarah Penuh	31
4.1.1.2 Kapal Model Dengan <i>Water Tunnel</i> Dilengkapi Pengarah Setengah..	33
4.1.1.3 Kapal Model Dengan <i>Water Tunnel</i>	34
4.1.1.4 Kapal Model Dengan <i>Water Tunnel</i> Ditutup	36
4.2 Analisa Data.....	37
4.2.1 Analisa Grafik Pengarah Penuh Dengan Pengarah Setengah.....	38
4.2.2. Analisa Grafik Pengarah Penuh, Pengarah Setengah Dengan <i>Water Tunnel</i> Dan <i>Water Tunnel</i> Ditutup	39
4.2.3 Analisa Perbandingan Kecepatan Tiap Daya Pada Tiap Percobaan	40
BAB 5 PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43

DAFTAR TABEL

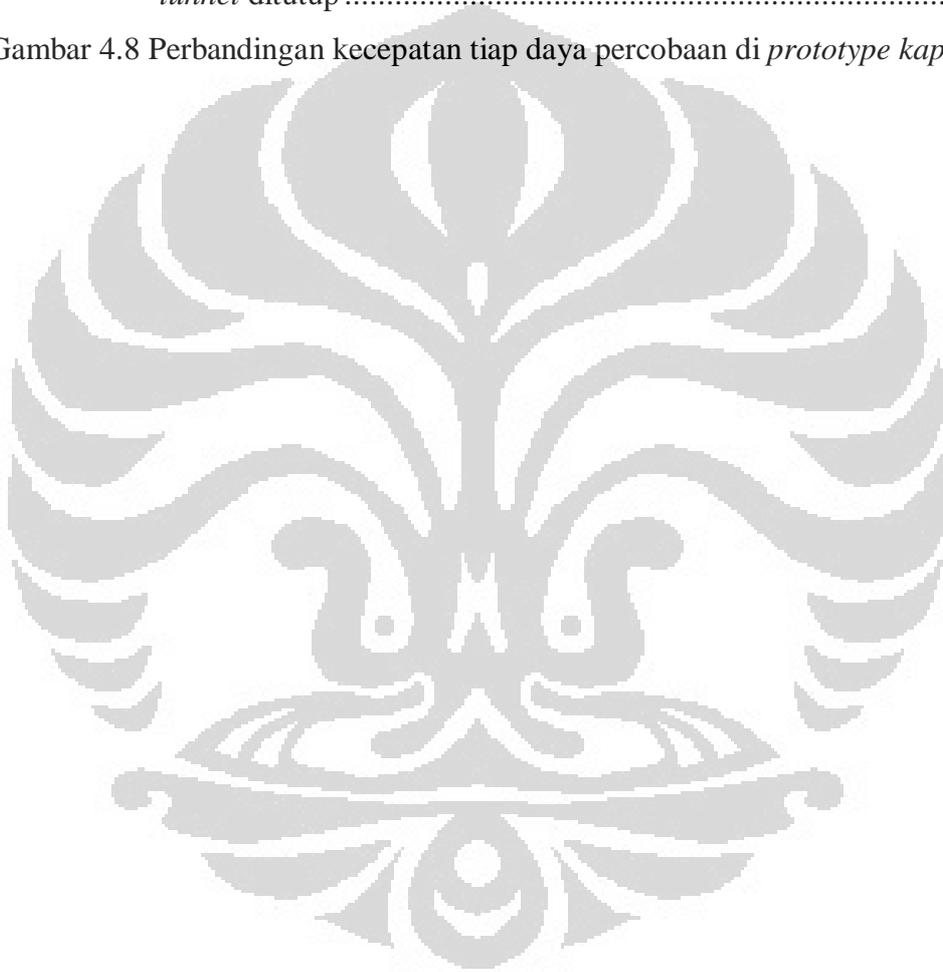
Tabel 4. 1 Pengolahan daya yang digunakan	30
Tabel 4. 2 Pengolahan data waktu tempuh pengarah penuh di <i>prototype</i> kapal	31
Tabel 4. 3 Pengolahan data <i>water tunnel</i> pengarah penuh di <i>prototype</i> kapal Kadar .	32
Tabel 4. 4 Pengolahan data waktu tempuh pengarah setengah di <i>prototype</i> kapal	33
Tabel 4. 5 Pengolahan data <i>water tunnel</i> pengarah setengah di <i>prototype</i> kapal.....	33
Tabel 4. 6 Pengolahan data waktu tempuh <i>water tunnel</i> di <i>prototype</i> kapal	34
Tabel 4. 7 Pengolahan data dengan <i>water tunnel</i> di <i>prototype</i> kapal	35
Tabel 4. 8 Pengolahan data waktu tempuh <i>water tunnel</i> ditutup di <i>prototype</i> kapal ..	36
Tabel 4. 9 Pengolahan data dengan <i>water tunnel</i> ditutup di <i>prototype</i> kapal	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Wake equalizing duct</i> (WED).....	2
Gambar 1. 2 Rancangan tiga dimensi menggunakan software CATIA®.....	5
Gambar 2. 1 Grafik karakteristik tahanan kapal.....	7
Gambar 2. 2 Gaya – gaya yang bekerja pada sistem penggerak kapal.....	8
Gambar 2. 3 Distribusi arus ikut.....	13
Gambar 2. 4 Sistematika aliran air WED.....	13
Gambar 2. 5 Prinsip kerja <i>water tunnel</i>	14
Gambar 3. 1 Desain kapal model dengan pengarah penuh.....	18
Gambar 3. 2 Desain kapal model dengan pengarah setengah.....	18
Gambar 3. 2 Desain kapal model dengan <i>water tunnel</i>	18
Gambar 3. 3 Desain kapal model dengan <i>water tunnel</i> ditutup	19
Gambar 3. 5 Rancangan tiga dimensi menggunakan software CATIA®.....	19
Gambar 3. 6 Bukaan kulit rancangan kapal menggunakan software CATIA®.....	20
Gambar 3. 7 Kapal model percobaan	21
Gambar 3. 8 Kapal model dengan <i>water tunnel</i> yang ditutup.....	22
Gambar 3. 9 Kapal model dengan <i>water tunnel</i>	22
Gambar 3.10 Kapal model dengan pengarah penuh.....	22
Gambar 3.11 Kapal model dengan pengarah setengah.....	23
Gambar 3.12 Kolam uji tarik di dalam <i>prototype</i> kapal	23
Gambar 3.13 <i>DC Power Supply</i>	24
Gambar 3.14 Pasir	25
Gambar 3.15 Timbangan.....	25
Gambar 3.16 Saklar listrik	26
Gambar 3.17 Motor Listrik	26
Gambar 3.18 <i>Stopwatch Digital</i>	27
Gambar 3.19 Titik awal dan titik akhir pengukuran waktu tempuh di dalam <i>protototype</i> kapal.....	28
Gambar 3.20 Rancangan alat percobaan di dalam <i>prototype</i> kapal	29
Gambar 4. 1 Daya vs kecepatan dengan pengarah penuh di <i>prototype kapal</i>	32
Gambar 4. 2 Daya vs kecepatan dengan pengarah setengah di <i>prototype kapal</i>	34

Gambar 4. 3 Daya vs kecepatan dengan <i>water tunnel</i> di <i>prototype kapal</i>	35
Gambar 4. 4 Daya vs kecepatan dengan <i>water tunnel</i> ditutup di <i>prototype kapal</i>	37
Gambar 4. 5 Daya vs kecepatan keseluruhan percobaan di <i>prototype kapal</i>	37
Gambar 4. 6 Daya vs kecepatan pada percobaan <i>water tunnel</i> dilengkapi pengarah penuh dengan pengarah setengah.....	38
Gambar 4. 7 Daya vs kecepatan pada percobaan <i>water tunnel</i> dilengkapi pengarah setengah, pengarah penuh terhadap percobaan <i>water tunnel</i> , <i>water tunnel</i> ditutup	39
Gambar 4.8 Perbandingan kecepatan tiap daya percobaan di <i>prototype kapal</i>	40



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di era globalisasi saat ini memproduksi kapal secara massal, kenyataannya tidak semudah dan secepat memproduksi mobil karena pembuatan kapal dengan bentuk lambung yang melengkung harus dikerjakan sepotong demi sepotong, dengan melengkungkan pelat baja atau bilah-bilah kayu. Kapal pelat datar (*flat hull*) merupakan salah satu bentuk kapal alternatif selain kapal berbentuk lengkung (*streamline*). Kapal pelat datar tersebut dapat memberi kemudahan dalam proses perakitan dan memungkinkan pengurangan pekerjaan pelengkungan pelat.

Kapal ini pertama kali dirancang oleh Prof. Gallin dari TU Delft pada tahun 1977 – 1979 untuk kapal kontainer bernama “Pioneer”. Banyak uji model yang dilakukan terhadap rancangan ini dengan mengatur posisi patahan (sambungan) demikian rupa sehingga tersusun mengikuti garis aliran. Dengan mengatur secara seksama seluruh letak sambungan tersebut sehingga mengikuti bentuk garis aliran dan membatasi besarnya sudut antara dua permukaan datar yang saling bertemu maka dapat diperoleh tahanan yang besarnya mendekati tahanan untuk kapal berbentuk bundar yang ekuivalen. Pada kecepatan dinas, kapal patah-patah mempunyai kecepatan 0,1 m /det lebih rendah, atau tahanan sebesar 6% lebih tinggi, daripada kecepatan atau tahanan kapal yang bundar. (Harvald, Sv. Aa, 1992, hal.92).

Namun dengan adanya tahanan sebesar 6% lebih tinggi dibanding kapal berbentuk lengkung (*streamline*), maka diperlukan suatu modifikasi untuk mengurangi tahanan tersebut dengan meningkatkan sistem propulsi. Salah satunya seperti yang dilakukan oleh Prof. Schneekluth dengan *Wake Equalizing Ducts* (WED) yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1986. WED ini terdiri dari dua buah *nozzle duct* berbentuk setengah lingkaran dipasang pada dua sisi belakang kapal sebelah atas sebelum *propeller*. Prof. Schneekluth melaporkan dapat menghasilkan power saving sebesar 5 s/d 10 %.



Gambar 1.1 *Wake equalizing duct* (WED)
(Wartsila, 2005)

Pada penelitian ini akan mengadaptasikan maksud dari *wake equalizing duct* dengan menerapkan sistem pengarah aliran air sebagai alat tambahan pada *water tunnel* (percobaan sebelumnya) dalam rancangan kapal pelat datar. Pada rancangan *water tunnel* yang menghubungkan *flat buttoom* kapal dengan bagian belakang kapal akan dilengkapi pengarah aliran air yang mengarah ke baling-baling. pengarah ini terdiri dari dua buah *tunnel* berbentuk persegi dipasang pada dua sisi belakang kapal sebelum *propeller*. Cara ini diharapkan akan meningkatkan energi kinetis serta mengoptimalkan aliran yang masuk ke lingkaran baling-baling. Peningkatan energi kinetis ini disebabkan oleh : Perbedaan tekanan antara *buttom* kapal dan *center line* baling-baling yang lebih keatas, adanya perubahan luas penampang masuk dan keluar *water tunnel* yang mengecil,serta penambahan pengarah yang akan mengoptimalkan arah aliran air menuju baling - baling.

Dengan adanya *water tunnel* dilengkapi *pengarah aliran air* ini , kecepatan aliran (V_A) yang masuk ke baling-baling dapat lebih besar dari kecepatan kapal (V). Melalui percobaan dengan kapal model dapat diketahui efektivitas sistem *water tunnel* yang dilengkapi pengarah aliran air terhadap bertambahnya hambatan gesek dan hambatan bentuk karena pemasangan tunnel tersebut dengan membandingkan nilai kecepatan laju kapalnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan diatas maka permasalahan yang dapat diambil yaitu :

- a. Bagaimana pengaruh *water tunnel* yang dilengkapi pengarah aliran air pada kapal pelat datar terhadap kecepatan, serta olah gerak yang dihasilkan.
- b. Seberapa besar perbedaan nilai kecepatan laju kapal pada penggunaan *water tunnel* dengan pengarah aliran air terhadap kapal dengan *water tunnel* dan kapal dengan *water tunnel* ditutup.

