



UNIVERSITAS INDONESIA

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

SKRIPSI

Febrianhal

0706275302

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

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

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik


Febrianhal

0706275302

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Febrianhal
NPM : 0706275302
Tanda Tangan : 
Tanggal : 24 Januari 2012

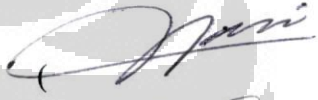
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:


Nama : Febrianhal
NPM : 0706275302
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Uji Coba Penggunaan *Water Tunnel* Zigzag 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, M.T ()

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 : 24 Januari 2012

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, M.T. selaku dosen 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. selaku dosen pembimbing akademis yang telah membimbing, membagikan ilmu dan pengalamannya baik selama perkuliahan maupun diluar perkuliahan;
3. Ir. M. A. Talahatu, M.T., Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen pada program studi Teknik Perkapalan yang telah membagikan ilmu dan pengalamannya;
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan baik material maupun moral;
5. Muhammad Andika Permana dan Ridwan Wibisana selaku *partner* skripsi yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan skripsi ini; dan
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, Januari 2012

Penulis

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

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

Nama : Febrianhal
NPM : 0706275302
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 Zigzag* 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 : 24 Januari 2012

Yang menyatakan,



(Febrianhal)

ABSTRAK

Nama : Febrianhal
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Uji Coba Penggunaan *Water Tunnel Zigzag*
Pada Kapal Pelat Datar Untuk Meningkatkan Propulsi Kapal.

Kapal pelat datar adalah salah satu bentuk kapal alternatif selain kapal yang berbentuk *streamline*. Kapal ini memiliki bentuk *flat hull* dan *flat bottom* yang memberikan kemudahan dalam pengerjaan pelat dan perakitan. Namun, kapal pelat datar memiliki tahanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kapal berbentuk *streamline*. Untuk itu diperlukan suatu cara untuk mengurangi hambatan tersebut, diantaranya adalah dengan meningkatkan sistem propulsi kapal. Peningkatan kinerja sistem propulsi dapat dilakukan dengan penggunaan *water tunnel zigzag* yang mengarahkan aliran air langsung ke *propeller*. 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 pengujian pada kapal. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa besarnya aliran yang masuk ke baling-baling baik dari water tunnel maupun dari lambung kapal efektif meningkatkan daya dorong baling-baling, sehingga kenaikan kecepatan kapal dapat tercapai.

Kata kunci : Kapal pelat datar, kecepatan, tahanan, sistem propulsi, *water tunnel zigzag*

ABSTRACT

Name : Febrianhal
Study Program : Naval Architecture
Title : Trial Of Using Zigzag Water Tunnel On Flat Plate Ship
To Improve Ship Propulsion

Flat plate ship is one form of alternative ship, in addition to streamlined-shaped. The ship has a flat hull and flat bottom that provides convenience in construction and assembly process. However, Flat plate ship has a higher resistance than the ship with streamlined-shape. For that, some way is needed to reduce these resistance, such as by increasing the ship propulsion system. Performance improvement of the propulsion system can be done by using zigzag water tunnel that leads the water flow directly to the propeller. 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 magnitude of the flow entering the propeller, either from the water tunnel and from the ship's hull effectively increasing the propeller thrust, so the ship's speed increases can be achieved.

Keywords: Flat Plate Ship, Propulsion System, Resistance, Velocity, Zigzag Water Tunnel

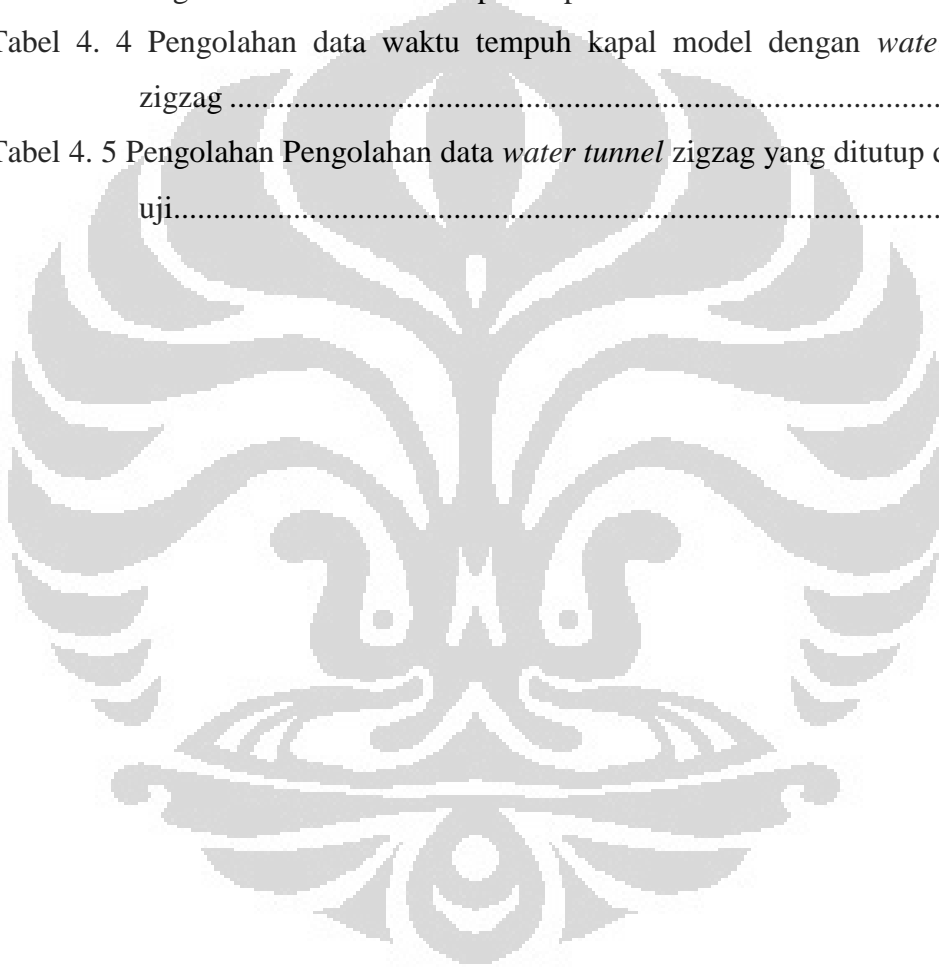
DAFTAR ISI

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
ABSTRACT.....	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	4
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Tahanan dan Kecepatan Kapal.....	8
2.2 Gaya Dorong Kapal	9
2.3 Daya Dorong Kapal	9
2.4 Efisiensi Pada Sistem Penggerak	11
2.5 Prinsip Kerja	15
BAB 3 RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN.....	17
3.1 Pembuatan Kapal Model.....	18

3.1.1 Desain Kapal Model.....	18
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.....	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
3.2.8 Kawat Tembaga	27
3.3 Uji Coba Kapal Model	27
3.3.1 Langkah Pengujian.....	28
BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA	31
4.1 Pengolahan Data	31
4.1.1 Kapal Model Dengan <i>Water Tunnel</i> Zigzag Ditungkup.....	32
4.1.2 Kapal Model Dengan <i>Water Tunnel</i> Zigzag	34
4.2 Analisa Data.....	38
4.2.1 Analisa Grafik <i>Water Tunnel</i> Zigzag Dengan <i>Water Tunnel</i> Zigzag Ditungkup.....	38
4.2.2. Analisa Perbandingan Kecepatan Tiap Daya Pada Percobaan	41
BAB 5 PENUTUP.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45

DAFTAR TABEL

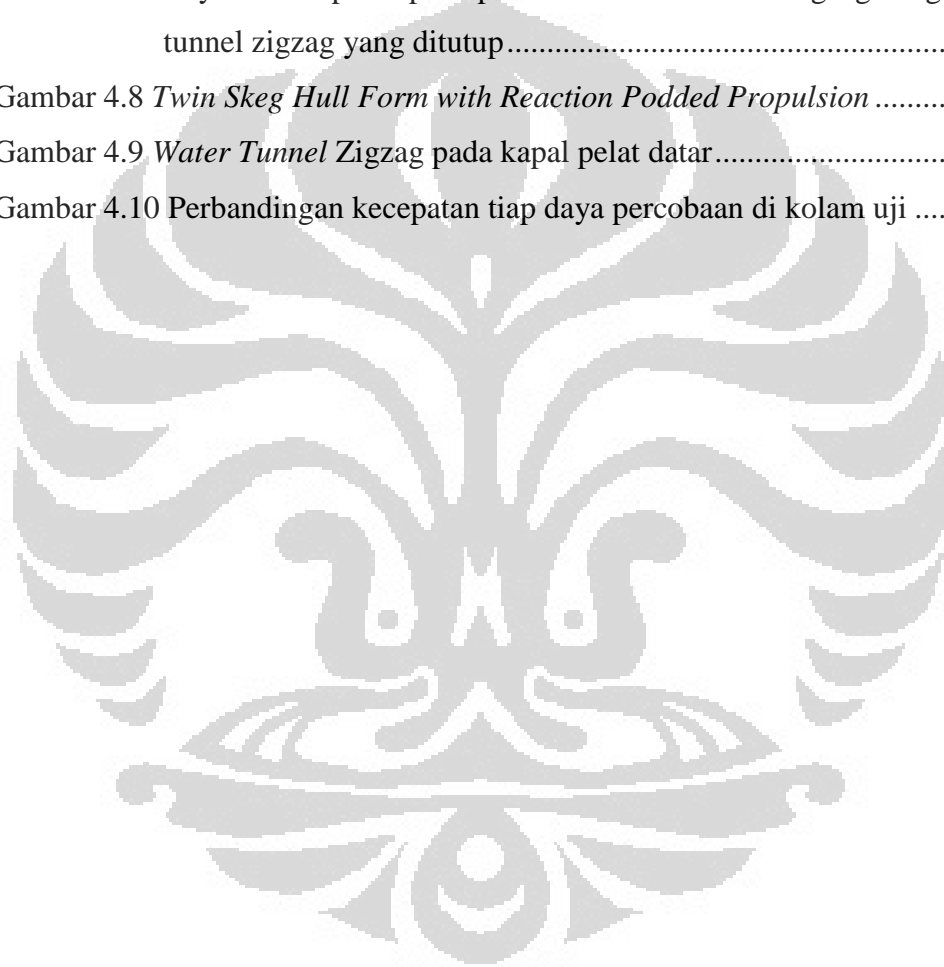
Tabel 4. 1 Pengolahan daya rata-rata yang digunakan.....	31
Tabel 4. 2 Pengolahan data waktu tempuh kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag ditutup	32
Tabel 4. 3 Pengolahan Pengolahan data <i>water tunnel</i> zigzag yang ditutup di kolam uji.....	33
Tabel 4. 4 Pengolahan data waktu tempuh kapal model	
Tabel 4. 4 Pengolahan data waktu tempuh kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag	34
Tabel 4. 5 Pengolahan Pengolahan data <i>water tunnel</i> zigzag yang ditutup di kolam uji.....	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Wake equalizing duct</i> (WED).....	2
Gambar 1. 2 Rancangan kapal model menggunakan <i>software</i> Autocad®.....	6
Gambar 2. 1 Grafik karakteristik tahanan kapal	9
Gambar 2. 2 Gaya – gaya yang bekerja pada sistem penggerak kapal	10
Gambar 2. 3 Distribusi arus ikut	14
Gambar 2. 4 Prinsip kerja <i>water tunnel</i>	15
Gambar 3.1 Desain kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag menggunakan Autocad®.....	18
Gambar 3.2 Desain kapal model dengan <i>water tunnel</i> ditutup menggunakan Autocad®.....	19
Gambar 3. 2 Rancangan tiga dimensi menggunakan <i>software</i> Autocad®.....	19
Gambar 3. 4 Bukaan kulit rancangan kapal menggunakan <i>software</i> CATIA®.....	20
Gambar 3. 5 Kapal model percobaan tampak atas.....	21
Gambar 3. 6 Kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag tampak bawah dan tampak belakang.....	22
Gambar 3. 7 Kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag yang ditutup tampak belakang dan tampak bawah.....	22
Gambar 3.8 Kolam Tempat Percobaan.....	23
Gambar 3.9 <i>DC Power Supply</i>	24
Gambar 3.10 Pasir muatan.....	24
Gambar 3.11 Timbangan.....	25
Gambar 3.12 Saklar listrik	25
Gambar 3.13 Motor listrik	26
Gambar 3.14 <i>Stopwatch Digital</i>	26
Gambar 3.15 Kawat tembaga.....	27
Gambar 3.16 Rancangan alat percobaan pada kolam uji.....	29
Gambar 3.17 Titik awal dan akhir pengukuran dengan <i>stopwatch</i> digital pada kolam uji	29
Gambar 4. 1 Daya Grafik nilai rata-rata Daya vs Kecepatan kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag ditutup	33

