



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENERAPAN *TUNNEL* SEBAGAI PENGARAH ALIRAN AIR KE  
BALING – BALING KAPAL  
(*TUNNEL CHARGE PROPELLER*)**

**TESIS**

**Hadi Tresno Wibowo**

**0906579216**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
DEPOK  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENERAPAN *TUNNEL* SEBAGAI PENGARAH ALIRAN AIR KE BALING –  
BALING KAPAL**

**(*TUNNEL CHARGE PROPELLER*)**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik  
(M.T)**

**Hadi Tresno Wibowo**

**0906579216**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
DEPOK  
JUNI 2011**

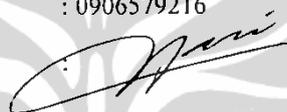
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Hadi Tresno Wibowo

NPM : 0906579216

Tanda Tangan :



Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Hadi Tresno Wibowo  
NPM : 0906579216  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tesis : Penerapan *Tunnel* Sebagai Pengarah  
Aliran Air Ke Baling – Baling Kapal.  
(*Tunnel Charge Propeller*)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng (  )  
Penguji : Prof. Dr. Ir. Budiarmo, M.Eng (  )  
Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng (  )  
Penguji : Ir. Warjito, M.Sc, Ph.D (  )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Hadi Tresno Wibowo  
NPM : 09 06 57 92 16  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tesis

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:

“Percobaan Penerapan *Tunnel* Untuk Mengarahkan Aliran Air Ke Baling – Baling Kapal. (*Tunnel Charge Propeller*)”

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 : 11 Juni 2011

Yang menyatakan,



Hadi Tresno Wibowo

v

v

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini tepat pada waktunya. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Departemen Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan pada tulisan ini. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis ini;
2. Prof. Dr. Ir. Budiarmo, M.Eng, Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng, Ir. Warjito, M.Sc, Ph.D selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya;
3. Kerabat serta pihak lain yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah disebutkan di atas. Semoga tesis ini membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 11 Juni 2011

Penulis

## ABSTRAK

Nama : Hadi Tresno Wibowo  
Departemen : Teknik Mesin  
Judul : Penerapan *Tunnel* Sebagai Pengarah Aliran Air  
Ke Baling – Baling Kapal. (*Tunnel Charge Propeller*)

Baling-baling kapal adalah alat pendorong yang secara umum dipakai untuk menggerakkan kapal. Melalui perhitungan dan percobaan, baling –baling yang dipasang pada sebuah kapal dipastikan memiliki efisiensi yang sudah optimal; meskipun demikian, masih dimungkinkan untuk meningkatkan unjuk kerja baling-baling terhadap daya dorong, kavitasi, getaran dan olah gerak kapal, yaitu dengan memasang “pengarah aliran”. Alat alat semacam ini sudah diterapkan di kapal untuk meningkatkan performances mesin penggerak kapal, sekaligus mengurangi konsumsi bahan bakar. Peralatan ini dapat dipasang di badan kapal pada bagian : sebelum baling-baling, di daerah baling-baling dan setelah baling-baling. Beberapa penelitian dan sudah diterapkan di kapal seperti : *wake equalizing ducts, asymmetric stern, Grothues spoilers, reaction fins, Grim vane wheels, propellers with end plates, propeller boss fins, rudder bulb fins* dan sebagainya. Penelitian ini juga bertujuan meningkatkan kecepatan aliran air yang masuk ke baling-baling melalui *Tunnel* yang dipasang dari bagian dasar kapal dan keluar pada samping dinding kapal sebelah belakang mengarah ke baling-baling. Melalui berbagai percobaan dengan kapal model dengan penggerak baling-baling : kapal model dengan *Tunnel* yang ditutup dibandingkan kapal model dengan *Tunnel*, kapal model dengan *Tunnel* yang diberi pengarah penuh, kapal model dengan *Tunnel* yang diberi pengarah setengah, kapal model dengan *Tunnel* yang diberi pengarah zig zag. Kapal model dengan *Tunnel* yang diberi pengarah zig zag dapat menghasilkan peningkatan kecepatan sebesar 12 s/d 18 %.

Kata kunci : *Tunnel Charge Propeller (TC - Propeller)*

## ABSTRACT

Nama : Hadi Tresno Wibowo  
Departemen : Mechanical Departement  
Judul : The Application of *Tunnel* as Water Flow Guide  
Towards *Propeller*. (*Tunnel Charge Propeller*)

*Propeller* is a boosting device which is used generally to move the ship. Through calculations and experiments, *propeller* installed in a ship leads to optimal efficiency. Despite, there is possibility to increase the performance of *propeller* towards impetus, cavitations, vibration, and ship movement by installing the water flow direction.