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *water tunnel* dilengkapi pengarah aliran air terhadap kecepatan laju kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui besarnya nilai kecepatan laju kapal pelat datar dengan pemanfaatan *water tunnel* dilengkapi pengarah aliran air.
- b. Memberikan gambaran karakteristik pengaruh penambahan pengarah terhadap olah gerak dan besarnya gelombang yang ditimbulkan.
- c. Untuk memenuhi syarat kelulusan dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Universitas Indonesia.
- d. Sebagai pendukung penelitian dari Tesis Ir. Hadi Tresno Wibowo.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar pembahasan permasalahan tidak meluas, maka perlu untuk memberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Percobaan dilakukan di *prototype* kapal sebagai tempat uji percobaan dengan peralatan yang ada pada saat penelitian.
2. Percobaan dilakukan dengan merancang dan membangun kapal model, memasang motor penggerak dan propeller, yang tidak dibandingkan secara similarity dengan kapal yang sebenarnya.
3. Percobaan dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi daya pada motor dengan menggunakan DC *power supply* yang dapat diatur tegangannya pada setiap percobaan.

4. Percobaan dilakukan pada kondisi air tenang dan dicatat dengan *stopwatch digital* dengan ketelitian 0,000 sekon.
5. Analisa dilakukan adalah mengenai pengaruh *water tunnel* dilengkapi pengaruh aliran air terhadap kecepatan laju kapal model.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metodologi dan analisa model sebagai berikut :

1. Studi literatur

Studi literature merupakan proses belajar yang melibatkan ide dan pengetahuan yang berasal dari buku dan jurnal penelitian. Penjelasan dari literatur tersebut di antaranya :

- Penjelasan mengenai karakteristik kapal pelat datar yang mempunyai kelebihan dan kekurangan
- Penjelasan mengenai cara kerja *water tunnel* dan pengaruh aliran.
- Proses perubahan nilai kecepatan laju kapal sesuai dengan perubahan daya yang diberikan sebagai tenaga dorong.

2. Perancangan dan pembuatan kapal model

Perancangan dan pembuatan kapal model memakai desain kapal pelat datar, terbuat dari multiplex tebal 3 mm dengan finishing cat tahan air, kapal dilengkapi baling-baling dan motor. Kapal model dilengkapi dua *water tunnel* yang menghubungkan cekungan pada dasar dengan dua sisi bagian belakang kapal dan kemudian dilakukan modifikasi dengan menambahkan pengaruh aliran air yang mengarah ke *propeller*.

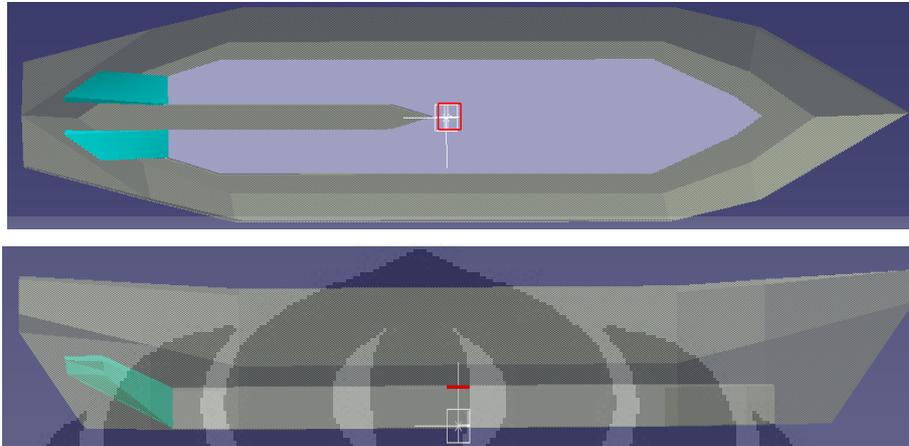
3. Percobaan di *prototype* kapal

Percobaan di *prototype* kapal digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian.

- Percobaan dilakukan dengan menggunakan kapal model pelat datar

Panjang Kapal (Loa)	: 60 cm
Lebar (B)	: 20 cm

Tinggi (H)	: 10 cm
Draft (T)	: 4 cm
Skala	: 1 : 1



Gambar 1.2 Rancangan tiga dimensi menggunakan software CATIA®

- Percobaan dilakukan dengan melakukan uji gerak dengan mengalirkan listrik pada motor listrik. Aliran listrik dari *DC Power Supply* yang mengalir diatur dengan cara memainkan *voltage*, yang terdiri atas 8volt, 10volt, 12volt, dan 14volt. Proses pengambilan kecepatan dilakukan dengan menggunakan *stopwatch digital*.

4. Pengumpulan data

Pengujian kapal model dilakukan melalui proses pengambilan data waktu tempuh kapal pada jarak tertentu untuk mendapatkan kecepatan kapal model yang akan dibandingkan. Data diambil menggunakan pengukur *stopwatch digital* dengan ketelitian 0,000 sekon.

5. Pengolahan dan analisa data meliputi :

- Analisa mengenai perubahan kecepatan pada saat dilakukan uji kecepatan.
- Analisa mengenai pengaruh *water tunnel* dengan pengarah aliran air pada kapal model.
- Kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika laporan tugas akhir adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai dasar teori yang akan dipakai dan berhubungan dalam menyelesaikan masalah yang dibahas

BAB 3. RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

Bab ini berisi mengenai proses pembuatan alat dan cara-caranya serta hasil dari data tersebut diperoleh.

BAB 4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

Bab ini berisi pengolahan data dari masalah yang dibahas dan analisa dari hasil pembahasan yang telah dilaksanakan.

BAB 5. PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Suatu kapal yang bergerak akan mengalami hambatan atau tahanan dari air (untuk bagian yang tercelup air) dan udara (untuk bagian yang berada diatas air). Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari baling – baling kapal.

2.1 Tahanan dan Kecepatan Kapal

Tahanan kapal ini merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Besarnya gaya hambat total ini merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat (tahanan) yang bekerja di kapal, meliputi tahanan gesek, tahanan gelombang, tahanan appendages, tahanan udara, dsb. Secara sederhana tahanan total kapal dapat diperoleh dengan persamaan, sebagai berikut ;

$$R_T = 0,5 * \rho * C_T * S * V_S^2 \quad (2.1)$$

, dimana :

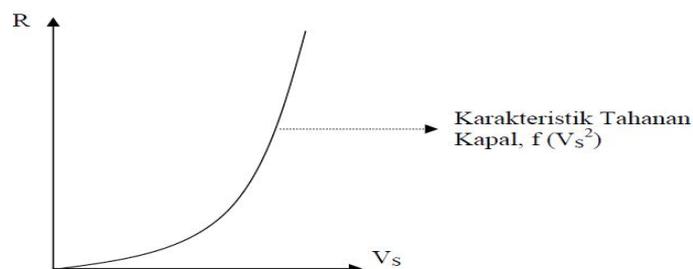
ρ = massa jenis fluida (Kg/m³);

C_T = koefisien tahanan total kapal;

S = luasan permukaan basah dari badan kapal (m²).

Dan jika $0,5 * \rho * C_T * S$ tersebut adalah *constant* (α), maka Persamaan (2.1) dapat dituliskan sebagai berikut ;

$$R_T = \alpha * V_S^2 \quad (2.2)$$



Gambar 2.1 Grafik karakteristik tahanan kapal

(Adj,S.W ,2005)

2.2 Gaya Dorong Kapal

Gaya dorong (*thrust*) kapal merupakan komponen yang sangat penting, yang mana digunakan untuk mengatasi tahanan (*resistance*) atau gaya hambat kapal. Namun pada faktanya di badan kapal tersebut terjadi fenomena hidrodinamis yang menimbulkan degradasi terhadap nilai besaran gaya dorong kapal. Sehingga untuk gaya dorong kapal dapat ditulis seperti model persamaan, sebagai berikut ;

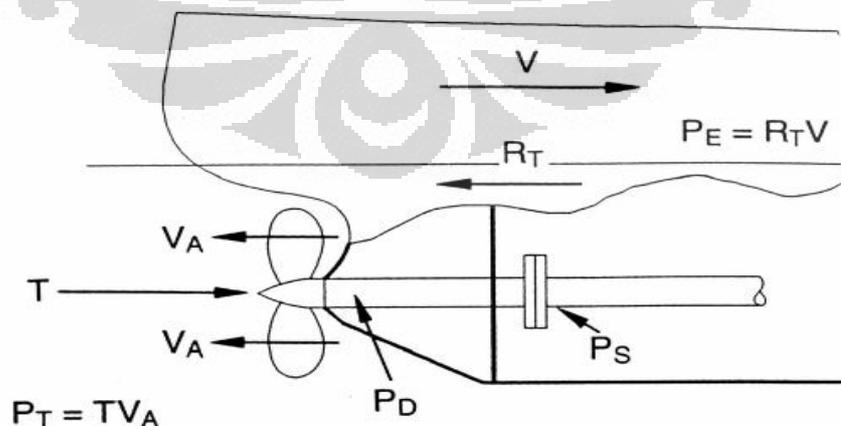
$$T = \frac{R}{(1-t)} \quad (2.3)$$

,dimana t adalah *thrust deduction factor*.

2.3 Daya Dorong Kapal

Daya yang disalurkan (P_D) ke baling - baling adalah berasal dari daya poros (P_S), sedangkan daya poros sendiri bersumber dari daya rem (P_B) yang merupakan daya luaran motor penggerak kapal. Ada beberapa pengertian mengenai daya yang sering digunakan didalam melakukan estimasi terhadap kebutuhan daya pada sistem penggerak kapal, antara lain :

- Daya Efektif (*Effective Power*- P_E)
- Daya Dorong (*Thrust Power*- P_T)
- Daya yang disalurkan (*Delivered Power*- P_D)
- Daya Poros (*Shaft Power*- P_S)
- Daya Rem (*Brake Power*- P_B), dan
- Daya yang diindikasi (*Indicated Power*- P_I)



Gambar 2.2 Gaya – gaya yang bekerja pada sistem penggerak kapal

(Adji, S.W, 2005)

a. Daya Efektif (P_E)

Daya efektif (P_E) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari badan kapal (*hull*), agar kapal dapat bergerak di air dari satu tempat ke tempat yang lain dengan kecepatan servis sebesar V_S . Daya efektif ini merupakan fungsi dari besarnya gaya hambat total dan kecepatan kapal. Untuk mendapatkan besarnya daya efektif kapal, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_E = R_T * V_S \quad (2.4)$$

, dimana :

P_E = Daya efektif, dlm. satuan kWatt

R_T = Gaya hambat total, dlm. satuan kN

V_S = Kecepatan servis kapal [$\{\text{Kec. dlm Knots}\} * 0.5144 = \{\text{Kec. dlm m/det}\}$]

b. Daya Dorong (P_T)

Daya dorong (P_T) adalah besarnya daya yang disalurkan oleh baling – baling kapal untuk mendorong badan kapal. Daya dorong merupakan fungsi dari gaya dorong dan laju aliran fluida yang terjadi saat alat gerak kapal bekerja. Adapun persamaan daya dorong dapat dituliskan sebagai berikut ;

$$P_T = T * V_a \quad (2.5)$$

, dimana :

P_T = Daya dorong, dlm. satuan kWatt

T = Gaya dorong, dlm. satuan kN

V_a = Kecepatan *advanced* aliran fluida di bagian buritan kapal [m/det]

= $V_S (1 - w)$; yang mana w adalah *wake fraction* (fraksi arus ikut)

c. Daya Yang Disalurkan (P_D)

Daya yang disalurkan (P_D) adalah daya yang diserap oleh baling-baling kapal guna menghasilkan daya dorong sebesar P_T , atau dengan kata lain, P_D merupakan daya yang disalurkan oleh motor penggerak ke baling-baling kapal (*propeller*) yang kemudian dirubahnya menjadi daya dorong kapal (P_T). Variabel yang berpengaruh pada daya ini adalah torsi yang disalurkan dan putaran baling-baling, sehingga persamaan untuk menghitung P_D adalah sebagai berikut ;

$$P_D = 2 * \pi * Q * N_p \quad (2.6)$$

, dimana :

P_D = Daya yang disalurkan, dlm. satuan kWatt

Q = Torsi baling-baling kondisi dibelakang badan kapal, dlm. satuan kNm

NP = Putaran baling-baling, dlm. satuan rps

d. Daya Poros (P_S)

Daya poros (P_S) adalah daya yang terukur hingga daerah di depan bantalan tabung poros (*stern tube*) dari sistem perporosan penggerak kapal. Untuk kapal yang berpengerak dengan turbin gas, pada umumnya, daya yang digunakan adalah P_S .

e. Daya rem (*Brake Power, P_B*)

Daya rem (*Brake Power, P_B*) adalah daya yang dihasilkan oleh motor penggerak utama (*main engine*) dengan tipe *marine diesel engines*.

$$P_B = 2 * \pi * M * N \quad (2.7)$$

,dimana :

M = torsi yang disalurkan dari mesin penggerak ke poros.