Gambar 4.2 Grafik Daya vs Kecepatan kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag ditutup	34
Gambar 4. 2 Grafik nilai rata-rata Daya vs Kecepatan kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag	36
Gambar 4. 3 Grafik Daya vs Kecepatan kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag....	36
Gambar 4. 5 Daya vs kecepatan rata-rata keseluruhan percobaan kapal model	37
Gambar 4. 6 Daya vs kecepatan keseluruhan percobaan kapal model	37
Gambar 4. 7 Daya vs kecepatan pada percobaan <i>water tunnel</i> zigzag dengan water tunnel zigzag yang ditutup	38
Gambar 4.8 <i>Twin Skeg Hull Form with Reaction Podded Propulsion</i>	40
Gambar 4.9 <i>Water Tunnel Zigzag</i> pada kapal pelat datar	40
Gambar 4.10 Perbandingan kecepatan tiap daya percobaan di kolam uji	41



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kapal adalah salah satu jenis transportasi yang dikenal sejak lama. Sebagai alat transportasi baik untuk manusia maupun komoditas perdagangan, jenis transportasi ini selalu menjadi andalan karena dapat mengangkut banyak muatan dalam sekali perjalanan. Selain itu, terutama untuk komoditas perdagangan, penggunaan kapal sebagai alat pengangkutan dengan sistem transportasi intermodal maupun multimodal dalam skala besar jauh lebih menguntungkan dari segi ekonomi. Jadi alat transportasi ini akan tetap digunakan selama peradaban manusia masih ada.

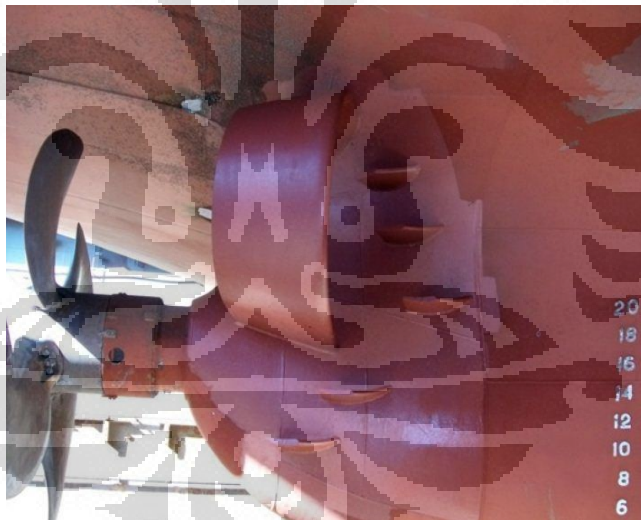
Untuk memproduksi kapal dengan bentuk *streamline* dalam jumlah yang besar dan cepat tidaklah semudah memproduksi alat transportasi lainnya. Karena pelat-pelat penyusun lambung harus dikerjakan sepotong demi sepotong dan memerlukan proses *bending*. Kapal pelat datar (*flat hull*) dapat menjadi bentuk kapal alternatif selain kapal berbentuk lengkung (*streamline*). Kapal pelat datar ini dapat memberi kemudahan dalam segi konstruksi dan harga dapat lebih murah.

Kapal pelat datar 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).

Dengan adanya tahanan sebesar 6% lebih tinggi dibanding kapal berbentuk lengkung (*streamline*), maka diperlukan suatu modifikasi untuk mengurangi

tahanan tersebut (*drag reduction*). *Drag reduction* dapat dilakukan diantaranya dengan menerapkan *air cushion* pada bagian *flat bottom* kapal dan dengan menggunakan biopolimer kanji dalam formulasi cat kapal. Kedua cara tersebut telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya yang ditujukan sebagai tugas skripsi mahasiswa S1 dan hibah riset DRPM UI. Selain itu, hambatan pada kapal juga bisa dikurangi dengan meningkatkan efektifitas kerja dari sistem propulsi melalui penerapan modifikasi tambahan seperti *Air Supported Vessel*, *Kort Tunnel*, *Kort Nozzle*, dan *Wake Equalizing Duct*.

Salah satu referensi yang dapat menjadi dasar penelitian ini adalah *Wake Equalizing Duct*. *Wake Equalizing Duct* (WED) ini dilakukan oleh Prof. Schneekluth 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)

(Shipbuilding Tribune, 2011)

Penelitian ini akan mengadaptasikan maksud dari *wake equalizing duct* dengan menerapkan sistem *water tunnel* berpengaruh aliran air dengan pola zigzag sebagai alat tambahan pada kapal model pelat datar yang digunakan pada penelitian sebelumnya. Namun pada penelitian ini, *flat bottom* tidak dilengkapi dengan *air cushion* serta berbeda dalam hal desain. *Water tunnel* dirancang

menghubungkan *flat bottom* kapal dengan bagian belakang kapal yang kemudian menjorok ke arah baling-baling. Desain penampang masuk dan penampang keluar memiliki bentuk persegi dengan badan kedua *tunnel* berbentuk lengkung. Luasan Penampang keluar dibuat lebih kecil dari penampang masuk dan diletakkan lebih keatas dari pusat *propeller*. Cara ini diharapkan akan meningkatkan energi kinetis serta mengoptimalkan aliran yang masuk ke lingkaran baling-baling sehingga kecepatan kapal meningkat dan konsumsi bahan bakar dapat dihemat. Peningkatan energi kinetis ini disebabkan oleh : Perbedaan tekanan antara *bottom* kapal dan *center line* baling-baling yang lebih keatas, adanya perubahan luas penampang masuk dan keluar *water tunnel* yang mengecil, serta penampang keluar yang menjorok ke *propeller* yang akan mengoptimalkan arah aliran air menuju baling - baling.

Dengan adanya *water tunnel zigzag* 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 zigzag* 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 zigzag* pada kapal pelat datar terhadap kecepatan, serta olah gerak yang dihasilkan.
- b. Seberapa besar perbedaan nilai kecepatan laju kapal pada kapal yang menggunakan *water tunnel zigzag*, terhadap kapal dengan *water tunnel zigzag* yang ditutup atau *water tunnel zigzag* tidak difungsikan.

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *water tunnel zigzag* terhadap kecepatan laju kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui besarnya nilai kecepatan laju kapal pelat datar dengan pemanfaatan *water tunnel zigzag*.

- b. Memberikan gambaran karakteristik pengaruh penambahan *water tunnel zigzag* terhadap olah gerak dan besarnya gelombang yang ditimbulkan.
- c. Memberikan gambaran cara kerja *water tunnel zigzag* dan seberapa besar perbandingan terhadap sistem propulsi dan tahanan kapal dengan penggunaan *water tunnel zigzag*.
- d. Untuk memenuhi syarat kelulusan dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Universitas Indonesia.
- e. Sebagai pendukung penelitian Ir. Hadi Tresno Wibowo, M.T.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Percobaan dilakukan di kolam uji sebagai tempat uji percobaan dengan peralatan yang ada pada saat penelitian.
2. Percobaan dilakukan dengan merancang dan membangun kapal model berserta *water tunnel zigzag*, 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 zigzag* terhadap kecepatan laju kapal model.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metodologi dan analisa model sebagai berikut :

1. Studi literatur

Studi literatur 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.