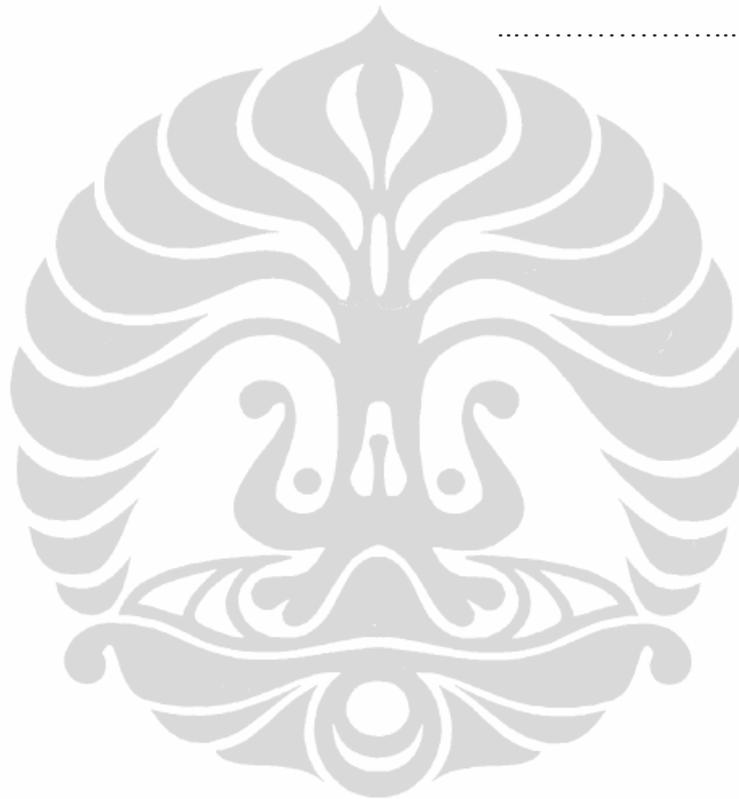
These devices have been used in ship to increase the ship booster engines, not to mention to reduce the use of fuel. This device can be installed in the hull, specifically in parts like: before the *propeller*, in *propeller* area, and after the *propeller*. There are some researches that have been applied in ships like: wake equalizing ducts, asymmetric stern, Grothues spoilers, reaction fins, grim vane wheels, *propellers* with end plates, *propeller* boss fins, rudder bulb fins, and so on. This research also aims to increase the water current speed which enters the *propeller* through *tunnel* installed from the bottom part of the ship to the outside at the side of the back side of the ship which is pointed to the *propeller*. Through many kind of experiments using model and *propeller* booster: being compared between model's speed with *tunnel* and model with closed *tunnel*, model in the *tunnel* which is given full water flow direction, model in the *tunnel* with half water flow direction, and model in the *tunnel* with zig-zag water flow direction. Graphic made from experiment's data shows that model with zig-zag water flow direction can lead to speed raise up to 18 percent.

Keyword: *Tunnel Charge Propeller (TC - Propeller)*

## DAFTAR ISI

|  | halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL .....                                      | i       |
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....                    | ii      |
| PENGESAHAN .....   | iii     |
| KATA PENGANTAR .....                                     | iv      |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....                   | v       |
| ABSTRAK .....  | vi      |
| ABSTRACT .....   | vii     |
| DAFTAR ISI .....   | viii    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                      | x       |
| DAFTAR TABEL .....                                       | xii     |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                                 |         |
| 1.1 LATAR BELAKANG .....                                 | 01      |
| 1.2 TUJUAN PENELITIAN .....                              | 06      |
| 1.3 BATASAN MASALAH .....                                | 06      |
| 1.4 METODOLOGI PENELITIAN .....                          | 07      |
| 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN .....                          | 08      |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                     | 10      |
| <b>BAB III RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN</b> |         |
| 3.1 Tujuan Pengujian .....                               | 14      |
| 3.2 Komponen Pengujian .....                             | 14      |
| 3.3 Skema Pengujian .....                                | 16      |
| <b>BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA</b>           |         |
| 4.1 Hasil Eksperimen .....                               | 21      |

|                  |         |
|------------------|---------|
| 4.2 Analisa      | .....28 |
| BAB V KESIMPULAN |         |
| 5.1 Kesimpulan   | .....31 |
| 5.2 Saran        | .....31 |
| DAFTAR PUSTAKA   | .....32 |
| LAMPIRAN         | .....33 |



## DAFTAR GAMBAR

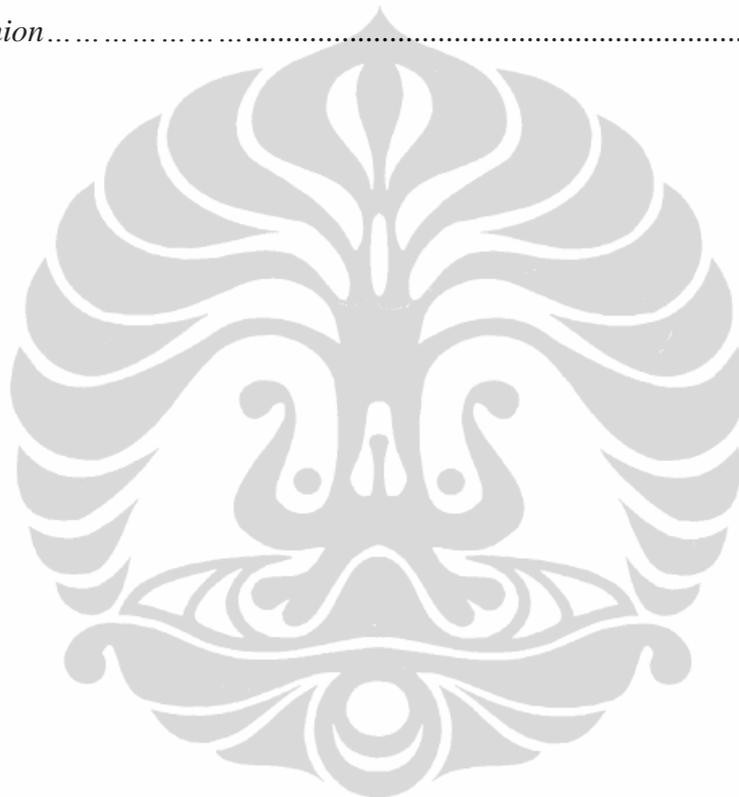
|  | halaman |
|--|---------|
| <b>Gambar 1.1</b> <i>Air Supported Vessel</i> .....  | 2       |
| <b>Gambar 1.2</b> <i>Konsep Kort Tunnel</i> .....  | 3       |
| <b>Gambar 1.3</b> <i>Konsep Kort Nozzle</i> .....  | 4       |
| <b>Gambar 1.4</b> <i>Wake Equalizing Duct</i> .....  | 5       |
| <b>Gambar 2.1</b> Distribusi arus ikut.....  | 12      |
| <b>Gambar 2.2</b> Prinsip kerja <i>tunnel</i> .....  | 13      |
| <b>Gambar 3.1</b> <i>Towing Tank kaca</i> .....  | 14      |
| <b>Gambar 3.2</b> <i>Speed Counter</i> .....   | 15      |
| <b>Gambar 3.3</b> Sensor Infra Merah.....  | 15      |
| <b>Gambar 3.4</b> <i>DC Power Supply</i> .....   | 15      |
| <b>Gambar 3.5</b> Kapal model.....   | 16      |
| <b>Gambar 3.6</b> Skema Pengujian.....   | 17      |
| <b>Gambar 3.7</b> Kapal model dengan <i>tunnel</i> yang ditutup.....   | 17      |
| <b>Gambar 3.8</b> Kapal model dengan <i>tunnel</i> .....   | 18      |
| <b>Gambar 3.9</b> Kapal model dengan <i>tunnel</i> pengarah penuh.....   | 18      |
| <b>Gambar 3.10</b> Kapal model dengan <i>tunnel</i> pengarah setengah .....  | 19      |
| <b>Gambar 3.11</b> Kapal model dengan <i>tunnel</i> pengarah zig-zag.....  | 19      |
| <b>Gambar 3.12</b> Kapal model tanpa <i>tunnel</i> .....   | 20      |
| <b>Gambar 3.13</b> Kapal model dengan <i>tunnel</i> dan pengarah dengan <i>propeller</i> baru.....                                 | 20      |
| <b>Gambar 4.1</b> Grafik antara daya dengan kecepatan pada semua percobaan kapal model dengan menggunakan <i>air cushion</i> ..... | 23      |