N = putaran mesin penggerak.

Pada sistem penggerak kapal yang menggunakan *Marine Diesel Engines* (*type of medium to high speed*), maka pengaruh rancangan sistem transmisi perporosan adalah sangat besar didalam menentukan besarnya daya P_S . Jika kamar mesin terletak dibelakang dari badan kapal, maka besarnya *losses* akibat sistem transmisi perporosan tersebut adalah berkisar 2 - 3 %. Namun bila kamar mesin terletak agak ke tengah atau jauh di depan, maka besarnya *losses* akan semakin bertambah.

2.4 Efisiensi Pada Sistem Penggerak

Sistem penggerak kapal memiliki beberapa definisi tentang daya yang ditransmisikan mulai dari daya yang dikeluarkan oleh motor penggerak hingga daya yang diberikan oleh alat gerak kapal ke fluida sekitarnya. Rasio dari daya-

daya tersebut sering dinyatakan dengan istilah *efisiensi*, meskipun untuk beberapa hal sesungguhnya bukanlah suatu nilai konversi daya secara langsung.

a. Efisiensi Lambung (η_{HULL})

Efisiensi lambung adalah rasio antara daya efektif (P_E) dan daya dorong (P_T). Efisiensi Lambung ini merupakan suatu bentuk ukuran kesesuaian rancangan lambung (*stern*) terhadap *propulsor arrangement*-nya, sehingga efisiensi ini bukanlah bentuk *power conversion* yang sebenarnya. Maka nilai Efisiensi Lambung inipun dapat *lebih dari satu*, pada umumnya diambil angka sekitar 1,05. Perhitungan-perhitungan yang sering digunakan dalam mendapatkan efisiensi lambung adalah sebagai berikut :

$$\eta_{Hull} = \frac{P_E}{P_T} \quad (2.8)$$

$$\eta_{Hull} = \frac{R.V}{T.Va} = \frac{R/T}{VA/V} \quad (2.9)$$

$$\eta_{Hull} = \frac{1-t}{1-w} \quad (2.10)$$

t dan w merupakan *propulsion parameters*, dimana t adalah *Thrust Deduction Factor* yang dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut ;

$$t = 1 - \frac{R}{T} \quad (2.11)$$

,dimana :

t = *thrust deduction fraction*

R = Hambatan

T = Gaya Dorong, dlm. satuan kN

Sedangkan, w adalah *wake fraction* yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$w = 1 - \frac{Va}{Vs} \quad (2.12)$$

,dimana :

w = *wake fraction* (fraksi arus ikut)

V_a = Kecepatan *advanced* aliran fluida di bagian Buritan kapal [m/det]

V_s = Kecepatan Servis kapal [{Kec. dlm Knots} * 0.5144 = {Kec. dlm m/det}]

b. Efisiensi Keseluruhan (*Overall Efficiency*, η_T)

Efisiensi keseluruhan yang dikenal juga dengan sebutan *Propulsive Efficiency*, atau ada juga yang menyebutnya efisiensi total adalah merupakan hasil dari keseluruhan efisiensi di masing-masing *phrase* daya yang terjadi pada sistem propulsi kapal (sistem penggerak kapal). Efisiensi Keseluruhan dapat diperoleh dengan gabungan persamaan, sebagai berikut ;

$$\eta_T = \frac{PE}{PI} = \frac{PE}{PT} \cdot \frac{PT}{PD} \cdot \frac{PD}{PB} \cdot \frac{PB}{PI} \quad (2.13)$$

,dimana :

P_I = Indikator daya dari mesin penggerak

Atau,

$$\eta_T = \eta_H \cdot \eta_B \cdot \eta_s \cdot \eta_m \quad (2.14)$$

,dimana :

η_H = Efisiensi Badan Kapal

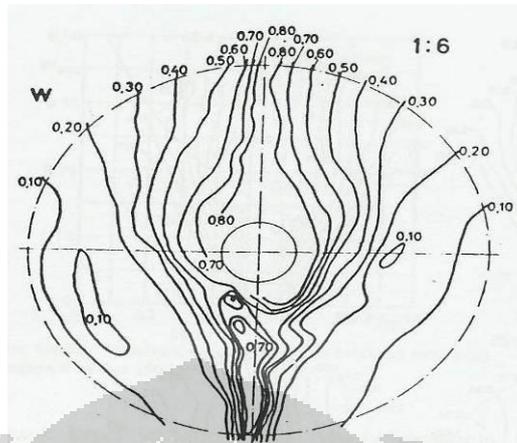
η_s = Efisiensi Poros

η_M = Efisiensi Mekanis

η_B = Efisiensi Baling-baling (*behind the ship*), dan didefinisikan sebagai berikut :

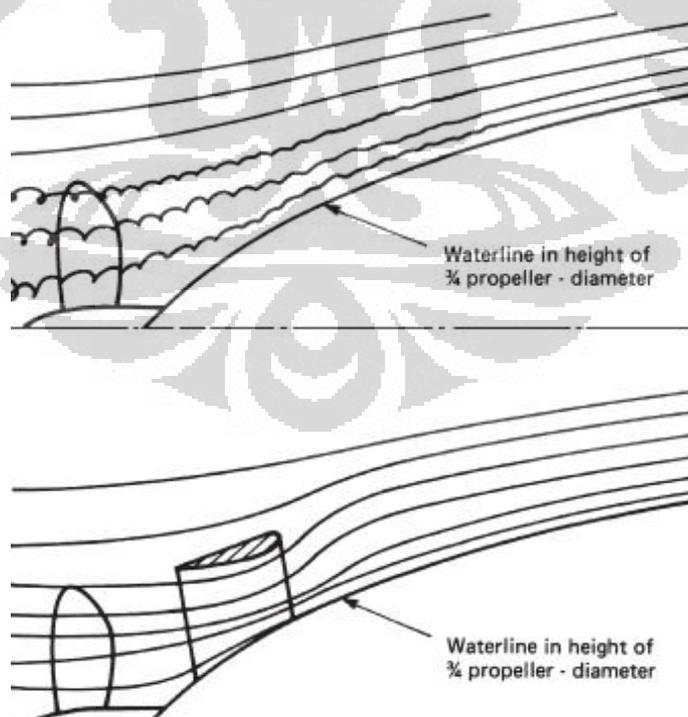
$$\eta_B = \frac{P_T}{P_D} = \frac{T \cdot V_a}{2 \cdot \pi \cdot Q \cdot n} \quad (2.15)$$

Hubungan antara baling-baling dan lambung kapal sangat unik, putaran baling-baling dan gaya dorongnya menghasilkan hambatan (R_T) dan kecepatan kapal (V_s). Bentuk lambung bagian belakang kapal akan mempengaruhi besarnya aliran yang masuk ke baling-baling kapal.



Gambar 2.3 Distribusi arus ikut
(Harvald,SV.AA ,1983)

Gambar 2.3 menunjukkan distribusi arus ikut sangat melebar pada diskus baling-baling sebelah atas, dibandingkan distribusi arus ikut pada diskus baling-baling sebelah bawah. Hal ini yang menjadi salah satu alasan Prof. Schneekluth menempatkan *wake equalizing duct* pada bagian atas. Berikut adalah gambaran aliran *wake equalizing duct*.



Gambar 2.4 Sistematika aliran air WED
(Prof. Schneekluth, 1998)

Tujuan memasang WED ini untuk memperbaiki distribusi arus ikut, *wake fraction* (w) yang masuk ke baling-baling menjadi lebih kecil, dengan demikian :

$$w = \frac{V - V_A}{V} \quad (2.16)$$

,dimana :

V = kecepatan kapal.

V_A = kecepatan arus yang masuk ke baling-baling.

Dengan mengecilnya w , maka V_A menjadi lebih besar; dengan bertambah besarnya V_A , maka efisiensi baling-baling juga meningkat, seperti Pers.(2.15) :

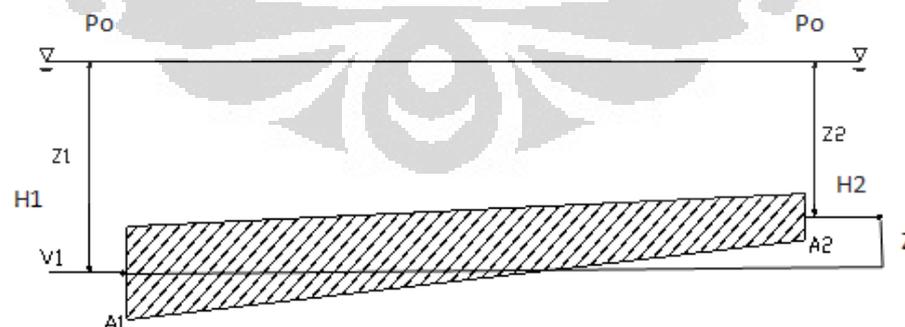
$$\eta_B = \frac{T \cdot V_A}{2\pi Q n}$$

2.5 Prinsip Kerja

Prinsip kerja water tunnel dilengkapi pengarah adalah menaikkan arus ikut V_A yang mengalir melalui sebuah tunnel yang menembus kapal serta mengalirkannya lebih terarah ke baling - baling. Air masuk tunnel dari dasar kapal dengan kecepatan V , air keluar badan kapal dengan kecepatan V_A yang mengarah ke baling-baling kapal. Persamaan aliran dalam tunnel :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \gamma Z_1 \approx P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \gamma Z_2$$

$$P_1 = P_2 \quad (\text{tekanan atmosfer})$$



Gambar 2.5 Prinsip kerja *water tunnel*

(Pengolahan penulis, 2011)

Persamaan diatas menunjukkan hubungan tekanan permukaan tunnel pada titik 1 dan titik 2, jika pada masing-masing titik tersebut di kalikan dengan luas permukaannya akan menunjukkan besarnya gaya dorong yang masuk tunnel dan gaya dorong yang keluar tunnel.

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{\rho}(P_{\text{ke luar}}) + \frac{1}{2}V_{\text{ke luar}}^2 + gZ_{\text{ke luar}} &= \frac{1}{\rho}(P_{\text{ke dalam}}) + \frac{1}{2}V_{\text{ke dalam}}^2 + gZ_{\text{ke dalam}} + W_{\text{poros ke dalam}} - \text{kehilangan} \\
 \frac{1}{\rho}(P_0 + H_2 \rho g) + \frac{1}{2}V_2^2 + gZ &= \frac{1}{\rho}(P_0 + H_1 \rho g) + \frac{1}{2}V_1^2 + gZ_0 + T.V_A - R.V \\
 \frac{1}{\rho}P_0 + gH_2 + \frac{1}{2}V_2^2 + gZ &= \frac{1}{\rho}P_0 + gH_1 + \frac{1}{2}V_1^2 + T.V_A - R.V \\
 g(H_2 + Z) + \frac{1}{2}V_2^2 &= gH_1 + \frac{1}{2}V_1^2 + T.V_A - R.V ; (H_2 + Z = H_1) \\
 \frac{1}{2}V_2^2 &= \frac{1}{2}V_1^2 + T.V_A - R.V ; RV / T V_A = (1-t)/(1-w) \\
 \frac{1}{2}V_2^2 &= \frac{1}{2}V_1^2 + T.V_A - (1-t)/(1-w) . TV_A \\
 \frac{1}{2}V_2^2 &= \frac{1}{2}V_1^2 + T.V_A \left(\frac{1-w}{1-w} \right) \quad (2.17)
 \end{aligned}$$

Dimana,

P_0 = tekanan atmosfer.