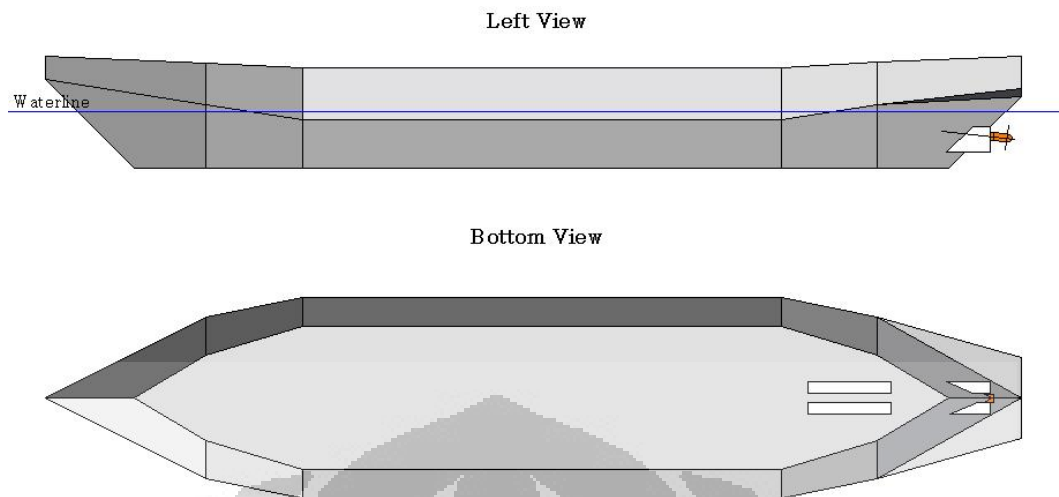
2. Perancangan dan pembuatan kapal model

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 pelat datar pada bagian dasar (*flat bottom*) dengan dua sisi bagian belakang kapal dengan ketinggian yang berbeda atau berpola zigzag menjorok ke *propeller*. Posisi kedua tunnel dibuat sedikit lebih keatas dari pusat *propeller*.

3. Percobaan di kolam uji

Percobaan di kolam uji 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) : 5,1 cm
 - Skala : 1 : 1



Gambar 1.2 Rancangan kapal model menggunakan *software* Autocad®

- 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. Data waktu tempuh (sekon) didapat 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 yang selanjutnya diolah menjadi data kecepatan (m/s).

5. Pengolahan dan analisa data meliputi :

Setelah data diolah maka dibuat grafik antara *power* dan kecepatan untuk dianalisa dan diambil kesimpulan apakah penelitian ini memberikan hasil seperti yang diharapkan. Kalau hasilnya cukup meyakinkan dapat ditindak lanjuti untuk penelitian berikutnya dengan menggunakan kapal model yang lebih besar dan tempat pengujian yang lebih *representative*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang yang melandasi penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan dasar teori yang akan dipakai dan berhubungan dalam menyelesaikan masalah yang dibahas. Tinjauan pustaka ini diambil dari beberapa buku dan jurnal yang terkait.

BAB 3. RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

Bab ini menerangkan tentang bagaimana pengujian dilakukan, metode pengujian dan pengambilan data dengan peralatan yang sudah dibuat dan didesain sebelumnya.

BAB 4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

Bab ini memuat data-data hasil pengukuran yang kemudian diolah menjadi grafik yang dapat dibandingkan dan dianalisa kelebihan dan kekurangan satu terhadap yang lain.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

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

Kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambatan atau tahanan (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Hambatan atau tahanan tersebut berasal dari air (untuk bagian yang tercelup air) dan udara (untuk bagian yang berada di atas air). Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari baling – baling kapal. Terdapat beberapa parameter yang penting dalam hubungan antara kapal, mesin dan propeller.

2.1 Tahanan dan Kecepatan Kapal

Tahanan kapal (R) merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Besarnya gaya hambat total 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 (R_T) kapal dapat diperoleh dengan persamaan, sebagai berikut:

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

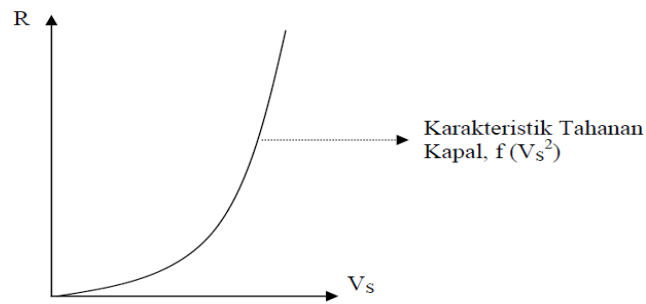
ρ = massa jenis fluida (Kg/m³);

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 Karakteristik tahanan kapal
(Sumber : Adji,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. Pada kondisi yang sangat ideal, besarnya gaya dorong yang dibutuhkan mungkin sama besar dengan gaya hambat yang terjadi dikapal. Namun kondisi tersebut sangat tidak realistis, karena pada faktanya di badan kapal tersebut terjadi fenomena hidrodinamis yang menimbulkan degradasi terhadap nilai besaran gaya dorong kapal.

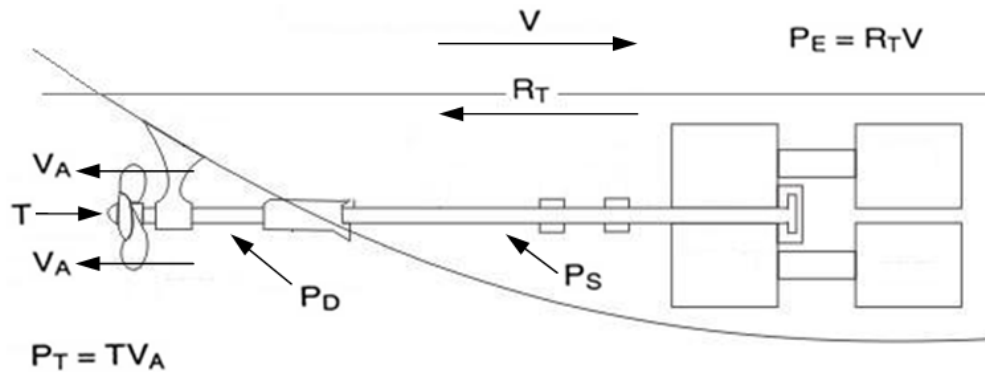
$$T = \frac{R}{(1-t)} \quad (2.3)$$

,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 :

- a. Daya Efektif (*Effective Power*- P_E)
- b. Daya Dorong (*Thrust Power*- P_T)
- c. Daya yang disalurkan (*Delivered Power*- P_D)
- d. Daya Poros (*Shaft Power*- P_S)
- e. Daya Rem (*Brake Power*- P_B), dan
- f. Daya yang diindikasikan (*Indicated Power*- P_I)



Gambar 2.2 Gaya – gaya yang bekerja pada sistem penggerak kapal
(Pengolahan penulis, 2011)

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 yang dituliskan dengan 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. 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

N_p = Putaran baling-baling, dlm. satuan rps

d. Daya Poros (P_S) dan Daya Rem (*Brake Power, P_B*)

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 berpenggerak dengan Turbin Gas, pada umumnya, daya yang digunakan adalah P_S . Sementara itu, istilah Daya Rem (*Brake Power, P_B*) adalah daya yang dihasilkan oleh motor penggerak utama (*main engine*) dengan tipe *marine diesel engines*. Berikut ini adalah persamaan Daya Rem (P_B)

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

,dimana :

M = torsi yang disalurkan dari mesin penggerak ke poros.

N = putaran mesin penggerak.

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 susunan sistem propulsinya, 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 :

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

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

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

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,

$$w = 1 - \frac{V_a}{V_s} \quad (2.12)$$

,dimana :

w = *wake fraction* (fraksi arus ikut)

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

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

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

Efisiensi keseluruhan (*Overall Efficiency*, η_T) 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

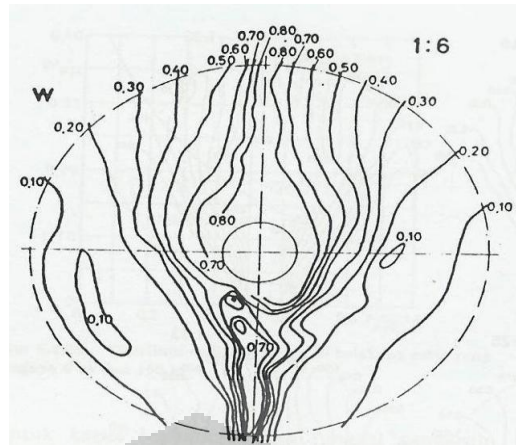
η_S = Efisiensi Poros

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.

Pada penelitian ini tujuan pemasangan *water tunnel zigzag* mengadaptasi maksud dari WED, yaitu untuk memperbaiki distribusi arus ikut, *wake fraction* (w), dan kecepatan arus yang masuk ke baling-baling (V_A), dengan demikian :

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

,dimana :

W = Wake Fraction

V = kecepatan kapal.

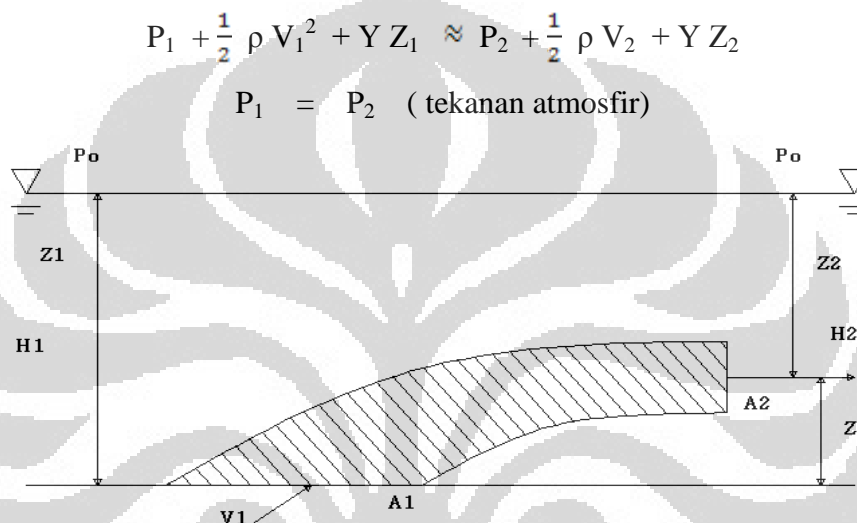
V_A = kecepatan arus yang masuk ke baling-baling.