**Gambar 4.2** Grafik antara daya dengan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* yang ditutup ..... 23

**Gambar 4.3** Grafik antara daya dengan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* zig-zag..... 24

**Gambar 4.4** Grafik perbandingan daya dengan kecepatan antara kapal model dengan *tunnel* yang ditutup dengan kapal model dengan *tunnel* zig-zag..... 24

**Gambar 4.5** Grafik antara daya dengan kecepatan pada semua percobaan kapal model tanpa menggunakan *air cushion*..... 28



## DAFTAR TABEL

|  | halaman |
|--|---------|
| Tabel 4.1 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan <i>tunnel</i> ditutup.....  | 21      |
| Tabel 4.2 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan <i>tunnel</i> .....   | 21      |
| Tabel 4.3 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan <i>tunnel</i> pengarah penuh.....   | 22      |
| Tabel 4.4 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan <i>tunnel</i> pengarah setengah..   | 22      |
| Tabel 4.5 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan <i>tunnel</i> pengarah zig-zag....  | 22      |
| Tabel 4.6 Data perbandingan persentase kecepatan terhadap percobaan dengan kapal model dengan <i>tunnel</i> yang ditutup.....                          | 25      |
| Tabel 4.7 Data perhitungan kecepatan pada kapal model tanpa <i>tunnel</i> .....  | 25      |
| Tabel 4.8 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan <i>tunnel</i> pengarah zig-zag tanpa <i>air cushion</i> .....                             | 25      |
| Tabel 4.9 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan <i>tunnel</i> zig-zag ke-2.....   | 26      |
| Tabel 4.10 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan <i>side tunnel</i> .....   | 26      |
| Tabel 4.11 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan zig-zag <i>tunnel</i> kotak ....   | 26      |
| Tabel 4.12 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan zig-zag <i>tunnel</i> bundar dan <i>propeller</i> baru.....                              | 27      |
| Tabel 4.13 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan zig-zag <i>tunnel</i> bundar dan <i>propeller</i> baru dengan jarak yang lebih jauh..... | 27      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Penelitian ini dimulai dari pengenalan kapal “Pioneer” yang didesain oleh Prof. Gallin dari TU Delft. Desain kapal “Pioneer” adalah kapal dengan lambung yang terdiri dari pelat-pelat datar, merupakan kapal dengan teknologi tepat guna yang sangat mungkin diterapkan untuk masyarakat bahari Indonesia, yang mempunyai wilayah kepulauan terbesar di dunia. Desain kapal pelat datar ini mempunyai kekurangan dan kelebihan, dari segi konstruksi mudah dibuat dan harga dapat lebih murah. Dari segi operasional mempunyai hambatan yang lebih tinggi yang perlu diatasi melalui berbagai penelitian yang mengarah pada penghematan bahan bakar.

Penelitian yang telah dilakukan mendahului penelitian ini menerapkan *air cushion* pada model kapal tongkang yang menggunakan desain kapal pelat datar. Penelitian ini dilatar belakangi kebutuhan tongkang yang makin meningkat untuk mengangkut batu bara dari pulau Kalimantan ke pulau Jawa. Pada dasar kapal model dibuat chamber untuk *air cushion*, kedalam chamber dipompakan udara sampai penuh, kemudian kapal ditarik menggunakan beban yang bervariasi untuk mendapatkan beberapa kecepatan kapal yang berbeda. Sepanjang lintasan sebagian udara dalam chamber ikut keluar dan berkurang karena tidak dilakukan pengisian yang kontinu. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan kecepatan antara 3 s/d 7 %, masih kurang efektif karena adanya air yang masuk ke chamber yang menyebabkan hambatan tersendiri.