H_1 = kedalaman air sampai permukaan masuk *water tunnel*.

H_2 = kedalaman air sampai permukaan keluar *water tunnel*.

V_1 = kecepatan air masuk ke *water tunnel*.

V_2 = kecepatan air keluar dari *water tunnel*.

$W_{\text{poros ke dalam}} = T \cdot V_A = \text{gaya dorong propeller} \times \text{kecepatan air masuk ke propeller}$.

$\text{Kehilangan} = R \cdot V = \text{hambatan total kapal} \times \text{kecepatan kapal}$.

Besarnya V_2 , akan berpengaruh terhadap kecepatan air yang masuk ke *propeller* V_A yang pada akhirnya mempengaruhi efisiensi *propeller*.

BAB 3

RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

Untuk dapat membandingkan besarnya laju kecepatan kapal dengan menggunakan tambahan pengarah aliran air, dapat dilakukan dengan 2 langkah. Pertama dengan membandingkan penggunaan *water tunnel* diberi pengarah aliran yang berukuran sebesar diameter propeller (pengarah penuh) dengan penggunaan *water tunnel* diberi pengarah aliran yang berukuran setengah diameter propeller (pengarah setengah). Kedua, membandingkan penggunaan *water tunnel* diberi pengarah penuh dan pengarah setengah dengan data sebelumnya yaitu penggunaan kapal model menggunakan *water tunnel* dan *water tunnel* yang ditutup.

Percobaan ini dilakukan dengan memutarakan propulsi kapal model sehingga kapal model dapat bergerak maju akibat gaya dorong aliran air dari baling - baling. Putaran propulsi tersebut dilakukan dengan menggunakan motor listrik yang terpasang di buritan kapal model sebagai mesin utama pada kapal tersebut.

Percobaan uji kecepatan dilakukan dengan cara sederhana dengan menggunakan *DC Power Supply* untuk mengatur *voltage* dan *ampere* pada motor listrik yang terpasang dengan kabel listrik bersaklar, serta menggunakan *prototype* kapal patah - patah yang diisikan air untuk tempat melakukan uji kecepatan kapal model tersebut.

Rancangan alat uji kecepatan terdiri dari tiga tahapan. Tahap pertama adalah pembuatan kapal model yang meliputi desain kapal model, desain *water tunnel*, sampai dengan memodifikasi kapal model dengan tambahan pengarah aliran air pada buritan kapal model. Tahap kedua adalah rancangan alat uji yang akan digunakan untuk menguji kapal model yang telah dibuat. Tahap ketiga adalah uji coba kapal model dan pengambilan data.

Proses pengujian dilakukan 2 kali, pertama yaitu kapal model dengan *water tunnel* yang dilengkapi pengarah penuh, kedua yaitu kapal model dengan *water tunnel* yang dilengkapi pengarah setengah. Pada pengujian kecepatan kapal

model dengan *water tunnel* dan kapal model dengan *water tunnel* ditutup telah dilakukan pengujian terlebih dahulu.

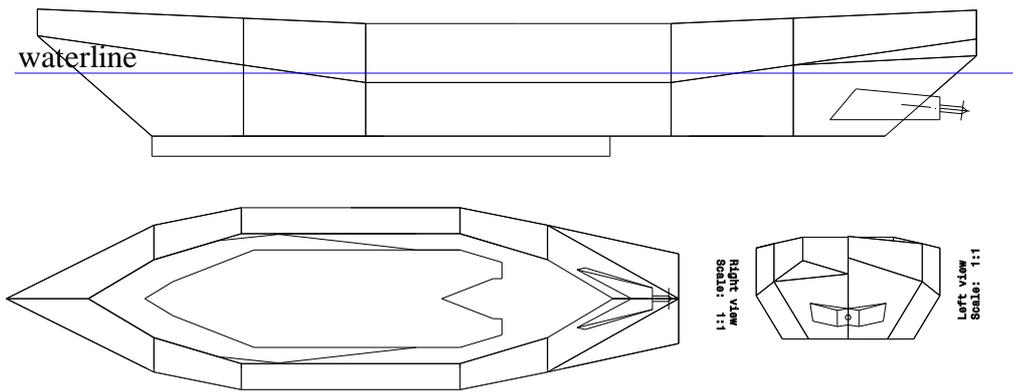
Pengujian dilakukan pada *prototype* kapal 7 meter yang telah diisi air di dalamnya dengan melakukan pengujian saat kondisi air yang tenang. Hal ini bertujuan untuk mengurangi adanya hambatan baru yang diakibatkan gelombang air. Posisi kapal model sebelum diuji harus ditempatkan pada kawat tembaga yang berfungsi sebagai pemandu arah gerak kapal serta diletakkan di tengah *prototype* kapal agar pergerakan kapal model berjalan lurus. Kapal model tersebut harus bebas bergerak pada kawat tembaga agar tidak terjadi gangguan hambatan tambahan pada proses pengujian.

Pengambilan data dilakukan setelah semua alat sudah terpasang sesuai dengan rancangan. Percobaan dilakukan dengan menggunakan kondisi muatan yang sama pada setiap percobaan, tetapi *voltage* yang dialirkan ke motor listrik dilakukan dengan empat tahapan yaitu 8volt, 10volt, 12volt, dan 14volt. Kapal model siap dijalankan apabila sudah sesuai dengan kondisi pengujian yang ditetapkan.

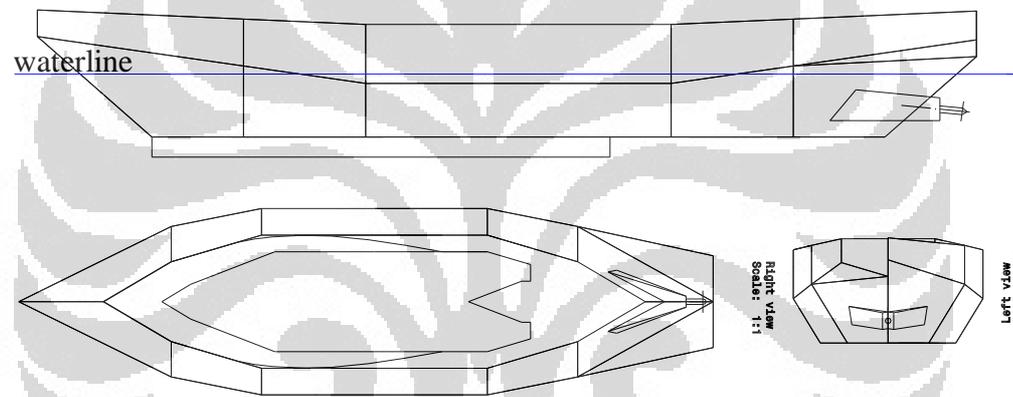
3.1 Pembuatan Kapal Model

3.1.1 Desain Kapal Model

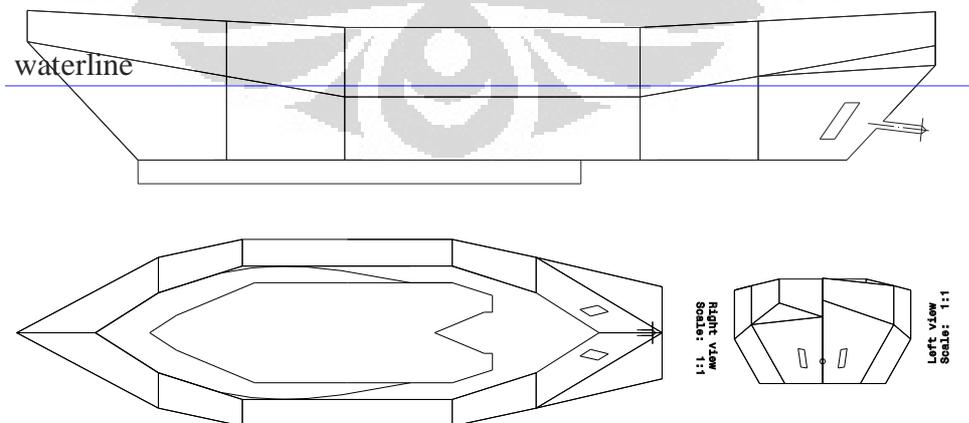
Kapal model yang akan dilakukan pengujian adalah jenis kapal model berukuran panjang 60 cm, lebar 20 cm dan tinggi 10 cm, dilengkapi dengan *air cushion* pada bawah lambung kapal serta *water tunnel* dari *flat buttom* menuju ke *propeller*. Desain kapal tersebut dibuat menggunakan metode aljabar linear untuk mencari koordinat garis patahan yang tepat sesuai alur aslinya. Kapal model kemudian akan digerakkan oleh *DC Power Supply* beraliran 8volt , 10 volt, 12volt, dan 14volt dengan baling-baling berdaun dua berdiameter 3cm. Berikut adalah perkembangan desain kapal model yang diujikan :



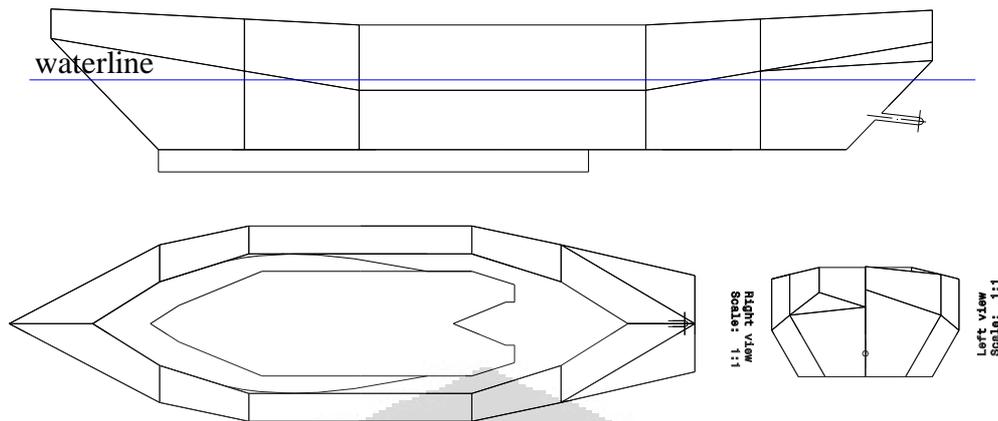
Gambar 3.1 Desain kapal model dengan pengarah penuh