Dengan meningkatnya V_A , *wake fraction* (w) yang masuk ke baling-baling diharapkan menjadi lebih kecil sehingga terdapat perbaikan arus ikut. Karena w mengecil, 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 *Water Tunnel*

Prinsip kerja *water tunnel* zigzag adalah menaikkan kecepatan arus ikut V_A yang mengalir melalui sebuah *water tunnel* yang menembus kapal serta mengalirkannya lebih terarah pada kedua daun *propeller* baik saat posisi baling-baling searah horizontal maupun vertikal. Air masuk ke *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 :



Gambar 2.4 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.

$$\frac{1}{\rho}(P_{\text{ke luar}}) + \frac{1}{2} V_{\text{ke luar}}^2 + g Z_{\text{ke luar}} = \frac{1}{\rho}(P_{\text{ke dalam}}) + \frac{1}{2} V_{\text{ke dalam}}^2 + g Z_{\text{ke dalam}} + W_{\text{poros ke dalam}} - \text{kehilangan}$$

$$\frac{1}{\rho}(P_0 + H_2 \rho g) + \frac{1}{2} V_2^2 + g Z = \frac{1}{\rho}(P_0 + H_1 \rho g) + \frac{1}{2} V_1^2 + g Z_0 + T.V_A - R.V$$

$$\frac{1}{\rho}P_0 + g H_2 + \frac{1}{2} V_2^2 + g Z = \frac{1}{\rho}P_0 + g H_1 + \frac{1}{2} V_1^2 + T.V_A - R.V$$

$$g(H_2 + Z) + \frac{1}{2} V_2^2 = g H_1 + \frac{1}{2} V_1^2 + T.V_A - R.V \quad ; \quad (H_2 + Z = H_1)$$

$$\frac{1}{2} V_2^2 = \frac{1}{2} V_1^2 + T.V_A - R.V \quad ; \quad RV / T V_A = (1 - t) / (1 - w)$$

$$\frac{1}{2} V_2^2 = \frac{1}{2} V_1^2 + T \cdot V_A - (1-t)/(1-w) \cdot TV_A$$

$$\frac{1}{2} V_2^2 = \frac{1}{2} V_1^2 + T \cdot V_A \left(\frac{t-w}{1-w} \right) \quad (2.17)$$

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*.

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

Kehilangan = $R \cdot V$ = hambatan total kapal x 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 kecepatan antara kapal model yang menggunakan *water tunnel* zigzag dan kapal model yang tidak menggunakan *water tunnel* zigzag, dilakukan percobaan dengan memutar 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 diburitan kapal model sebagai mesin utama pada kapal tersebut.

Percobaan uji kecepatan dilakukan dengan cara sederhana, yaitu dengan menggunakan *DC Power Supply* untuk mengatur *voltage* dan *ampere* pada motor listrik yang terpasang dengan kabel listrik bersaklar. Pengambilan data percobaan dilakukan di kolam renang Rumah Kos Deyen yang sudah tidak difungsikan lagi, namun masih tetap terisi air.

Rancangan alat uji kecepatan terdiri dari tiga tahapan. Tahap pertama adalah pembuatan kapal model yang meliputi disain kapal model, disain *water tunnel* zigzag, sampai dengan memodifikasi kapal model dengan tambahan *water tunnel* zigzag 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 dua kali, pertama yaitu kapal model dengan *water tunnel* zigzag yang ditutup, kedua yaitu kapal model dengan *water tunnel* zigzag. Pengujian dilakukan di kolam renang yang telah terisi air dengan mengupayakan pengujian pada kondisi air setenang mungkin. Sebelum diuji, posisi kapal model harus ditempatkan pada kawat tembaga yang berfungsi sebagai pemandu arah gerak kapal serta diletakkan pada jarak 0,8 meter dari tepi kolam agar pergerakan kapal model berjalan lurus. Kapal model tersebut harus bebas bergerak pada kawat tembaga agar tidak terjadi gangguan hambatan tambahan pada proses pengujian.

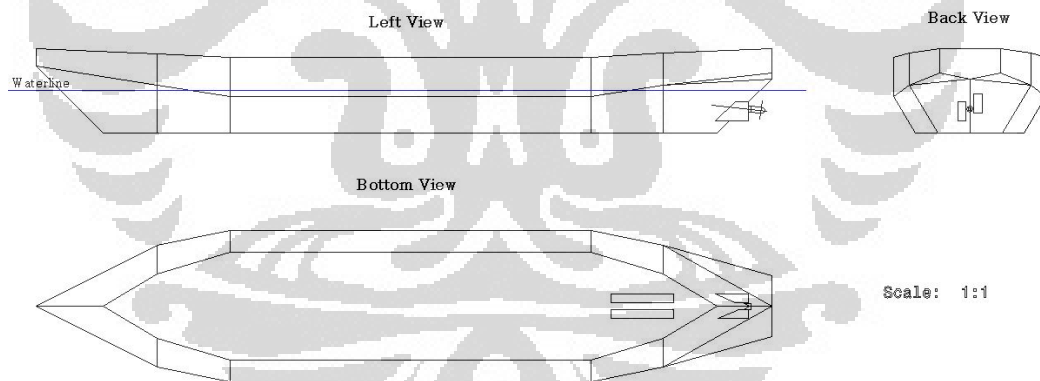
Pengambilan data dilakukan setelah semua alat sudah terpasang sesuai dengan rancangan. Percobaan dilakukan dengan menggunakan kondisi muatan

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.

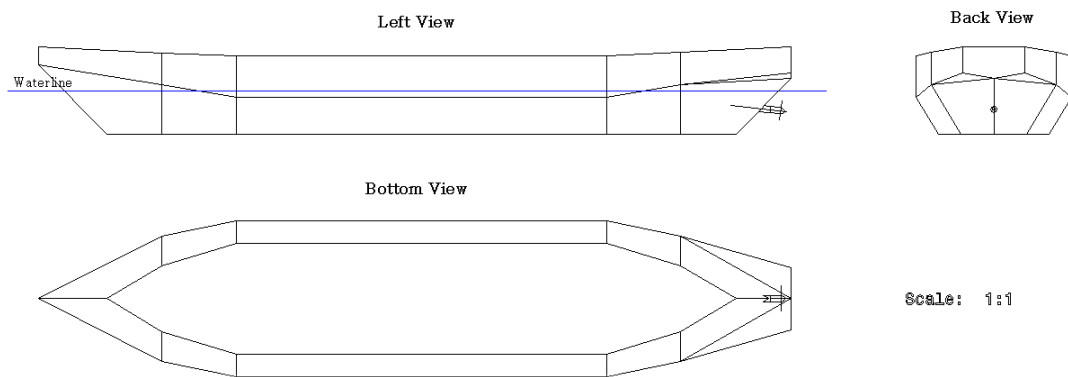
3.1 Pembuatan Kapal Model

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 *water tunnel* dari *flat bottom* 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 3,3 cm. Berikut adalah perkembangan desain kapal model yang diujikan :



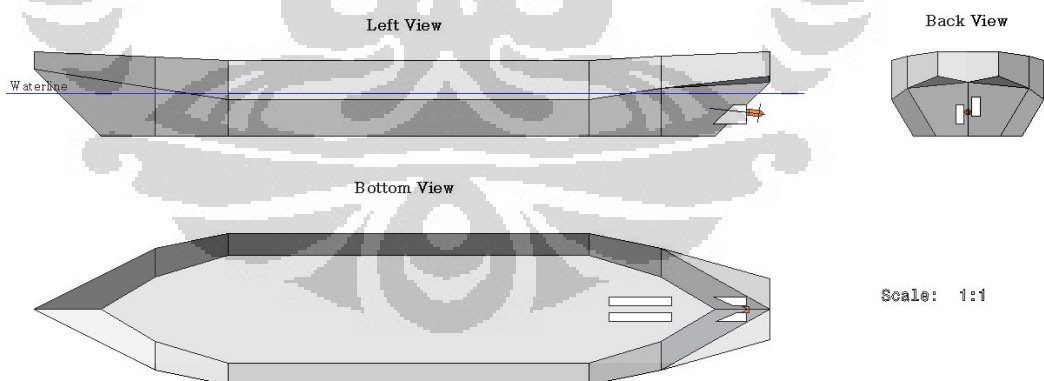
Gambar 3.1 Disain kapal model dengan *water tunnel* zigzag menggunakan *Autocad*®



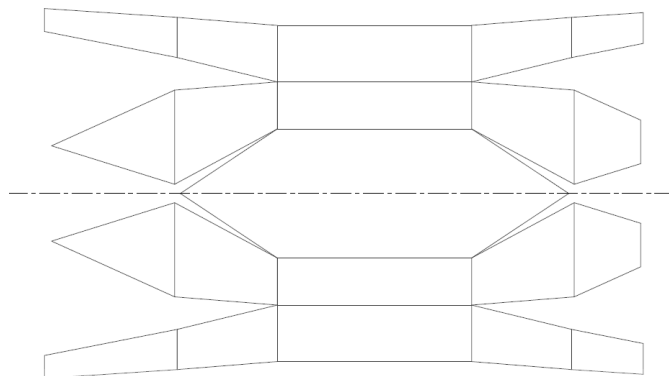
Gambar 3.2 Disain kapal model dengan *water tunnel* ditutup menggunakan *Autocad*®

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*® dan *Autocad*®. Dengan software ini koordinat-kordinat patahan garis dibuat menjadi sebuah gambar tiga dimensi dan dapat dicetak langsung bukaan kulitnya sehingga memudahkan dalam proses pembuatan model nyata.



Gambar 3.3 Rancangan tiga dimensi menggunakan *software Autocad*®



Gambar 3.4 Bukaankulit 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. Bukaankulit 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 bukaankulit 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 bukaankulit 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 pada kapal model tersebut dilakukan modifikasi pada bagian buritan kapal dengan penambahan *water tunnel* zigzag yang berfungsi sebagai penambah aliran yang berarah dari bagian bawah kapal menuju ke baling-baling. *Water tunnel* ini dibuat dengan bahan melamin.