Penerapan *air cushion* pada kapal tongkang disimpulkan dapat meningkatkan kecepatan, sehingga mengurangi waktu tempuh dan mengurangi pemakaian bahan bakar. Namun demikian penelitian kapal tongkang *air cushion* ini perlu ditingkatkan untuk mendapatkan cara mengatasi air yang terjebak dalam chamber yang membuat performa pengurangan hambatan belum mencapai kondisi yang optimal. Dari sini timbul pemikiran untuk membuat tunnel yang dapat

menyalurkan air keluar dari chamber menuju kebagian belakang kapal. Tunnel yang dibuat ini diharapkan dapat mengurangi hambatan kapal yang disebabkan oleh air yang terjebak di bagian belakang chamber. Disamping itu air yang mengalir melalui tunnel ini dapat diarahkan menuju ke propeller yang diharapkan dapat meningkatkan unjuk kerja propeller. Hal ini sejalan dengan perkembangan dimana banyak kapal tongkang mempunyai tenaga penggerak sendiri, Self Propeller Barge (SPB).

Terdapat beberapa referensi yang dapat menjadi dasar penelitian water tunnel ini seperti Air Supported Vessel, Kort Tunnel, Kort Nozzle dan Wake Equalizing Duct. Selain Air Supported Vessel masing-masing penelitian ini mengarah pada bagaimana memperbaiki kecepatan dan arah aliran air menuju ke propeller.

#### 1. Air supported vessel.

Air Supported Vessel (1) adalah kapal yang dipasang sebuah chamber pada dasar kapal, chamber ini dibuat terpisah dari badan kapal. Gambar 1.1 mengilustrasikan desain dasar kapal ini.



Gambar 1.1 *Air Supported Vessel*

Sumber: [www.seseu.com](http://www.seseu.com)

Chamber diisi udara oleh sebuah kompresor yang mempunyai kapasitas dan tekanan yang sangat besar, menyebabkan kapal agak terangkat. Gesekan yang terjadi pada dasar kapal adalah gesekan antara air dan udara, sehingga terjadi drag reduction pada dasar kapal. Propulsi

kapal menggunakan water jet, kapal dengan sistim air supported vessel ini dapat mencapai kecepatan tinggi dengan total daya setengah dari kapal cepat pembanding yang tidak menggunakan air supported .

Penelitian kapal yang akan dilakukan adalah untuk kecepatan rendah sehingga tidak memerlukan compressor yang besar untuk mengangkat kapal, kelemahannya ialah di dalam chamber masih ada air yang tergenang bergerak ke belakang, hal ini dapat menambah hambatan kapal secara tersendiri. Kelemahan inilah yang membawa kearah penelitian Water Tunnel.

## 2. Kort Tunnel.

Seperti ditunjukkan pada gambar 1.2, pada dasar kapal dibuat tunnel yang mengarah pada satu cabang yang didalamnya dipasang sebuah propeller.

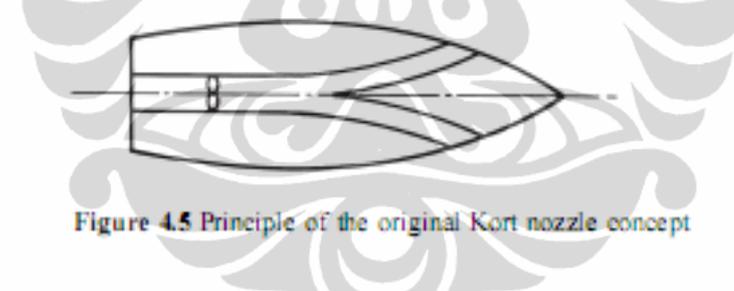


Figure 4.5 Principle of the original Kort nozzle concept

Gambar 1.2 Konsep Kort Tunnel

Sumber: *Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition*

Kort Tunnel ini memanfaatkan masuknya aliran air yang terjadi pada waktu kapal bergerak maju (2). Terbukti bahwa efisiensi propeller meningkat, sekalipun tunnel tersebut juga meningkatkan hambatan gesek yang cukup besar. Kort Tunnel mempunyai keterbatasan terhadap besarnya diameter propeller, makin besar diameter akan mengurangi daya muat kapal. Secara konstruksi sistim ini kurang menguntungkan untuk pemasangan propeller maupun untuk pemeliharaannya. Dari penelitian Kort Tunnel lahirlah Kort Nozzle

yang lebih efektif dan memungkinkan penerapannya tanpa dibatasi oleh besarnya diameter propeller.

### 3. Kort Nozzle.

Kort Nozzle (3) adalah hasil pengembangan dari Kort Tunnel, sebagai pengganti tunnel dan propeller, dibuatkan sebuah nozzle dengan propeller didalamnya yang merupakan sebuah sistem yang dapat meningkatkan efisiensi propeller tersebut.