Gambar 3.2 Desain kapal model dengan pengarah setengah



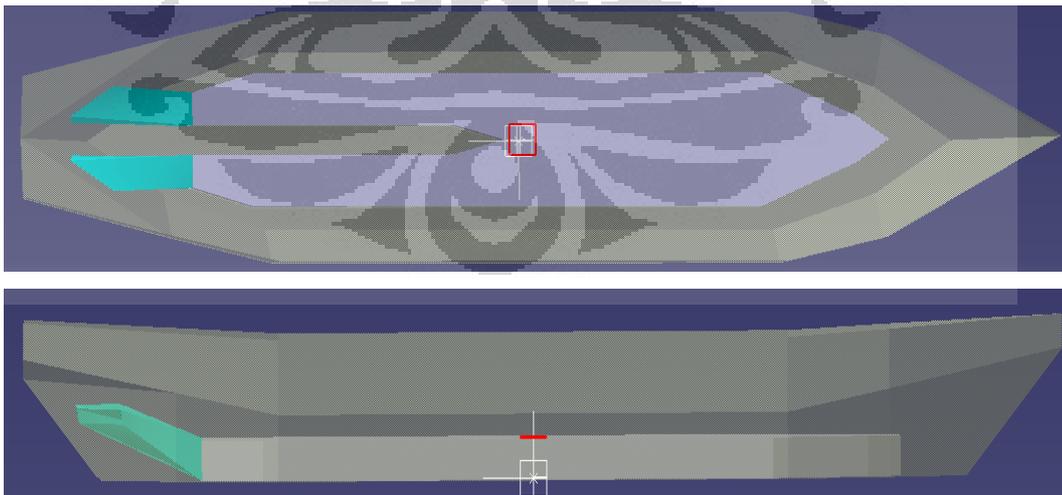
Gambar 3.3 Desain kapal model dengan *water tunnel*



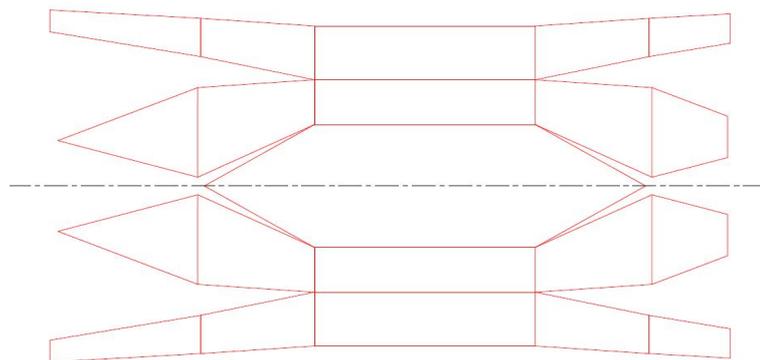
Gambar 3.4 Desain kapal model dengan *water tunnel* ditutup
(Pengolahan penulis menggunakan software AutoCAD®)

3.1.2 Bentuk Rancangan Kapal Model

Dari desain yang telah dibuat maka langkah selanjutnya yaitu membuat rancangan dari koordinat patahan garis ke dalam sebuah gambar sehingga dapat dibuat dalam bentuk model dengan skala yang diinginkan. Dalam pembuatan rancangan ke dalam bentuk gambar dibantu menggunakan software CATIA®. Dengan software ini koordinat-koordinat patahan garis dibuat menjadi sebuah gambar tiga dimensi dan dapat dicetak langsung bukaan kulitnya sehingga memudahkan dalam proses pembuatan model nyata.



Gambar 3.5 Rancangan tiga dimensi menggunakan *software CATIA®*



Gambar 3.6 Bukaan kulit rancangan kapal menggunakan *software CATIA®*

3.1.3 Proses Pembuatan Kapal Model

Proses pembuatan kapal model membutuhkan waktu sekitar 1 bulan. Pembuatan kapal model pada pengujian ini menggunakan bahan dasar dari triplex kemudian diperhalus dengan dempul dan cat. Berikut langkah pembuatan kapal model pengujian :

- a. Bukaan kulit yang telah dibuat dalam software CATIA® kemudian di cetak kedalam kertas sesuai dengan skala kapal model yang ingin kita uji. Pada pengujian ini skala kapal model yaitu 1 :1
- b. Dari hasil cetakan bukaan kulit yang berada dikertas kemudian jiplak cetakan tersebut kedalam lembaran triplex dengan ukuran yang sama, berikan tanda jiplakan agar pada proses penyambungan tidak salah. Metode penjiplakan dapat menggunakan kertas karbon ataupun melakukan pengukuran manual.
- c. Setelah bukaan kulit sudah di jiplak pada lembaran triplex langkah selanjutnya yaitu memotong triplex sesuai dengan garis jiplakan sehingga menjadi bagian-bagian yang siap untuk dirangkai.
- d. Rangkaialah hasil potongan sesuai dengan gambar awal hingga membentuk sebuah kapal model yang kasar. Proses perangkaian dapat menggunakan lem perekat kayu yang kuat.
- e. Dari hasil rangkaian kapal model kasar tahapan selanjutnya yaitu penghalusan. Penghalusan dilakukan dengan cara melapisi permukaan yang kasar menggunakan dempul kemudian dihaluskan dengan amplas

halus. Proses pendempulan dan pengaplasan dilakukan berkali-kali sehingga mendapatkan hasil yang bagus.

- f. Proses terakhir setelah kulit kapal model halus yaitu dilakukan pengecatan. Sebelum dilakukan pengecatan kulit kapal dilapisi hardener agar air tidak merembes kedalam triplek. Setelah selesai dilapis hardener barulah dilakukan pengecatan.

Proses diatas merupakan pembuatan kapal model (kapal tanpa tunnel), kemudian kapal model tersebut dilakukan modifikasi pada bawah kapal dengan penambahan *air cushion* (pengembangan penelitian selanjutnya) , terowongan air (*water tunnel*), serta penambahan pengarah pada belakang *tunnel* menuju ke arah baling-baling.

Spesifikasi Kapal Model :

- a. Panjang Kapal (Loa) : 60 cm
- b. Lebar (B) : 20 cm
- c. Tinggi (H) : 10 cm
- d. Draft (T) : 4,7 cm
- e. Skala : 1 : 1



Gambar 3.7 Kapal model percobaan



Gambar 3.8 Kapal model dengan *water tunnel* yang ditutup



Gambar 3.9 Kapal model dengan *water tunnel*



Gambar 3.10 Kapal model dengan pengarah penuh



Gambar 3.11 Kapal model dengan pengarah setengah

3.2 Rancangan Alat Uji

Pada proses pengujian ini rancangan alat uji terdiri dari :

3.2.1 Kolam Uji di Dalam *Prototype* Kapal



Gambar 3.12 Kolam uji tarik di dalam *prototype* kapal

Prototype kapal tersebut dialih fungsikan menjadi kolam uji tarik setelah diisi air di dalamnya. Kolam uji tarik ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Dimensi kolam : panjang 7 meter, lebar 3,2 meter.
 Kedalaman : 40-50 cm diatas permukaan *prototype* kapal

Fungsi kerja kolam uji tarik pada percobaan ini adalah sebagai media berjalannya kapal agar dapat mencatat catatan waktu tempuh serta mengamati gerakan aliran air disekitar badan kapal model atau di buritan kapal model. Jalur lintasan awal dapat mencapai 5 meter sebelum melewati titik awal perhitungan. Titik awal ke titik akhir berjarak 1,17m untuk mengukur catatan waktu tempuh dengan menggunakan *stopwatch digital*.

3.2.2 DC Power Supply

Alat ini berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC, spesifikasi dari alat ini adalah sebagai berikut :

Merek	:	ATTEN
Input	:	110/220 V
Voltage	:	0 – 30 volt
Ampere	:	0 – 30 ampere



Gambar 3.13 DC Power Supply

3.2.3 Pasir

Pasir digunakan sebagai muatan pada kapal model agar kapal memiliki beban yang cukup ketika bergerak. Pembebanan pasir tersebut ditempatkan pada kantong plastik dengan massa yang bervariasi. Total muatan yang digunakan sebesar 3,3kg



Gambar 3.14 Pasir Muatan

3.2.4 Timbangan

Timbangan digital digunakan untuk menghitung massa kapal model yang telah bermotor listrik dan muatan pasir yang akan dimasukkan ke dalam kapal model sebagai muatan. Ketelitian timbangan 0,000 gram.



Gambar 3.15 Timbangan

3.2.5 Saklar Listrik

Saklar digunakan sebagai pemutus dan penyambung aliran listrik dari *DC Power Supply* ke motor listrik. Alat ini dipasangkan dengan maksud mempermudah menjalankan dan memberhentikan kapal model saat melaju serta menjaga *DC Power Supply* agar tetap menyala konstan.



Gambar 3.16 Saklar listrik

3.2.6 Motor Listrik

Motor listrik digunakan sebagai mesin utama pada kapal model saat percobaan. Motor listrik yang diberikan aliran listrik dari *DC Power Supply* akan memutar *propeller* sehingga kapal dapat melaju. Motor listrik ini biasanya dipakai untuk memutar *helikopter remote control*.



Gambar 3.17 Motor Listrik

3.2.7 Stopwatch Digital

Stopwatch digunakan untuk membaca catatan waktu saat kapal model melewati jarak tempuh tertentu pada kolam *prototype* kapal. *Stopwatch* tersebut berdisplay digital sehingga lebih akurat dalam pembacaan serta memiliki ketelitian hingga 0,000 sekon. *Stopwatch* ini dipakai karena infra merah pada alat pengukuran kecepatan tidak dapat digunakan karena sangat sensitif terhadap sinar matahari.



Gambar 3.18 *Stopwatch Digital* dengan menggunakan *Blackberry*

3.3 Uji Coba Kapal Model

Proses pengujian ini bertujuan untuk membandingkan kecepatan serta olah gerak yang ditimbulkan pada kapal model. Kapal model yang diujikan adalah pada penggunaan *water tunnel* dilengkapi pengarah penuh, pada penggunaan *water tunnel* dilengkapi pengarah setengah, pada penggunaan *water tunnel*, dan pada penggunaan *water tunnel* yang ditutup. Dengan catatan penggunaan *water tunnel* dan *water tunnel* ditutup telah dilakukan pengujian sebelumnya.

Kecepatan kapal model tersebut didapatkan dari hasil pergerakan dinamo motor yang dialiri daya listrik tertentu dari *DC Power Supply*, sehingga dapat menjalankan kapal model. Kapal model tersebut akan dicatat waktu tempuhnya dengan menggunakan *stopwatch digital* dengan ketelitian 0,000detik, dengan jarak awal pencatatan 1,17meter sebelum jarak akhir pencatatan.

Percobaan dilakukan di dalam *prototype* kapal 7 meter yang dialih fungsikan sementara sebagai kolam air uji tarik dengan diisikan air berketinggian 40-50 cm. Percobaan yang dilakukan di dalam *prototype* kapal dikarenakan luasan yang besar, dengan jarak tempuh yang lebih panjang untuk memaksimalkan kecepatan kapal serta lebih lebar untuk mengurai efek pantul dari gelombang air yang dihasilkan.

3.3.1 Langkah Pengujian

Berikut langkah percobaan dalam uji coba kapal model ini :

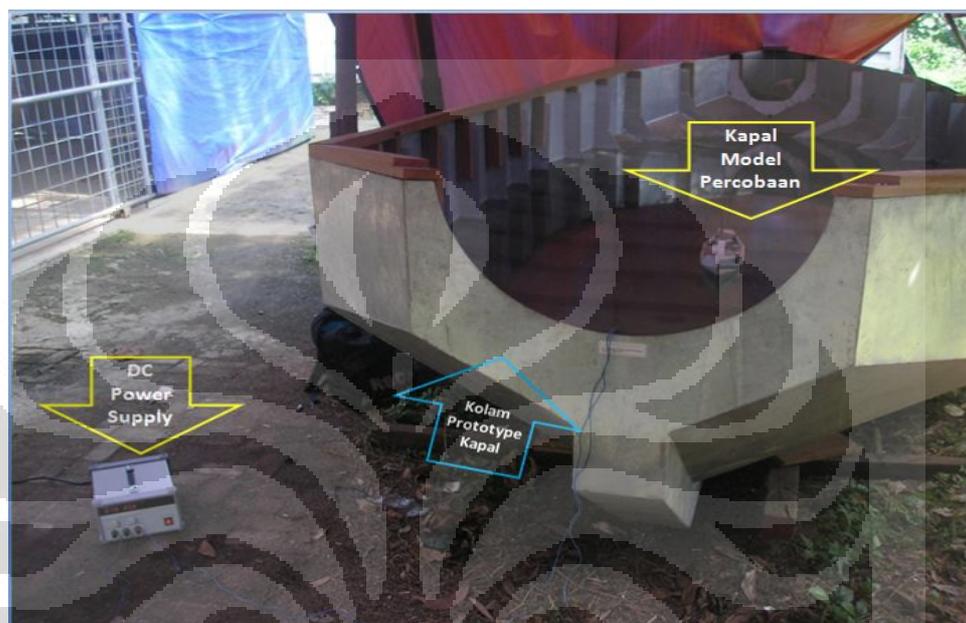
1. Siapkan semua peralatan alat uji sesuai dengan rancangan alat uji dan pastikan semua alat dalam kondisi yang baik.
2. Pada *prototype* kapal sebelumnya sudah diisi air sebagai kolam percobaan. Dipasangi kawat sebagai pemandu arah pada tengah kolam uji tarik,serta dipastikan kawat lurus dan ketegangan disesuaikan.
3. Pada percobaan ini alat penangkap kecepatan dengan sensor infra merah tidak bisa dipakai dikarenakan pengaruh pantulan efek sinar matahari sehingga alat tidak bisa membaca dengan benar.
4. Pengukuran dilakukan dengan mengukur waktu tempuh yang diperlukan dari satu titik awal ke titik akhir dengan menggunakan *stopwatch digital* secara manual. Titik awalnya yaitu 1,17 meter sebelum titik akhir.