Spesifikasi Kapal Model :

- | | | |
|------------------------|---------|----|
| a. Panjang Kapal (Loa) | : 60 | cm |
| b. Lebar (B) | : 20 | cm |
| c. Tinggi (H) | : 10 | cm |
| d. Draft (T) | : 5,1 | cm |
| e. Skala | : 1 : 1 | |



Gambar 3.5 Kapal model percobaan tampak atas



Gambar 3.6 Kapal model dengan *water tunnel* zigzag tampak bawah dan tampak belakang



Gambar 3.7 Kapal model dengan *water tunnel* zigzag yang ditutup tampak belakang dan tampak bawah

3.2 Rancangan Alat Uji

Pada proses pengujian ini rancangan alat uji terdiri dari :

3.2.1 Kolam Uji



Gambar 3.8 Kolam Tempat Percobaan

Kolam renang tersebut dialih fungsikan menjadi kolam uji tarik setelah bagian dalam kolam terisi air. Kolam uji tarik ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Dimensi kolam : panjang 1200 cm, lebar 600 cm dan tinggi 200 cm

Kedalaman air : 150 cm

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 1 meter sebelum melewati titik awal perhitungan. Titik awal ke titik akhir berjarak 5 meter 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 3.9 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 1,5 kg.



Gambar 3.10 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 3.11 Timbangan

3.2.5 Saklar Listrik

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



Gambar 3.12 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 3.13 Motor listrik

3.2.7 Stopwatch Digital

Stopwatch digunakan untuk membaca catatan waktu saat kapal model melewati jarak tempuh tertentu pada kolam uji tarik. *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 3.14 Stopwatch Digital dengan menggunakan BlackBerry

3.2.8 Kawat Tembaga

Kawat tembaga digunakan untuk pemandu arah kapal. Kawat tembaga dipasang pada kedua sisi kolam renang agar kapal model bergerak lurus.



Gambar 3.15 Kawat tembaga

3.3 Uji Coba Kapal Model

Proses pengujian ini bertujuan untuk membandingkan kecepatan serta olah gerak yang ditimbulkan pada kapal model. Percobaan yang dilakukan terlebih dahulu adalah kapal model dengan *water tunnel zigzag* yang ditutup lalu dilanjutkan dengan kapal model dengan *water tunnel zigzag*.

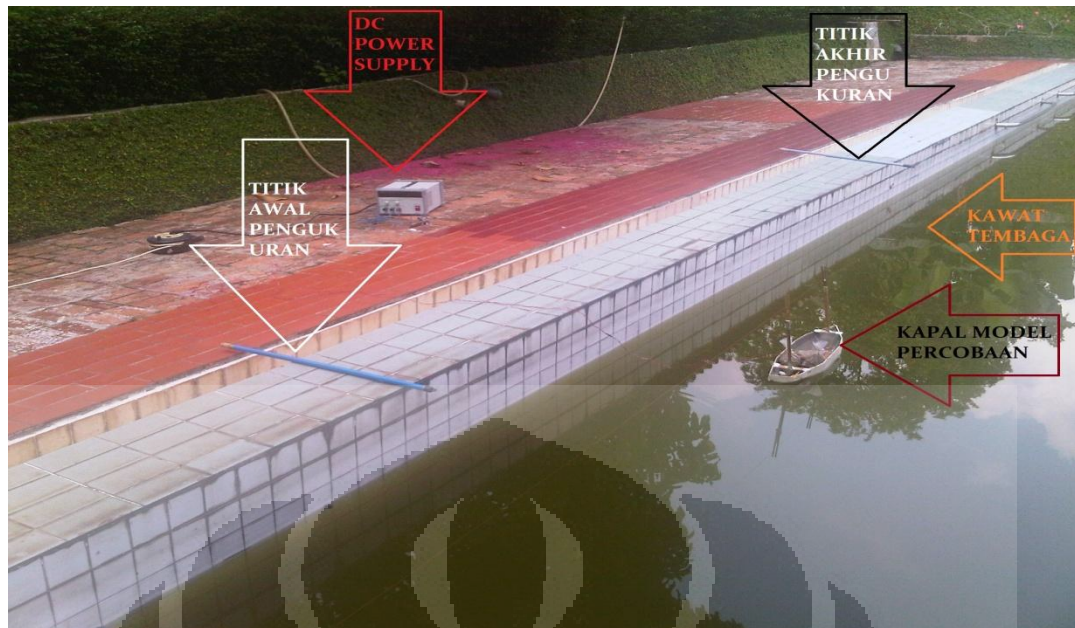
Kecepatan kapal model tersebut didapatkan dari hasil pergerakan dinamo motor yang dialiri daya listrik tertentu dari *DC Power Supply*, sehingga dapat menjalankan kapal model. Kapal model tersebut akan dicatat waktu tempuhnya dengan menggunakan *stopwatch digital* dengan ketelitian 0,000 detik, dengan jarak awal pencatatan 5 meter sebelum jarak akhir pencatatan.

Percobaan dilakukan di dalam kolam renang dengan panjang 1200 cm atau 12 meter yang dialih fungsikan sebagai kolam air uji tarik dengan diisi air berketinggian 150 cm. Karena jarak tersebut terlalu panjang, maka percobaan hanya memakai lintasan sepanjang 5 meter. Percobaan ini dilakukan di dalam kolam renang 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. Mempersiapkan kolam uji sesuai kondisi yang ditetapkan, dengan memasang kawat sebagai pemandu arah di dekat sisi kolam uji tarik. Jarak sisi pemasangan kawat harus disesuaikan agar ketika kapal bergerak tidak menabrak dinding kolam renang. Kawat dipastikan lurus dan ketegangan disesuaikan.
3. Menyambungkan kabel listrik yang menghubungkan motor listrik pada kapal model percobaan dengan DC Power Supply
4. Mempersiapkan jarak lintasan sepanjang 5 meter untuk kapal model, dengan menggunakan alat bantu berupa kayu di titik awal dan titik akhir pengujian.
5. *Water tunnel zigzag* ditutup pada kedua bagiannya yaitu bagian bawah dan bagian belakang yang mengarah ke propeller dengan penutup yang merekat kuat dan tahan air.
6. Kapal ditaruh didalam kolam renang dan diberi pemberat dari pasir sebagai pembeban agar kapal mencapai sarat air atau *draft* yang sesuai.
7. Kemudian kapal yang sudah dipasang pemandu dipaskan kepada kawat pengarah.
8. Mengatur Tegangan (Volt) yang ada pada DC Power Supply.
9. Pengukuran dilakukan dengan mengukur waktu tempuh yang diperlukan dari satu titik awal ke titik akhir dengan menggunakan *stopwatch* digital secara manual. Titik awalnya yaitu 5 meter sebelum titik akhir. Sehingga data kecepatan didapat dari jarak tempuh dibagi dengan waktu tempuh.
10. Siap untuk melakukan percobaan kapal model yaitu dengan kapal model dengan *water tunnel zigzag* yang ditutup. Berikut ini gambar rancangan pengujian pada tempat percobaan di kolam renang:



Gambar 3.16 Rancangan alat percobaan pada kolam uji



Gambar 3.17 Titik awal dan akhir pengukuran dengan *stopwatch* digital pada kolam uji

11. Pada setiap melakukan pengujian, data yang didapat akan langsung dicatat dan kemudian data tersebut dimasukkan ke dalam program excel di laptop untuk melakukan pengolahan data.
12. Setelah pengujian dengan menggunakan kapal percobaan dengan *water tunnel* zigzag yang ditutup selesai, maka kemudian kapal percobaan

dilakukan modifikasi baik dengan membuka penutup aliran keluar dari *water tunnel* yang mengarah ke propeller maupun aliran yang masuk dari *flat bottom*. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh aliran yang keluar dari *water tunnel* zigzag akan mempengaruhi laju kecepatan kapal model.

13. Setelah proses modifikasi selesai barulah dilakukan proses pengujian kapal model dengan *water tunnel* zigzag yang dibuka.

Secara keseluruhan proses pengujian ini hampir sama dengan langkah pengujian yang pertama. Perbedaannya yaitu dibukanya penutup pada kedua ujung dari *water tunnel* zigzag sehingga terdapat tambahan aliran air yang mengarah ke propeller.



BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 Pengolahan Data

Percobaan ini 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 rata-rata yang digunakan

V	I	P = V x I
Voltage (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
8	5,19	41,52
10	6,66	66,60
12	8,10	97,20
14	9,62	134,68

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

Pada percobaan di dalam kolam uji dilakukan pengambilan data dengan menggunakan alat *stopwatch digital* untuk mendapatkan waktu tempuh (t) dari satu titik awal ke titik akhir yang berjarak 5 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 Kapal Model Dengan *Water Tunnel Zigzag* Ditutup

Percobaan dilakukan di dalam kolam uji 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 kapal model dengan *water tunnel zigzag* ditutup

Kapal model dengan <i>water tunnel zigzag</i> ditutup					
Pengukuran Waktu Tempuh		Voltage			
		8 volt	10 volt	12 volt	14 volt
Waktu (sekon)	1	7,00	5,99	5,32	5,03
	2	6,91	5,98	5,38	5,10
	3	6,96	5,89	5,21	5,07
	4	6,82	5,87	5,48	5,25
	5	6,87	5,79	5,42	5,16
Rata-rata		6,91	5,90	5,36	5,12

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

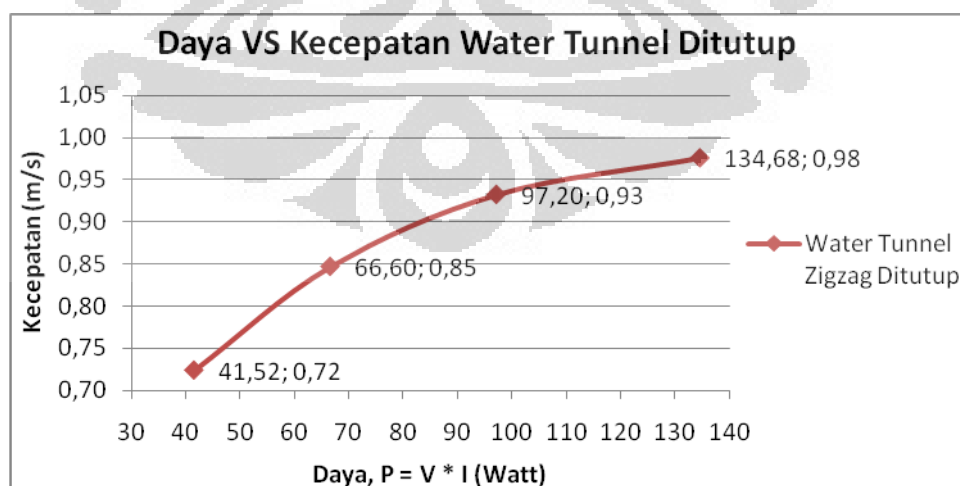
Dengan menggunakan rumus (4.2), maka didapatkan kecepatan kapal model dengan *water tunnel zigzag* yang ditutup.