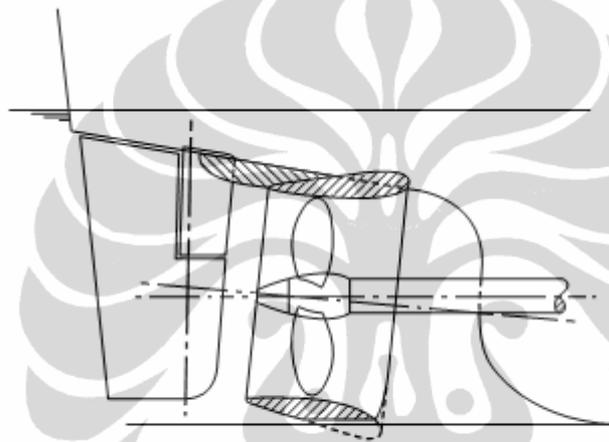


Figure 4.9 Kort nozzle penetrating the hull with a connecting piece for static and hydrodynamic reasons

Gambar 1.3 Konsep Kort Nozzle

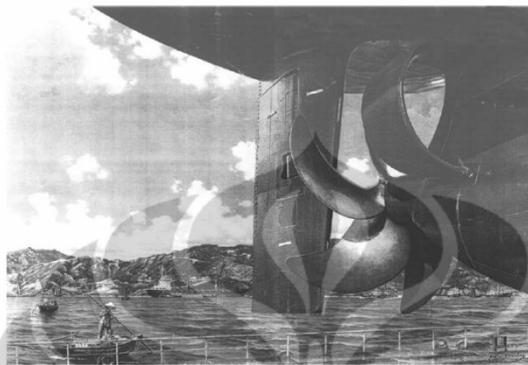
Sumber: *Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition*

Bentuk nozzle dan propeller terus mengalami perbaikan termasuk sistem penggerakannya. Secara konstruksi sangat menguntungkan karena sistem berada diluar badan kapal.

Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan mengarahkan aliran air yang masuk ke propeller dapat meningkatkan efisiensi propeller. Kort Nozzle memerlukan desain khusus dari propeller dan bentuk Nozzlenya, sistem dijual secara kesatuan dan cukup mahal. Desain disesuaikan dengan bentuk bagian belakang kapal, digunakan untuk kapal kecepatan rendah yang memerlukan daya dorong yang besar.

#### 4. Wake Equalizing Ducts (WED).

Wake equalizing ducts (WED) pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Schneekluth pada tahun 1986 (4). Gambar 1.3 menunjukkan desain dari sebuah WED.



Gambar 1.4 *Wake Equalizing Duct (WED)*

Sumber: H. Schneekluth, V. Bertram. *Ship Design for Efficiency and Economy*. 1998

WED terdiri dari dua 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 %.

WED bekerja mengarahkan aliran air masuk ke propeller untuk memperbaiki distribusi arus ikut pada daerah diskus propeller sebelah atas, membuat kecepatan aliran yang masuk propeller menjadi lebih besar sehingga meningkatkan efisiensi propeller.

Konstruksi ini lebih sederhana dan murah dibandingkan Kort Nozzle, tidak perlu merubah sistim propulsi yang sudah ada. Pemasangan Ducts memerlukan simulasi untuk menentukan posisi yang tepat pada bagian lambung yang mana yang efektif dapat mengarahkan aliran ke propeller.

Water Tunnel adalah gabungan ide dari Kort Tunnel dan WED. Pada WED digunakan dua buah nozzle duct setengah lingkaran untuk mengarahkan aliran yang ada pada samping kapal ke propeller. Sementara itu, Water Tunnel

menggunakan dua buah tunnel untuk mengarahkan aliran air dari dasar kapal menuju ke propeller, arah aliran air ini lebih progressive sehingga dapat menguntungkan atau justru merugikan. Dari segi hambatan gesek, water tunnel cenderung akan memiliki hambatan lebih besar dibandingkan WED, hal ini dapat diatasi dengan pembuatan yang lebih halus. Dibandingkan dengan Kort Tunnel, water tunnel mempunyai keuntungan selain memanfaatkan kecepatan air pada dasar kapal, juga memanfaatkan adanya perbedaan kedalaman antara dasar kapal dan letak propeller.

Tekanan air pada dasar kapal lebih besar dari tekanan air di propeller; begitu ada kecepatan aliran, air akan lebih mudah mengalir ke propeller. Secara konstruksi water tunnel memerlukan pengelasan yang teliti untuk menghindari kebocoran kapal, tetapi dengan desain kapal pelat datar dapat mempermudah pengerjaan sehingga mengurangi risiko kebocoran. Penelitian berikutnya dapat menggunakan single Water Tunnel dimana untuk mempercepat aliran air, di dalam tunnel dapat dipasang propeller yang secara seri berputar satu shaft dengan propeller di luar kapal. Tidak memerlukan desain khusus dari propeller maupun tunnel, dengan biaya investasi pasti lebih murah dibandingkan dengan Kort Nozzle.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Membandingkan kapal model yang menggunakan *Tunnel Charge Propeller* dan kapal model yang tidak menggunakan *Tunnel Charge Propeller* dalam hal :

- Besarnya kecepatan kapal model (melalui pengukuran).
- Olah gerak dan besarnya gelombang yang ditimbulkan (melalui video camera).

## 1.3 BATASAN MASALAH

Untuk mengetahui apakah Water Tunnel dapat mengurangi hambatan yang ditimbulkan oleh chamber yang dipasang untuk air cushion , yang secara

kesinambungan juga memungkinkan meningkatkan daya guna propeller, maka dibuat sebuah experiment dengan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Kapal model menggunakan desain kapal lambung pelat datar, pada dasar kapal dipasang chamber untuk air cushion.
2. Ukuran dan dimensi tunnel belum diperhitungkan secara proposional terhadap besarnya kapal model.
3. Propeller dan DC motor yang digunakan adalah barang yang sama untuk perbandingan kapal model dengan tunnel ataupun kapal model tidak dengan tunnel.
4. Experiment ini tidak menguji optimalisasi desain propeller terhadap kapal model yang diperbandingkan.
5. Pengujian dan pengambilan data kecepatan kapal model menggunakan alat pengukur kecepatan infra merah dan stop watch digital. Menggunakan DC power supply yang dapat diatur voltagenya untuk menjalankan motor penggerak propeller.
6. Percobaan dilakukan dalam tangki berbentuk kapal dengan panjang lintasan mencapai 5 meter dan kedalaman air 0,5 meter.