Gambar 3.19 Titik awal dan titik akhir pengukuran waktu tempuh di dalam *protototype* kapal

5. Pengolahan data kecepatan didapat dari jarak tempuh dibagi dengan waktu tempuh.
6. Kemudian kapal model percobaan ditaruh di dalam kolam *prototype* kapal, diberikan pembebanan pasir dengan jumlah yang sama pemberat dari pasir sebagai pembeban agar kapal mencapai sarat air atau *draft* yang sesuai, kemudian memasang pemandu yang dipaskan kepada kawat pengarah.

7. Hubungkan kabel listrik yang menghubungkan dinamo motor listrik pada kapal model percobaan dengan DC Power Supply
8. Siap untuk melakukan percobaan kapal model, dimulai dengan kapal model dengan menggunakan *water tunnel* dilengkapi pengarah penuh yang diletakkan ditengah *prototype* kapal. Berikut ini adalah rancangan alat saat pengujian di dalam *prototype* kapal:



Gambar 3.20 Rancangan alat percobaan di dalam *prototype* kapal

9. Setelah pengujian dengan menggunakan kapal percobaan tipe *water tunnel* dilengkapi pengarah penuh selesai, kemudian kapal percobaan dilakukan modifikasi ukuran pengarahnya, dengan memasang pengarah berukuran lebih kecil (pengarah setengah) menuju ke propeller. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh aliran yang keluar dari pengarah akan mempengaruhi laju kecepatan kapal model.
10. Pada percobaan penggunaan *water tunnel* dan *water tunnel* ditutup, data yang didapatkan telah dilakukan pada percobaan sebelumnya.

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 Pengolahan Data

Pada percobaan ini akan menggunakan variasi *voltage* dengan besaran 8volt, 10volt, 12volt dan 14volt. Selain *voltage* akan didapatkan juga data arus listrik (*ampere*) dari *DC Power Supply*, dimana arus dan *voltage* ini akan menghasilkan besaran daya (*watt*) yang diberikan kepada dinamo motor listrik. Dari *voltage* (V) dan arus/*Ampere* (I) yang didapatkan diatas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari daya (P) pada dinamo motor listrik. Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (4.1)$$

,dimana :

P = Daya (*Watt*)

V = *Voltage* (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

Tabel 4.1 Pengolahan daya yang digunakan

<i>Voltage</i> (V)	<i>Ampere</i> (I)	P = V x I
8	8,6	68,8
10	10,8	108
12	13,2	158,4
14	15,4	215,6

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

4.1.1 Pengolahan Data di Dalam *Prototype* Kapal

Pada percobaan di dalam *prototype* kapal dilakukan pengambilan data dengan menggunakan alat *stopwatch digital* untuk mendapatkan waktu tempuh (t) dari satu titik awal ke titik akhir yang berjarak 1,17 meter, yang kemudian untuk mendapatkan kecepatan laju kapal (v) akan didapatkan dari jarak tempuh (s)

dibagi oleh waktu tempuh(t). Dari waktu yang didapatkan diatas, maka perhitungan selanjutnya yaitu mencari besarnya kecepatan kapal tersebut. Besarnya kecepatan kapal (V) tersebut dapat dihitung menggunakan perubahan jarak (s) yang ditempuh per satuan waktu (t).

$$v = \frac{s}{t} \quad (4.2)$$

, dimana :

V = Kecepatan kapal model (meter/detik)

s = Perubahan jarak kapal model (meter)

t = Waktu tempuh kapal model (detik)

4.1.1.1 Kapal Model Dengan *Water Tunnel* Dilengkapi Pengarah Penuh

Percobaan dilakukan di dalam *prototype* kapal dengan menggunakan alat *stopwatch digital* dengan kapal model yang diberikan pembebanan yang sama. Berikut ini data hasil percobaannya:

Tabel 4.2 Pengolahan data waktu tempuh pengarah penuh di *prototype* kapal.

Kapal model dengan <i>water tunnel</i> dilengkapi pengarah penuh					
Pengukuran Waktu Tempuh		<i>Voltage</i>			
		14 volt	12 volt	10 volt	8 volt
Waktu (sekon)	1	1,19	1,43	1,62	1,87
	2	1,26	1,41	1,53	1,84
	3	1,10	1,37	1,59	1,80
	4	1,25	1,47	1,58	1,92
	5	1,35	1,41	1,56	1,92
Rata-rata		1,23	1,42	1,58	1,87

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

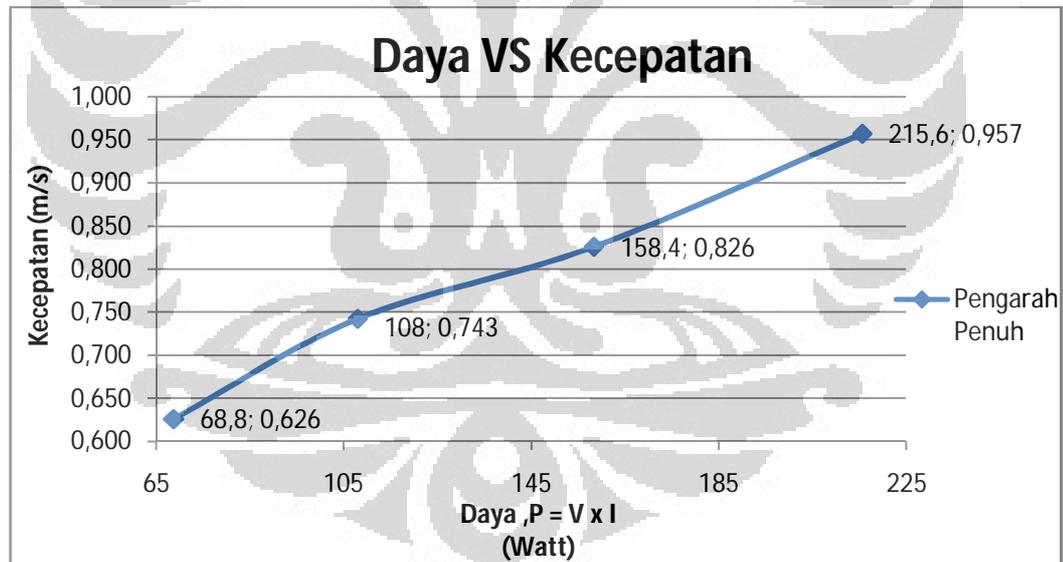
Dengan menggunakan rumus (4.2), maka didapatkan kecepatan kapal model dengan *water tunnel* dilengkapi pengarah penuh.

Tabel 4.3 Pengolahan data *water tunnel* pengarah penuh di *prototype* kapal.

Kapal Model Dengan <i>Water tunnel</i> Dilengkapi Pengarah Penuh					
Uji Coba Percobaan		Daya = <i>Voltage x Ampere</i>			
		68,8 Watt	108 Watt	158,4 Watt	215,6 Watt
Kecepatan (m/s)	1	0,625	0,721	0,816	0,987
	2	0,636	0,767	0,832	0,930
	3	0,650	0,735	0,852	1,064
	4	0,610	0,742	0,798	0,936
	5	0,610	0,749	0,832	0,869
Rata-rata		0,626	0,743	0,826	0,957
Minimum		0,610	0,721	0,798	0,869
Maksimum		0,650	0,767	0,852	1,064
Standar Deviasi		0,017	0,017	0,020	0,073
Standar Error		0,008	0,008	0,009	0,033

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

Dari data kecepatan yang didapat maka didapatkan grafik perbandingan antara kecepatan laju kapal (m/s) dengan daya yang masuk pada dinamo motor listrik (Watt).

Gambar 4.1 Daya vs kecepatan dengan pengarah penuh di *prototype* kapal.

(Pengolahan penulis, 2011)

4.1.1.2 Kapal Model Dengan *Water Tunnel* Dilengkapi Pengarah Setengah

Percobaan dilakukan di dalam *prototype* kapal dengan menggunakan alat *stopwatch digital* dengan kapal model yang diberikan beban yang sama. Berikut ini data hasil percobaannya:

Tabel 4.4 Pengolahan data waktu tempuh pengarah setengah di *prototype* kapal.

Kapal model dengan <i>water tunnel</i> dilengkapi pengarah setengah					
Pengukuran Waktu Tempuh		<i>Voltage</i>			
		14 volt	12 volt	10 volt	8 volt
Waktu (sekon)	1	1,24	1,35	1,37	1,55
	2	1,19	1,30	1,46	1,67
	3	1,21	1,31	1,32	1,56
	4	1,26	1,21	1,37	1,59
	5	1,24	1,39	1,36	1,70
Rata-rata		1,23	1,31	1,38	1,61

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

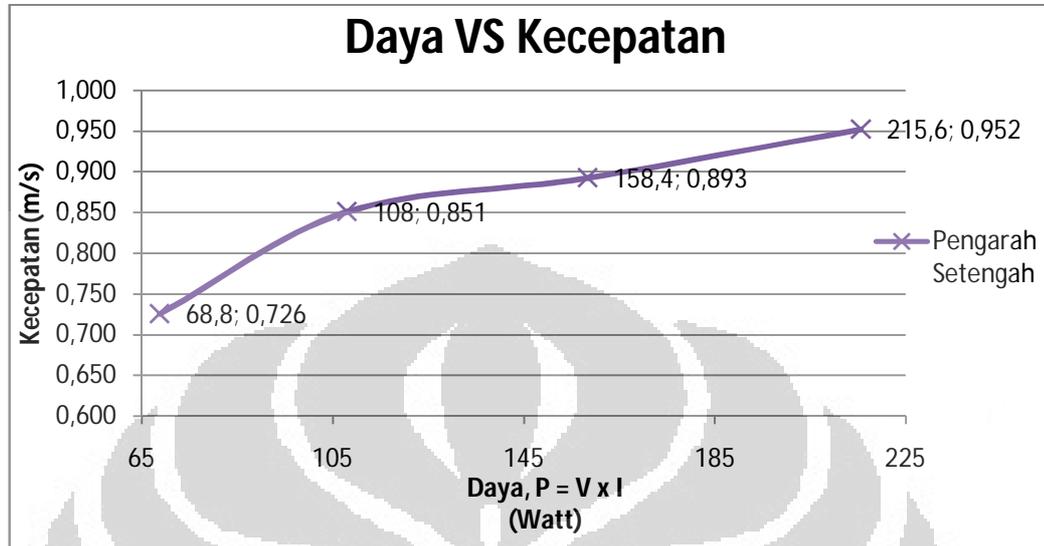
Dengan menggunakan rumus (4.2), maka didapatkan kecepatan kapal model dengan *water tunnel* dilengkapi pengarah setengah.

Tabel 4.5 Pengolahan data *water tunnel* pengarah setengah di *prototype* kapal.