Tabel 4.3 Pengolahan data *water tunnel* zigzag yang ditutup di kolam uji.

Kapal Model dengan <i>Water Tunnel</i> Zigzag Ditutup					
Uji Percobaan		Daya Setiap Voltase			
		41,52 Watt	66,60 Watt	97,20 Watt	134,68 Watt
	1	0,714	0,835	0,940	0,994
Kecepatan (m/s)	2	0,724	0,836	0,929	0,980
	3	0,718	0,849	0,960	0,986
	4	0,733	0,852	0,912	0,952
	5	0,728	0,864	0,923	0,969
	Rata-rata	0,723	0,847	0,933	0,976
Minimum	0,714	0,835	0,912	0,952	
Maksimum	0,733	0,864	0,960	0,994	
Standar Deviasi	0,007	0,012	0,018	0,016	
Standar Error	0,005567778	0,003387268	0,022334526	0,010747109	

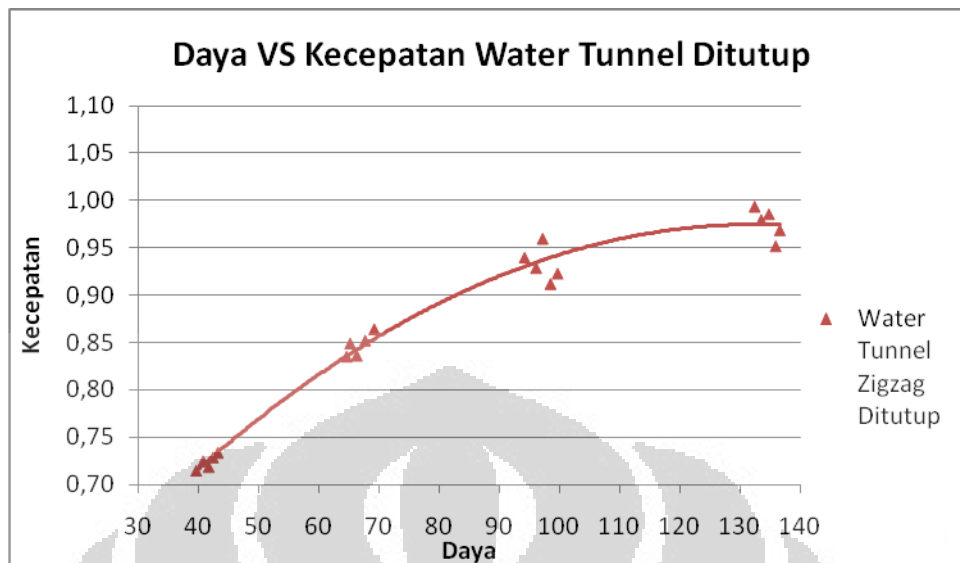
(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

Dari data kecepatan yang didapat maka diperoleh grafik perbandingan antara kecepatan laju kapal (m/s) dengan daya yang masuk pada dinamo motor listrik (Watt) dalam bentuk nilai rata-ratanya. Selain itu, terdapat bentuk grafik *scatter* yang berisi keseluruhan nilai dalam koordinat (x,y) dengan *trendline* sehingga dapat diketahui apakah grafik tersebut memiliki *trend* yang bersifat naik atau turun.



Gambar 4.1 Grafik nilai rata-rata Daya vs Kecepatan kapal model dengan *water tunnel* zigzag ditutup

(Pengolahan penulis, 2011)



Gambar 4.2 Grafik Daya vs Kecepatan kapal model dengan *water tunnel* zigzag ditutup (Pengolahan penulis, 2011)

4.1.2 Kapal Model Dengan *Water Tunnel* Zigzag

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

Tabel 4.4 Pengolahan data waktu tempuh kapal model dengan *water tunnel* zigzag

Kapal model dengan <i>water tunnel</i> zigzag dibuka					
Pengukuran Waktu Tempuh		Voltage			
		8 volt	10 volt	12 volt	14 volt
Waktu (sekon)	1	6,95	5,65	4,92	4,69
	2	6,91	5,53	5,13	4,77
	3	6,86	5,79	5,05	4,86
	4	6,76	5,89	5,17	4,91
	5	6,73	5,70	5,20	4,92
Rata-rata		6,84	5,71	5,09	4,84

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

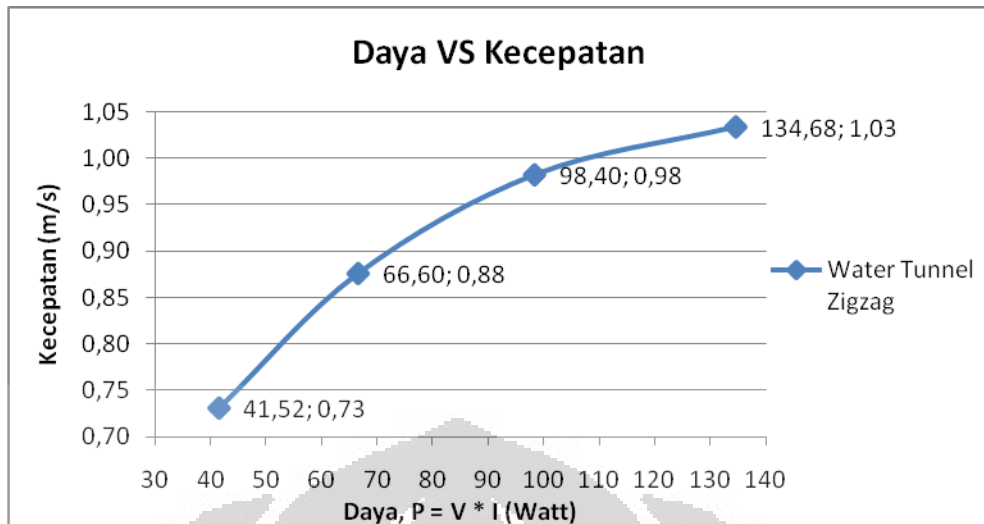
Dengan menggunakan rumus (4.2), maka didapatkan kecepatan kapal model dengan *water tunnel zigzag*.

Tabel 4.5 Pengolahan data *water tunnel zigzag* di kolam uji.

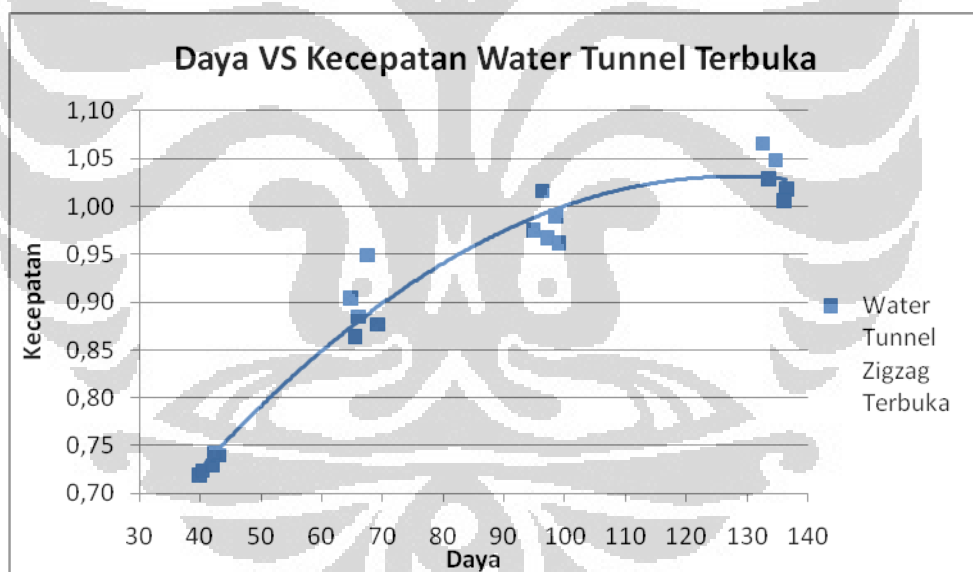
Kapal Model dengan Water Tunnel Zigzag					
Uji Percobaan		Daya Setiap Voltase			
		41,52 Watt	66,60 Watt	97,20 Watt	134,68 Watt
	1	0,719	0,885	1,016	1,066
Kecepatan	2	0,724	0,904	0,975	1,048
(m/s)	3	0,729	0,864	0,990	1,029
	4	0,740	0,849	0,967	1,018
	5	0,743	0,877	0,962	1,006
Rata-rata		0,731	0,876	0,982	1,033
Minimum		0,719	0,849	0,962	1,006
Maksimum		0,743	0,904	1,016	1,066
Standar Deviasi		0,010	0,021	0,022	0,024
Standar Error		0,001581687	0,017007154	0,017064841	0,005110517

(Pengukuran dan pengolahan penulis, 2011)

Dari data kecepatan yang didapat maka diperoleh grafik perbandingan antara kecepatan laju kapal (m/s) dengan daya yang masuk pada dinamo motor listrik (Watt) dalam bentuk nilai rata-ratanya. Selain itu, terdapat bentuk grafik *scatter* yang berisi keseluruhan nilai dalam koordinat (x,y) dengan *trendline* sehingga dapat diketahui apakah grafik tersebut memiliki *trend* yang bersifat naik atau turun.