#### **1.4 METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut ;

1. Studi literatur.

Studi literature merupakan proses belajar yang melibatkan ide dan pengetahuan yang berasal dari buku-buku dan jurnal-jurnal penelitian.

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 DC 150 Watts. Kapal model

dilengkapi dua water *tunnel* yang menghubungkan cekungan pada dasar dengan dua sisi bagian belakang kapal yang mengarah ke *propeller*.

### 3. Pengujian dan pengambilan 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 kecepatan infra merah dan *stopwatch* digital.

### 4. Analisa dan Kesimpulan Hasil Pengujian .

Setelah data diolah maka dibuat grafik antara *power* dan kecepatan untuk dianalisa dan diambil kesimpulan apakah penelitian ini dapat bermanfaat untuk dikembangkan ke penelitian lebih lanjut sampai penerapannya.

## 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sitematika penulisan tesis ini dilakukan menurut bab-bab sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang yang melandasi penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sitematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA.

Bab ini menjelaskan teori yang mendasari penelitian ini, yaitu hambatan dan propulsi kapal, tambahan peralatan yang memungkinkan untuk meningkatkan unjuk kerja *propeller* kapal. Tinjauan pustaka ini diambil dari beberapa buku dan jurnal yang terkait.

### BAB III PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA.

Bab ini menerangkan tentang bagaimana pengujian dilakukan, metode pengujian dan pengambilan data dengan peralatan yang digunakan.

### BAB IV HASIL DAN ANALISA.

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 V KESIMPULAN DAN SARAN.

Pada bagian ini akan diambil beberapa kesimpulan dari seluruh analisa yang dilakukan , disertai saran terhadap penelitian dan pengembangan selanjutnya sampai pengujian terhadap *prototype*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Suatu kapal yang bergerak akan mengalami hambatan atau tahanan dari air (untuk bagian yang tercelup air) dan udara (untuk bagian yang berada diatas air). Gaya yang menahan kapal tersebut harus diatasi dengan gaya dorong ke depan yang diberikan oleh suatu mekanisme penghasil gaya dorong, yaitu baling-baling kapal. Ada beberapa parameter yang penting dalam hubungan antara kapal, mesin dan baling-baling.

Daya efektif ( $P_E$ ) untuk menggerakkan kapal di air pada kecepatan  $V$  adalah :

$$P_E = R_T \cdot V \quad (2.1)$$

$R_T$  = hambatan kapal secara total.

$V$  = kecepatan kapal.

Daya dorong yang disalurkan oleh baling-baling adalah :

$$P_T = T \cdot V_A \quad (2.2)$$

$T$  = gaya dorong baling-baling.

$V_A$  = kecepatan maju baling-baling.

Daya yang disalurkan ke baling-baling adalah :

$$P_D = 2\pi \cdot Q \cdot n \quad (2.3)$$

$Q$  = torsi baling-baling

$n$  = putaran baling-baling

Daya yang disalurkan oleh mesin penggerak adalah :

$$P_B = 2\pi \cdot M \cdot n \quad (2.4)$$

$M$  = torsi yang disalurkan dari mesin penggerak ke poros.

$N$  = putaran mesin penggerak.

Indikator daya dari mesin penggerak adalah :  $P_I$

Hubungan dari masing-masing komponen sebagai berikut :

$$\frac{PE}{PI} = \frac{PE}{PT} \cdot \frac{PT}{PD} \cdot \frac{PD}{PB} \cdot \frac{PB}{PI} \quad (2.5)$$

$$= \eta_H \cdot \eta_B \cdot \eta_s \cdot \eta_m = \eta_T \quad (2.6)$$

$\eta_H$  = efisiensi badan kapal.

$$= \frac{RV}{TV_A} = \frac{R/T}{V_A/V} = \frac{1-t}{1-w} \quad (2.7)$$

$w$  = wake fraction.

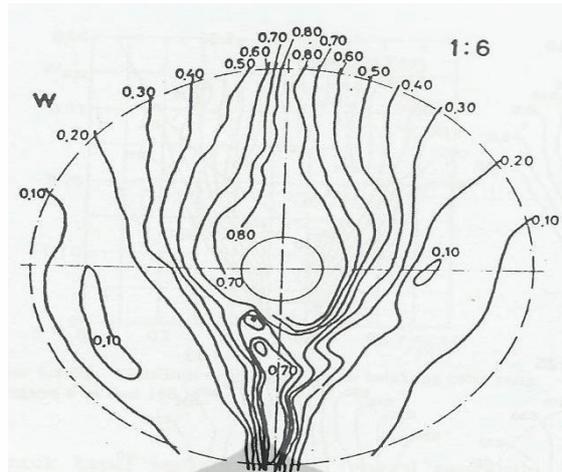
$t$  = thrust deduction fraction.

$\eta_B$  = efisiensi baling-baling.

$$= \frac{T \cdot V_A}{2\pi Q n} \quad (2.8)$$

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

Gambar 2.1 menunjukkan distribusi arus ikut; distribusi arus ikut sangat melebar padadiskus 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 nya pada bagian atas.



Gambar 2.1 Distribusi arus ikut

Sumber: Harvald, Sv. Aa. *Tahanan dan Propulsi Kapal*. 1992

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

$$w = \frac{V - V_A}{V} \quad (2.9)$$

$V$  = kecepatan kapal.

$V_A$  = kecepatan arus yang masuk ke baling-baling.