Kapal Model Dengan <i>Water tunnel</i> Dilengkapi Pengarah Setengah					
Uji Coba Percobaan		Daya = <i>Voltage x Ampere</i>			
		68,8 Watt	108 Watt	158,4 Watt	215,6 Watt
Kecepatan (m/s)	1	0,757	0,854	0,865	0,941
	2	0,699	0,803	0,900	0,980
	3	0,750	0,886	0,892	0,968
	4	0,736	0,853	0,967	0,929
	5	0,687	0,858	0,840	0,943
Rata-rata		0,726	0,851	0,893	0,952
Minimum		0,687	0,803	0,840	0,929
Maksimum		0,757	0,886	0,967	0,980
Standar Deviasi		0,031	0,030	0,048	0,021
Standar Error		0,014	0,013	0,021	0,009

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

Dari data kecepatan yang didapat maka didapatkan grafik perbandingan antara kecepatan laju kapal (m/s) dengan daya yang masuk pada dinamo motor listrik (Watt).



Gambar 4.2 Daya vs kecepatan dengan pengaruh setengah di *prototype kapal*.
(Pengolahan penulis, 2011)

4.1.1.3 Kapal Model Dengan *Water Tunnel*

Percobaan dilakukan di dalam *prototype kapal* dengan menggunakan alat *stopwatch digital* dengan kapal model yang diberikan pembebanan yang sama. Berikut ini data hasil percobaannya:

Tabel 4.6 Pengolahan data waktu tempuh *water tunnel* di *prototype kapal*.

Kapal model dengan <i>water tunnel</i>					
Pengukuran Waktu Tempuh	Voltage				
	14 volt	12 volt	10 volt	8 volt	
Waktu (sekon)	1	1,26	1,31	1,58	1,62
	2	1,26	1,37	1,54	1,66
	3	1,33	1,40	1,56	1,61
	4	1,22	1,38	1,54	1,67
	5	1,30	1,37	1,50	1,68
Rata-rata	1,27	1,36	1,54	1,65	

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

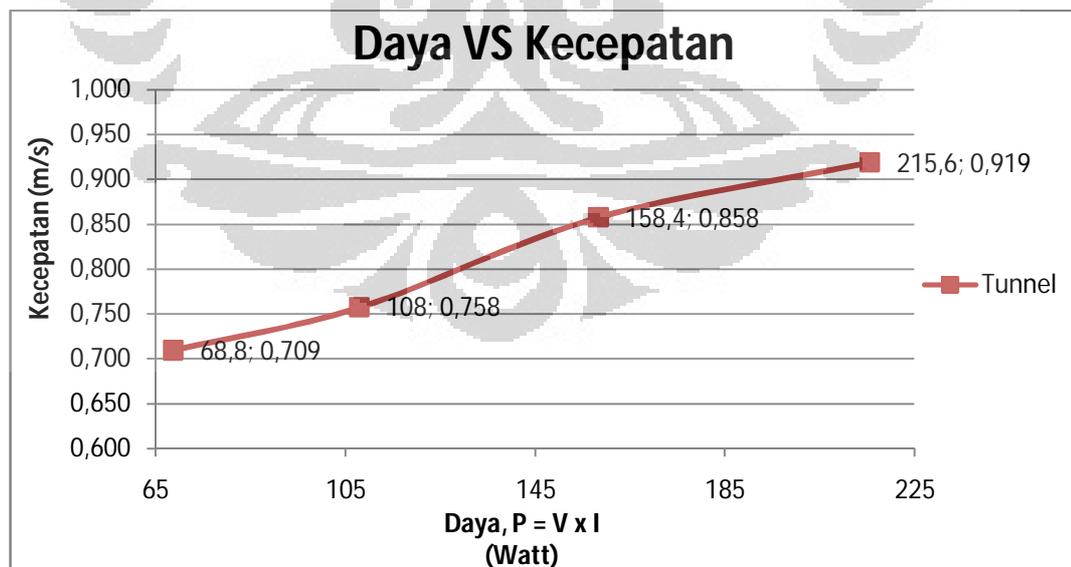
Dengan menggunakan rumus (4.2), maka didapatkan kecepatan kapal model dengan *water tunnel* di dalam *prototype* kapal.

Tabel 4.7 Pengolahan data dengan *water tunnel* di *prototype* kapal.

Kapal Model Dengan <i>Water tunnel</i>					
Uji Coba Percobaan		Daya = $Voltage \times Ampere$			
		68,8 Watt	108 Watt	158,4 Watt	215,6 Watt
Kecepatan (m/s)	1	0,723	0,740	0,897	0,930
	2	0,703	0,761	0,855	0,926
	3	0,725	0,750	0,838	0,878
	4	0,699	0,759	0,846	0,957
	5	0,697	0,778	0,855	0,903
Rata-rata		0,709	0,758	0,858	0,919
Minimum		0,697	0,740	0,838	0,878
Maksimum		0,725	0,778	0,897	0,957
Standar Deviasi		0,013	0,014	0,023	0,030
Standar Error		0,006	0,006	0,010	0,013

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

Dari data kecepatan yang didapat maka didapatkan grafik perbandingan antara kecepatan laju kapal (meter/second) dengan daya yang masuk pada dinamo motor listrik (Watt).



Gambar 4.3 Daya vs kecepatan dengan *water tunnel* di *prototype* kapal.

(Pengolahan penulis, 2011)

4.1.1.4 Kapal Model Dengan *Water Tunnel* Ditutup

Percobaan dilakukan di dalam *prototype* kapal dengan menggunakan alat *stopwatch digital* dengan kapal model yang diberikan pembebanan yang sama. Berikut ini data hasil percobaannya:

Tabel 4.8 Pengolahan data waktu tempuh *water tunnel* ditutup di *prototype* kapal.

Kapal model dengan <i>water tunnel</i> ditutup					
Pengukuran Waktu Tempuh		Voltage			
		14 volt	12 volt	10 volt	8 volt
Waktu (sekon)	1	1,18	1,37	1,41	1,80
	2	1,10	1,44	1,60	1,78
	3	1,12	1,36	1,43	1,87
	4	1,18	1,24	1,51	1,74
	5	1,22	1,44	1,58	1,72
Rata-rata		1,16	1,37	1,50	1,78

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

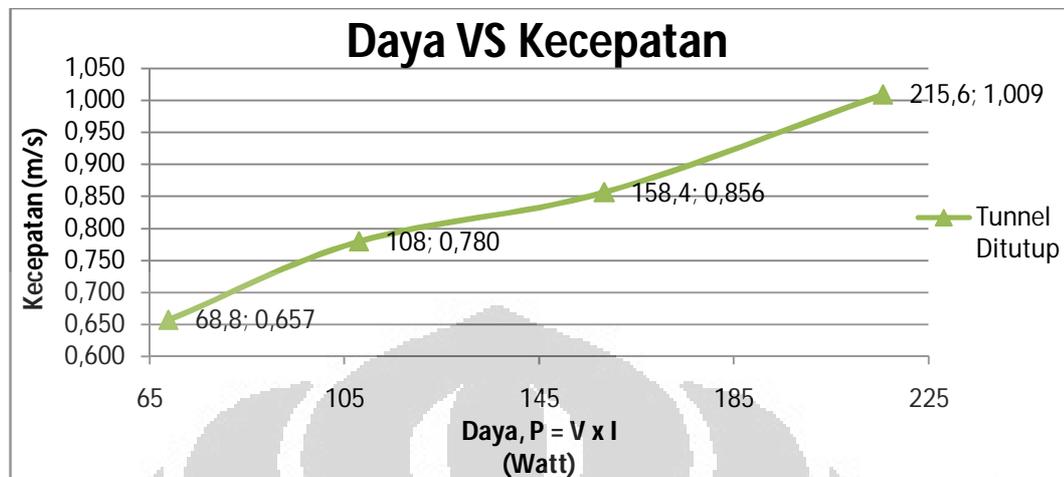
Dengan menggunakan rumus (4.2), maka didapatkan kecepatan kapal model dengan *water tunnel* ditutup di dalam *prototype* kapal.

Tabel 4.9 Pengolahan data dengan *water tunnel* ditutup di *prototype* kapal.

Kapal Model Dengan <i>Water tunnel</i> Ditutup					
Uji Coba Percobaan		Daya = Voltage x Ampere			
		68,8 Watt	108 Watt	158,4 Watt	215,6 Watt
Kecepatan (m/s)	1	0,649	0,832	0,855	0,995
	2	0,657	0,734	0,811	1,062
	3	0,625	0,816	0,863	1,041
	4	0,673	0,776	0,941	0,988
	5	0,682	0,742	0,811	0,958
Rata-rata		0,657	0,780	0,856	1,009
Minimum		0,625	0,734	0,811	0,958
Maksimum		0,682	0,832	0,941	1,062
Standar Deviasi		0,022	0,044	0,053	0,042
Standar Error		0,010	0,020	0,024	0,019

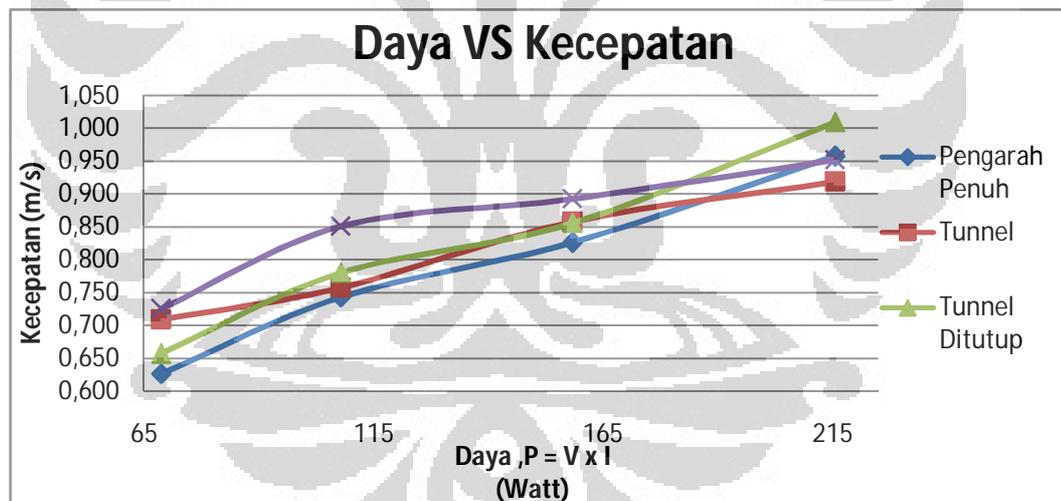
(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

Dari data kecepatan yang didapat maka didapatkan grafik perbandingan antara kecepatan laju kapal dengan daya (Watt).



Gambar 4.4 Daya vs kecepatan dengan *water tunnel* ditutup di *prototype kapal*.
(Pengolahan penulis, 2011)

Didapatkan grafik daya terhadap kecepatan pada keseluruhan percobaan kapal model di dalam *prototype kapal*.

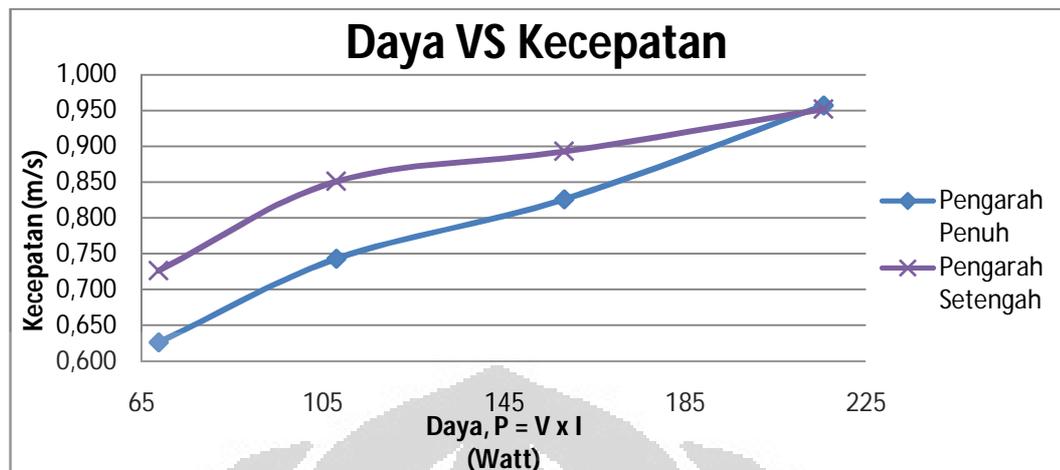


Gambar 4.5 Daya vs kecepatan keseluruhan percobaan di *prototype kapal*.
(Pengolahan penulis, 2011)

4.2 Analisa Data

Dari data yang diperoleh di dalam *prototype kapal*, dengan menggunakan kapal model yang sama, serta pembebanan yang sama, hasil percobaan yang didapatkan menunjukkan perbedaan kecepatan. Berikut adalah grafik daya versus kecepatan antara kapal model dengan berbagai model percobaan yang dilakukan.