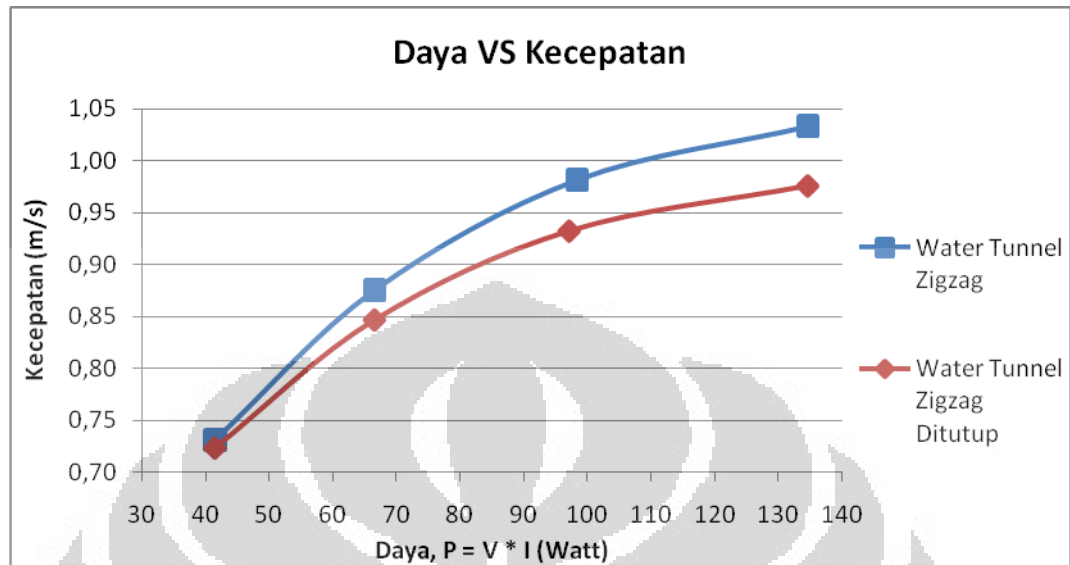


Gambar 4.3 Grafik nilai rata-rata daya vs kecepatan kapal model dengan *water tunnel zigzag*
(Pengolahan penulis, 2011)

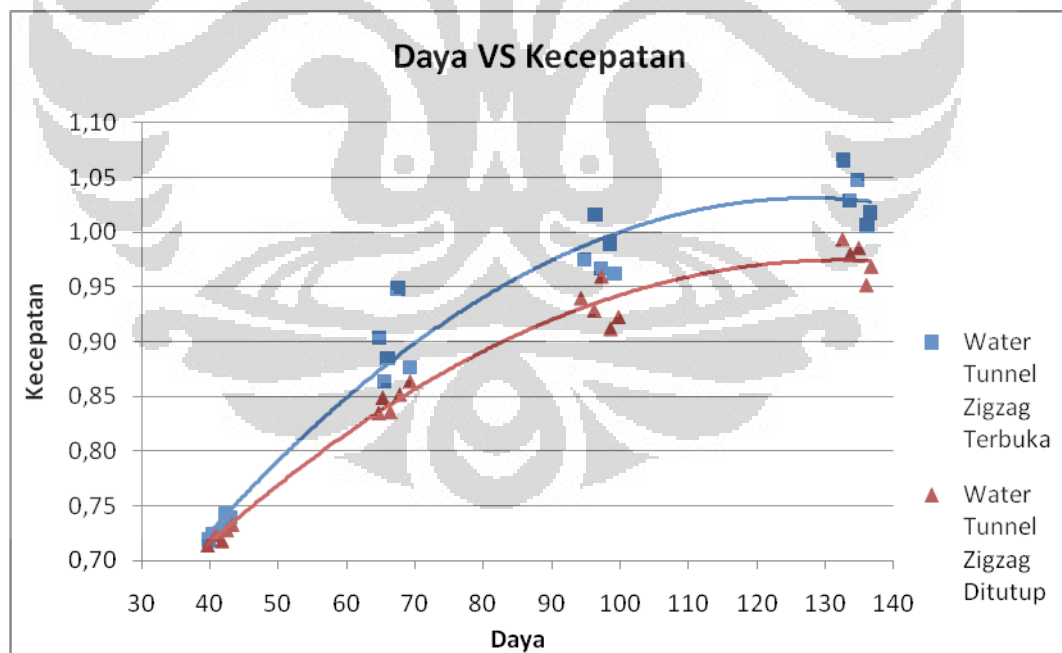


Gambar 4.4 Grafik Daya vs Kecepatan kapal model dengan water tunnel zigzag
(Pengolahan penulis, 2011)

Didapatkan grafik daya terhadap kecepatan pada keseluruhan percobaan kapal model di dalam kolam uji.



Gambar 4.5 Daya vs kecepatan rata-rata keseluruhan percobaan kapal model.
(Pengolahan penulis, 2011)

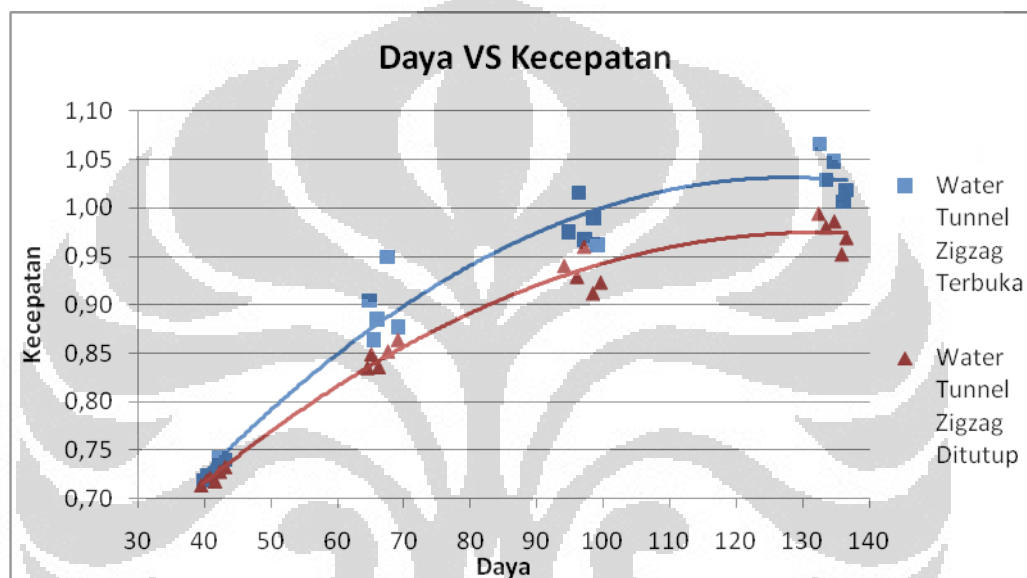


Gambar 4.6 Daya vs kecepatan keseluruhan percobaan kapal model.
(Pengolahan penulis, 2011)

4.2 Analisa Data

Dari data yang diperoleh di dalam kolam uji, 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 dua model percobaan yang dilakukan.

4.2.1 Analisa Grafik Water Tunnel Zigzag Dengan Water Tunnel Zigzag Ditutup



Gambar 4.7 Daya vs kecepatan pada percobaan *water tunnel zigzag* dengan *water tunnel zigzag* yang ditutup.

(Pengolahan penulis, 2011)

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa penggunaan *water tunnel zigzag* secara rata-rata berhasil menaikkan kecepatan kapal sebesar 1,11 - 5,73 % pada daya rata-rata 41,52 watt, 66,60 watt, 98,40 watt, dan pada daya rata-rata tertinggi 134,80 watt dibandingkan dengan kapal model dengan *water tunnel zigzag* yang ditutup.

Dari grafik secara keseluruhan terlihat bahwa kapal model dengan *water tunnel zigzag* lebih cepat dibandingkan kapal model dengan *water tunnel zigzag* yang ditutup. Hal ini sesuai dengan teori awal bahwa aliran dari *water tunnel* akan memberikan tambahan kecepatan kapal dan meningkatkan kinerja baling-baling

dengan mendapatkan aliran yang lebih banyak dan kecepatan aliran yang meningkat.

Posisi *water tunnel* zigzag yang ditempatkan sedikit lebih keatas dari pusat *propeller* merapatkan distribusi arus ikut, sehingga aliran lebih terpusat pada kedua daun *propeller*. Hal ini dikuatkan oleh Harvald, SV. AA dalam buku tahanan dan propulsi kapal bahwa distribusi arus ikut sangat melebar pada diskus baling-baling sebelah atas, dibandingkan distribusi arus ikut pada diskus baling-baling sebelah bawah. Dimana hal tersebut juga menjadi alasan Prof. Schneekluth menempatkan *wake equalizing duct* pada bagian atas.

Bentuk *tunnel* dengan ukuran lubang keluaran yang lebih kecil membuat aliran keluar *tunnel* menjadi lebih rapat menuju *propeller*. sehingga mampu meningkatkan kinerja sistem propulsi. Lubang keluaran *tunnel* memiliki luasan $1,62 \text{ cm}^2$, sedangkan luasan lingkaran baling-baling adalah $8,55 \text{ cm}^2$, sehingga luas lubang keluaran *tunnel* adalah 18,94% dari luas lingkaran *propeller*. Hal ini juga dikuatkan oleh dikuatkan oleh H. Schneekluth dalam jurnal *ship design for efficiency and economny* p137, bahwa dengan percobaan WED yang memiliki diameter dalam 43 - 44% dari diameter *propeller*, atau dengan luasan lubang keluaran WED sekitar 18,49 – 19,36% dari luasan baling-baling, *propeller* kapal akan mendapatkan aliran yang lebih efektif.

Seiring dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan terhadap berbagai bentuk kapal, bentuk dan jenis dari *water tunnel* terus mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Pada bulan November 2011, majalah The Naval Architect mempublikasikan sebuah penelitian dari National Maritime Research Institute (NMRI) oleh Noriyuki Sasaki. Penelitian yang disebut project Zeus 1 ini menggunakan kapal model berbentuk *twin skeg hull* dengan *reaction podded propulsion*. Kapal model diuji dengan menggunakan *water tunnel* yang terletak memanjang dengan konstruksi yang cukup kompleks dan berliku dari bawah kapal menuju ke kedua propeller kapal tersebut. *Water tunnel* tersebut dilengkapi dengan baling-baling berukuran lebih kecil yang digerakkan oleh motor tambahan. Baling-baling tambahan terletak di bagian lubang aliran keluar *tunnel* dan berfungsi seperti penyedot aliran air tambahan untuk propeller utama. Sehingga penelitian ini menggunakan dua buah propeller utama dan dua buah

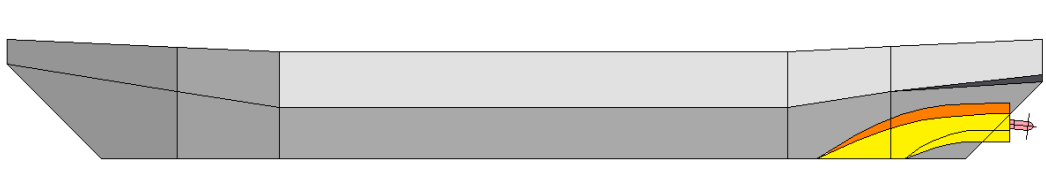
propeller tambahan yang berfungsi seperti *exhaust fan*. Dengan sistem reaksi *podded propulsion* ini, efisiensi kapal mengalami peningkatan dibandingkan sistem propulsi konvensional.