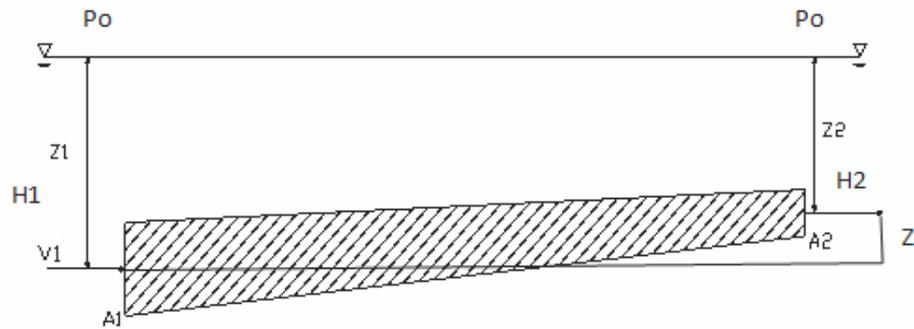
Dengan mengecilnya  $w$ , maka  $V_A$  menjadi lebih besar; dengan bertambah besarnya  $V_A$ , maka efisiensi baling-baling juga meningkat karena :

$$\eta_B = \frac{T \cdot V_A}{2\pi Q n} \quad (2.10)$$

Prinsip kerja *Tunnel charge propeller* adalah menaikkan arus ikut  $V_A$  yang mengalir melalui sebuah *Tunnel* yang menembus kapal. Air masuk *Tunnel* dari dasar kapal dengan kecepatan  $V$ , air keluar badan kapal dengan kecepatan  $V_A$  yang mengarah ke baling-baling kapal.

Persamaan energi aliran dalam *tunnel* :

$$\frac{1}{\rho} (P_{\text{ke luar}}) + \frac{1}{2} V_{\text{ke luar}}^2 + g Z_{\text{ke luar}} = \frac{1}{\rho} (P_{\text{ke dalam}}) + \frac{1}{2} V_{\text{ke dalam}}^2 + g Z_{\text{ke dalam}} + W_{\text{poros ke dalam}} - \text{kehilangan} \quad (2.11)$$

Gambar 2.2 Prinsip kerja *tunnel*

$$\bullet \quad \frac{1}{\rho}(P_0 + H_2 \rho g) + \frac{1}{2} V_2^2 + g Z = \frac{1}{\rho}(P_0 + H_1 \rho g) + \frac{1}{2} V_1^2 + g Z_0 + T \cdot V_A - R \cdot V \quad (2.12)$$

$$\bullet \quad \frac{1}{\rho} P_0 + g H_2 + \frac{1}{2} V_2^2 + g Z = \frac{1}{\rho} P_0 + g H_1 + \frac{1}{2} V_1^2 + T \cdot V_A - R \cdot V \quad (2.13)$$

$$\bullet \quad g (H_2 + Z) + \frac{1}{2} V_2^2 = g H_1 + \frac{1}{2} V_1^2 + T \cdot V_A - R \cdot V ; (H_2 + Z = H_1) \quad (2.14)$$

$$\bullet \quad \frac{1}{2} V_2^2 = \frac{1}{2} V_1^2 + T \cdot V_A - R \cdot V ; R V / T V_A = \frac{(1-t)/(1-w)}{(1-t)/(1-w)} \quad (2.15)$$

$$\bullet \quad \frac{1}{2} V_2^2 = \frac{1}{2} V_1^2 + T \cdot V_A - (1-t)/(1-w) \cdot T V_A \quad (2.16)$$

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

Dimana,

$P_0$  = tekanan atmosfer.

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

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

$V_1$  = kecepatan air masuk ke *tunnel*.

$V_2$  = kecepatan air keluar dari *tunnel*.

$W_{poros \text{ ke dalam}} = T \cdot V_A =$  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 III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tujuan Pengujian

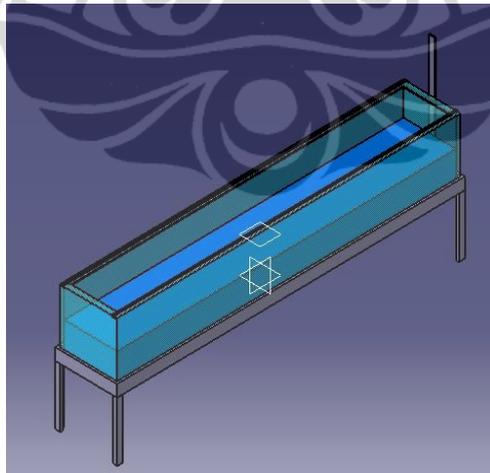
Tujuan pengujian yang dilakukan adalah membandingkan kapal model yang menggunakan *Tunnel Charge Propeller* dan kapal model yang tidak menggunakan *Tunnel Charge Propeller* dalam hal :

1. Besarnya kecepatan kapal model (melalui pengukuran).
2. Olah gerak dan gelombang yang ditimbulkan (video camera).

#### 3.2 Komponen Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain adalah : *Towing tank* kaca ukuran panjang 3 meter, lebar 0,8 meter dan tinggi 0,6 meter ; Pengukur kecepatan kapal dengan sensor infra merah, display LCD, power dari adaptor atau USB ; *DC Power Supply* dengan *digital display, voltage & current* : 30 Volt. 30 Ampere ; Kapal model.

##### i. *Towing Tank* Kaca



Gambar 3.1 *Towing Tank* kaca

Dimensi : panjang 300 cm, lebar 80 cm dan tinggi 60 cm.

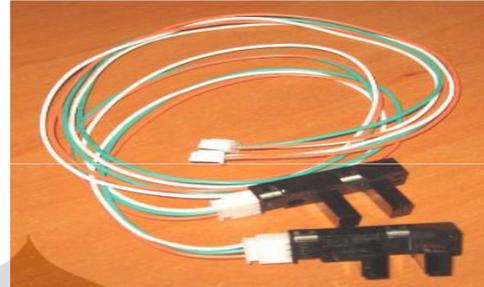
Material : kaca tembus pandang, tebal 12 mm.