4.2.1 Analisa Grafik Pengarah Penuh Dengan Pengarah Setengah

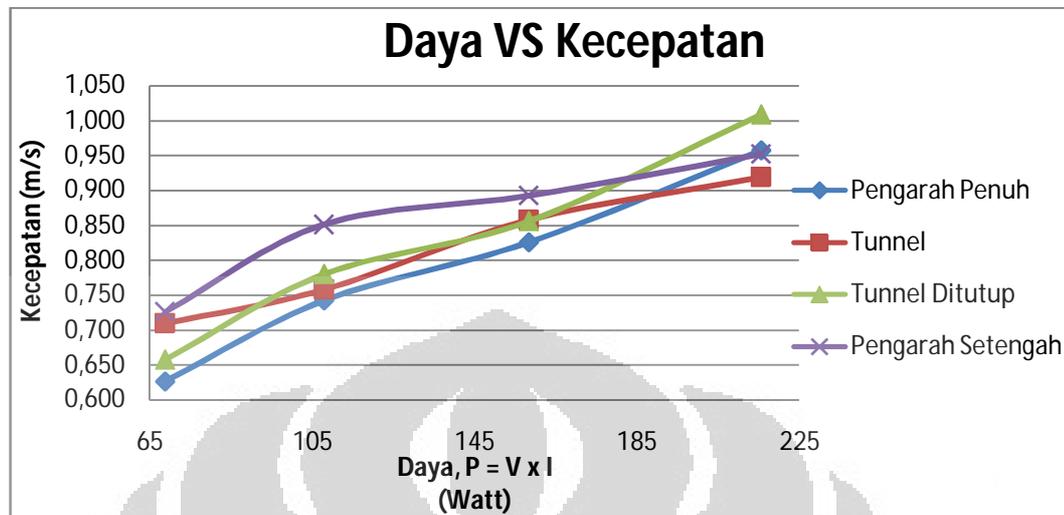


Gambar 4.6 Daya vs kecepatan pada percobaan *water tunnel* dilengkapi pengarah penuh dengan pengarah setengah.

(Pengolahan penulis, 2011)

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa penggunaan *water tunnel* dilengkapi pengarah setengah berhasil menaikkan kecepatan kapal sebesar 8-15% pada daya 68,8 watt, 108 watt, 158,4 watt dibandingkan pengarah penuh, tetapi pada daya tertinggi sebesar 215,6 watt pengarah setengah mengalami penurunan kecepatan sebesar 0,56% dibanding pengarah penuh. Penurunan pada 215,6 watt tersebut dapat diakibatkan bentuk pengarah yang masih belum sempurna serta jarak baling-baling dengan pengarah terlalu dekat, sehingga kecepatan aliran air yang keluar dari pengarah setengah masih lebih lambat dari kecepatan putar baling-baling kapal, hal inilah yang dapat menimbulkan ketidakselarasan aliran pada buritan kapal dan akhirnya mempengaruhi efektivitas propulsi kapal. Tetapi secara umum menunjukkan bahwa luasan pengarah setengah yang berukuran lebih kecil dari luasan daun baling-baling lebih efektif daripada luasan pengarah penuh yang berukuran sama dengan luasan daun baling-baling kapal. Hal ini juga dikuatkan oleh H. Schneekluth dalam jurnal *ship design for efficiency and economy* p139, bahwa dengan percobaan WED, yang hanya berdiameter $\frac{3}{4}$ dari luasan daun baling-baling kapal akan mendapatkan aliran yang lebih efektif.

4.2.2 Analisa Grafik Pengarah Penuh, Pengarah Setengah, Dengan *Water Tunnel* dan *Water Tunnel* Ditutup



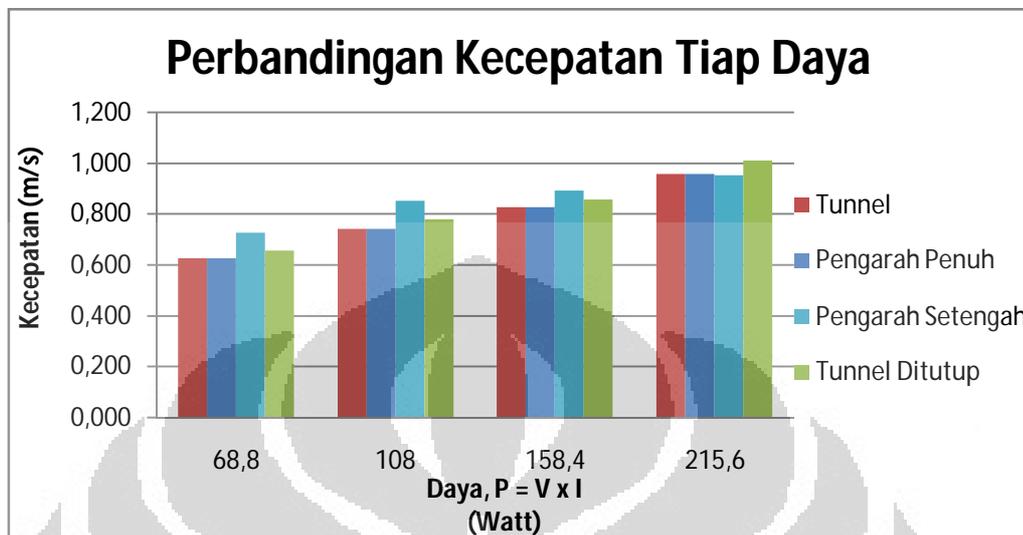
Gambar 4.7 Daya vs kecepatan pada percobaan *water tunnel* dilengkapi pengarah setengah, pengarah penuh terhadap percobaan *water tunnel*, *water tunnel* ditutup.

(Pengolahan penulis, 2011)

Pada gambar 4.7 dapat dilihat perbandingan kecepatan kapal model dengan menggunakan *water tunnel* dilengkapi pengarah penuh dan pengarah setengah terhadap dua percobaan sebelumnya, yaitu kapal model dengan menggunakan *water tunnel* dan *water tunnel* ditutup. Didapatkan hasil bahwa penggunaan pengarah setengah masih lebih cepat dibanding tiga percobaan lain pada penggunaan daya 68,8 watt, 108 watt, 158,4 watt sebesar 2-15%. Tetapi permasalahan bentuk dan penempatan yang efektif pada pengarah setengah masih menjadi hambatan dalam uji laju kecepatan, sehingga pada daya 215,6 watt penggunaan *water tunnel* ditutup masih lebih unggul sebesar 5,64% dengan pengarah setengah.

4.2.3 Analisa Perbandingan Kecepatan Tiap Daya Pada Tiap Percobaan

Berikut adalah perbandingan kecepatan kapal yang dihasilkan tiap daya (watt) pada percobaan yang dilakukan:



Gambar 4.8 Perbandingan kecepatan tiap daya percobaan di *prototype kapal*.

(Pengolahan penulis, 2011)

Berdasarkan gambar 4.8 dapat dilihat bahwa kinerja aliran pada *water tunnel* yang dilengkapi pengarah bekerja sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Aliran yang diharapkan keluar dari *water tunnel* kemudian diarahkan pengarah ke baling-baling kapal untuk mendapatkan aliran yang lebih banyak serta menghindari tabrakan aliran air, faktanya berhasil meningkatkan kinerja baling-baling dan kecepatan kapal secara signifikan, terutama pada kecepatan rendah.

Pada kecepatan tinggi saat 215,6 watt, tahanan bentuk serta tahanan gesek dari penggunaan *water tunnel* yang dilengkapi pengarah masih lebih besar dibandingkan daya dorong tambahan yang diharapkan, sehingga mengakibatkan kecepatan laju kapal model *water tunnel* ditutup dan kapal dengan pengarah penuh masih lebih unggul dengan selisih 5,64% dan 0,56%, tetapi secara umum kapal model dengan *water tunnel* dilengkapi pengarah setengah berhasil lebih cepat dari model lain.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari percobaan ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Kapal model dengan *water tunnel* yang dilengkapi pengarah setengah, berhasil lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan pengarah penuh, *water tunnel*, dan *water tunnel* ditutup pada penggunaan daya 68,8 watt, 108 watt, 158,4 watt sebesar 2-15%. Tetapi pada daya tinggi sebesar 215,6 watt, kecepatan *water tunnel* yang dilengkapi pengarah setengah lebih lambat dibandingkan dengan pengarah penuh 0,56% dan *water tunnel* ditutup 5,64%
2. Pengarah setengah yang berukuran lebih kecil setengah dari luasan daun baling-baling lebih efektif daripada pengarah penuh yang berukuran sama dengan luasan daun baling-baling kapal.
3. Aliran dari *water tunnel* dilengkapi pengarah efektif karena besarnya aliran mengarah langsung ke propeller, terutama pada kecepatan rendah.

5.2 Saran

Dari percobaan ini ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan modifikasi pada *water tunnel* serta tambahan pengarah, dari segi ukuran, bentuk, peletakan, sudut yang optimal, kehalusan permukaan, atau dengan penambahan modifikasi lainnya sehingga dapat memperbaiki kinerja aliran air ke baling – baling kapal model.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan pengarah dalam mempengaruhi kestabilan, serta olah gerak kapal.
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai propulsi kapal dengan menggunakan *water tunnel* yang diberi pengarah, terhadap penggunaan baling – baling dari segi diameter, pitch, jumlah daun, dan karakteristik lainnya.
4. Selain itu, perlu penelitian lebih lanjut pada kapal model dengan menggunakan perangkat *air cushion*.

DAFTAR PUSTAKA

Adji, S. (2005). *Engine Propeller Matching*. Kumpulan Jurnal Ilmiah FTK-ITS. Surabaya.hal.1-8

Sasono, E. J. (2009). Pemakaian baling – baling bebas putar (*free rotating propeller*) pada kapal. hal.140-145

Korkut, E. (2006). *case study for the effect of a flow improvement device (a partial wake equalizing duct) on ship powering characteristics.. Science Direct: Ocean Engineering*, 33, p205 – 218.

Celik, F. (2007). *A numerical study for effectiveness of a wake equalizing duct. Science Direct: Ocean Engineering*, 34, p2138 – 2145.

Harvald, Sv.Aa. (1978). *Tahanan dan Propulsi Kapal* (Jusuf Susanto, Penerjemah). Airlangga University Pers. Surabaya. 1992 , hal.135-136

Schneeckluth, H. & Bertram, F. (1998) *Ship Design for Efficiency and Economy* 2nd ed. London: Butterworth-Heinemann. Hal.135 – 147

Munson, B. R., Young, D. F.,& Okiishi, T. H. (2002). *Mekanika Fluida Edisi Ke-4 Jilid 2* (Harinaldi, Budiarmo, Penerjemah). Jakarta: Erlangga. Hal.111-197

Schneeckluth, H. & Bertram, F. (1998) *Ship Design for Efficiency and Economy* 2nd ed. London: Butterworth-Heinemann. Hal.135 – 147

Universitas Indonesia (2004). Pengantar penulisan ilmiah.