Percobaan menggunakan *water tunnel zigzag* pada kapal pelat datar yang dilakukan mulai bulan Juni 2011 di kolam uji juga berhasil lebih cepat dan meningkatkan efisiensi kapal. Dengan konstruksi *tunnel* yang sederhana tentunya akan memudahkan dalam pembuatan dan perakitan. *Tunnel* ini juga diarahkan langsung menuju ke *propeller* utama, sehingga air yang masuk ke *tunnel* dapat berasal dari kecepatan kapal itu sendiri dan juga dari hisapan akibat putaran *propeller* seperti prinsip *exhaust fan*. Penelitian ini menggunakan satu *propeller* utama dan tidak menggunakan *propeller* tambahan, sehingga motor tambahan tidak digunakan. Dengan konstruksi yang lebih sederhana dan tidak memakai motor penggerak tambahan tentunya dapat meningkatkan nilai ekonomis dari kapal sehingga biaya investasi bisa ditekan.

Berikut ini adalah gambar dari *reaction podded propulsion* dan *water tunnel zigzag*.



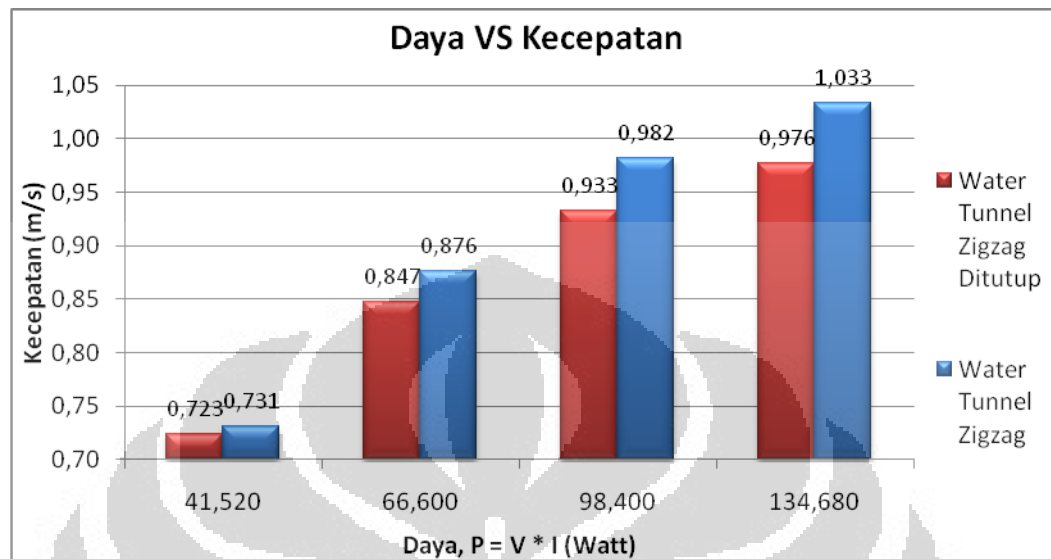
Gambar 4.8 *Twin Skeg Hull Form with Reaction Podded Propulsion*
(The Naval Architect, 2011)



Gambar 4.9 *Water Tunnel Zigzag* pada kapal pelat datar
(Pengolahan Penulis, 2011)

4.2.2 Analisa Perbandingan Kecepatan Tiap Daya Pada Percobaan

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



Gambar 4.10 Perbandingan kecepatan tiap daya percobaan di kolam uji.

(Pengolahan penulis, 2011)

Berdasarkan gambar 4.6 dapat dilihat bahwa kinerja aliran pada *water tunnel* zigzag bekerja sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Aliran yang diharapkan keluar dari *water tunnel* kemudian diarahkan oleh 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 tinggi.

Pada daya terkecil dalam percobaan yaitu 41,52 watt, peningkatan kecepatan pada kapal model *water tunnel* zigzag tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 1,11 %. Hal ini terlihat pada posisi kedua grafik yang hampir berhimpit dikarenakan kecepatan aliran awal (V awal) yang masuk ke *water tunnel* belum mencapai besaran maksimum.

Peningkatan kecepatan yang cukup signifikan terjadi pada daya 66,6 watt dan 98,40 watt, dimana kecepatan kapal model tersebut meningkat sebesar 3,31 - 5,25 %. Dalam grafik dapat dilihat bahwa peningkatan kecepatan antara kapal model dengan *water tunnel* zigzag dan *water tunnel* zigzag yang ditutup meningkat secara bertahap. Kedua grafik tersebut memiliki bentuk grafik

parabolik. Peningkatan kecepatan yang lebih baik terjadi karena besarnya kecepatan aliran awal (V awal) yang masuk ke *tunnel* sudah memberikan pengaruh yang lebih besar dalam peningkatan kecepatan namun belum mencapai nilai maksimal pada percobaan.

Pada daya 134,68 watt yang merupakan daya tertinggi dalam percobaan ini, peningkatan kecepatan paling signifikan dialami oleh kapal model yaitu sebesar 5,73 %. Pada daya tersebut kedua grafik memiliki jarak paling jauh, sehingga pada daya tertinggi inilah, penggunaan *water tunnel* zigzag bekerja secara maksimal dalam percobaan. Hal tersebut dikarenakan besarnya kecepatan aliran awal (V awal) yang masuk ke *water tunnel* sudah dapat mengoptimalkan fungsi *water tunnel*. Akan tetapi kemungkinan ini belum mencapai titik maksimum karena *trend* grafik masih dapat naik oleh bentuk *line* dari grafik yang bersifat *polynomial*.

Dalam percobaan ini kinerja aliran dari *water tunnel* bekerja dengan sebagaimana yang diinginkan atau memberikan tambahan kecepatan dan meningkatkan kinerja baling-baling kapal. Kinerja positif dari aliran *water tunnel* ini secara umum terlihat pada grafik yang menunjukkan bahwa kapal model dengan *water tunnel* zigzag berhasil lebih cepat dari *water tunnel* zigzag yang ditutup. Hal tersebut dikarenakan arah aliran yang keluar dari *water tunnel* zigzag mengarah langsung ke dua daun *propeller*, baik saat posisi *propeller* searah horizontal ataupun vertikal sehingga baling-baling mendapatkan daya dorong dan aliran tambahan selain aliran yang berasal dari lambung kapal yang menyebabkan besar aliran dan kecepatan aliran yang dihasilkan penggunaan *water tunnel* memiliki pengaruh yang cukup besar. Pengarah *tunnel* juga berperan dalam menghindari tabrakan aliran air yang terjadi pada penggunaan *water tunnel* tanpa pengarah sehingga aliran dari *tunnel* dan lambung mengalir lebih optimal serta terdistribusi dengan baik. Tahanan bentuk serta tahanan gesek dari *water tunnel* zigzag juga lebih kecil dibandingkan daya dorong tambahan yang masuk ke baling-baling kapal dari pengaruh kerja *water tunnel*, sehingga mengakibatkan kecepatan laju kapal model dengan *water tunnel* zigzag lebih unggul dibandingkan dengan *water tunnel* zigzag yang ditutup.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari percobaan ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Kapal model dengan *water tunnel* zigzag berhasil lebih cepat dibandingkan dengan kapal model dengan *water tunnel* zigzag ditutup dengan peningkatan kecepatan antara 1,11 - 5,73%.
2. Peningkatan kecepatan terendah pada percobaan antara dua kapal model tersebut adalah sebesar 1,11 % yang terjadi pada penggunaan daya rata-rata terendah 41,52 watt.
3. Peningkatan kecepatan tertinggi pada percobaan antara dua kapal model terjadi pada penggunaan daya rata-rata 134,68 watt, yaitu sebesar 5,73 %.
4. Dengan lebih cepatnya kapal model dengan *water tunnel* zigzag terhadap kapal model dengan *water tunnel* zigzag yang ditutup, menunjukkan bahwa aliran dari *water tunnel* zigzag yang digunakan bekerja secara efektif dan meningkatkan kinerja sistem propulsi kapal.
5. Arah aliran yang keluar dari *water tunnel* zigzag langsung mengarah kepada kedua daun *propeller*. Akibatnya, *propeller* mendapatkan *supply* aliran tambahan selain aliran dari lambung kapal. Besarnya aliran dan kecepatan aliran yang masuk ke baling-baling menjadi sangat berpengaruh, sehingga mampu meningkatkan kecepatan laju kapal terutama pada kecepatan tinggi.

5.2 Saran

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

1. Bentuk dan kondisi dari *water tunnel* zigzag masih belum halus atau belum baik sehingga akan menjadi tahanan tersendiri pada pemakaiannya pada kapal model.
2. Perlu dilakukan modifikasi pada *water tunnel* zigzag dari segi ukuran, bentuk, peletakan, sudut yang optimal, atau dengan penambahan modifikasi lainnya sehingga dapat memperbaiki kinerja aliran air ke baling-baling kapal model.
3. Perlu penelitian dan pengembangan lebih lanjut mengenai propulsi kapal dengan menggunakan *water tunnel* zigzag, terhadap penggunaan baling – baling dari segi diameter, pitch, jumlah daun, dan karakteristik lainnya.
4. Selain itu, Perlu penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan *water tunnel* zigzag terhadap kestabilan, olah gerak kapal, dan *feasibility study*.

DAFTAR PUSTAKA

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

Sasono, E. J. (2009). Pemakaian baling – baling bebas putar (*free rotating propeller*) pada kapal. hlm.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 , hlm.135-136

Propeller Pages. 2006. Ship Propulsion.

http://www.propellerpages.com/?c=articles&f=2006-02-17_Ship_Propulsion. 15 Desember 2011.

Sasaki, N. 2011. Back to the future. *The Naval Architect*, hlm. 24-29.

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

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

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

Universitas Indonesia (2004). Pengantar penulisan ilmiah.