Melalui *towing tank* kaca ini dapat diamati gerakan aliran air disekitar badan kapal atau disekitar *tunnel*.

## ii. Pengukur Kecepatan



Gambar 3.2 *Speed Counter*



Gambar 3.3 Sensor Infra Merah

Pengukur kecepatan ini dipakai untuk mengukur kecepatan kapal model, menggunakan sensor infra merah. Waktu dan kecepatan ditampilkan pada display LCD dengan ketelitian 0,001 m/sec. Hasil pengukuran dapat ditampilkan langsung di komputer melalui terminal.

## iii. *DC Power Supply*



Gambar 3.4 *DC Power Supply*

Kapasitas *DC Power Supply* 30 Volt, 30 Ampere; bisa diatur Voltage atau Ampere-nya mulai dari 0 sampai 30 Volt.

#### iv. Kapal Model



Gambar 3.5 Kapal Model

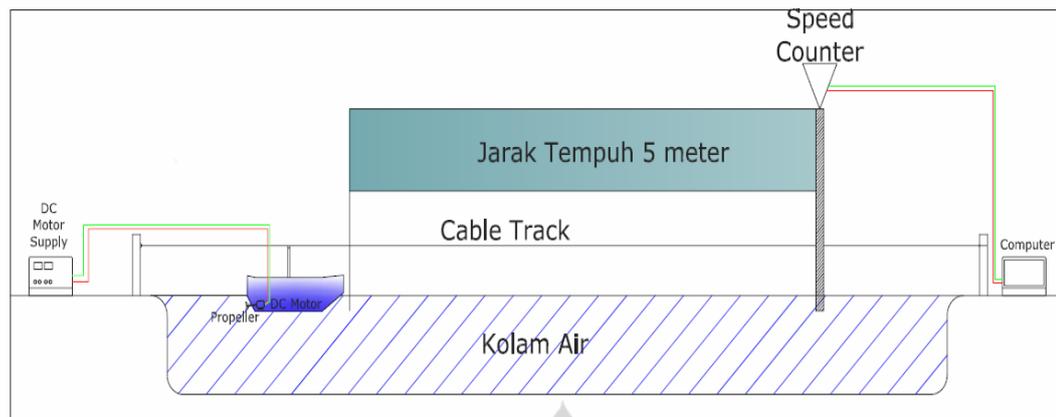
Kapal model panjang 60 cm, lebar 20 cm dan tinggi 10 cm. Bentuk flat bottom dengan *tunnel* dari flat bottom menuju ke *propeller*. Kapal model digerakkan oleh DC motor 18 Volt, diameter baling-baling 3 cm terdiri dari dua daun.

### 3.3. Skema Pengujian

Skema pengujian ini dimulai dari pembuatan kapal model dalam bentuk pelat datar dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 20 cm dan tinggi 10 cm; dasar kapal rata (*flat bottom*). Material kapal model dari multiplex tebal 3 mm, finishing cat tahan air; kapal dilengkapi sebuah baling-baling dua daun dengan diameter 30 mm yang digerakkan oleh sebuah DC motor 150 Watts.

Kemudian dilakukan modifikasi kapal model dengan membuat dua buah *tunnel* yang menghubungkan cekungan pada dasar kapal dengan dua sisi bagian belakang kapal yang mengarah ke baling-baling.

Kapal model bergerak menggunakan baling-baling yang dihubungkan ke DC motor 150 Watts melalui sebuah shaft diameter 2,5 mm. Power input dari DC Power Supply dengan variasi tegangan : 8 Volt, 10 Volt, 12 Volt dan 14 Volt  
Tempat percobaan : Pertama dilakukan pada towing tank kaca panjang 3 meter, lebar 0,8 meter dan kedalaman air 0,3 meter. Kecepatan kapal model diukur menggunakan pengukur kecepatan yang menggunakan sensor infra merah, data yang terekam sangat tidak beraturan akibat pantulan gelombang dinding kaca yang cukup besar akibat putaran baling-baling dan jarak tempuh yang pendek.



Gambar 3.6 Skema pengujian

Percobaan berikutnya dilakukan pada sebuah tempat di dalam *prototype* kapal yang panjangnya 7 meter dan lebar 3,2 meter yang diisi air sedalam 0,5 meter, jalur lintasan dapat mencapai 5 meter. Pengukuran kecepatan tidak dapat dilakukan dengan pengukuran kecepatan yang menggunakan infra merah, sangat sensitive terhadap sinar matahari. Pengukuran kecepatan dilakukan pada jarak tertentu mendekati akhir lintasan dengan menggunakan *stopwatch* digital, dilakukan pengulangan sebanyak lima kali untuk setiap kondisi percobaan, kemudian diambil nilai rata-ratanya.

Percobaan model dilakukan untuk :

1. Kapal model dengan *tunnel* yang ditutup.



Gambar 3.7 Kapal model dengan *tunnel* yang ditutup

2. Kapal model dengan *tunnel*.



Gambar 3.8 Kapal model dengan *tunnel*

3. Kapal model dengan *tunnel* yang diberi pengarah penuh.



Gambar 3.9 Kapal model dengan *tunnel* pengarah penuh

4. Kapal model dengan *tunnel* yang diberi pengarah setengah.



Gambar 3.10 Kapal model dengan *tunnel* pengarah setengah

5. Kapal model dengan *tunnel* yang diberi pengarah zig zag.

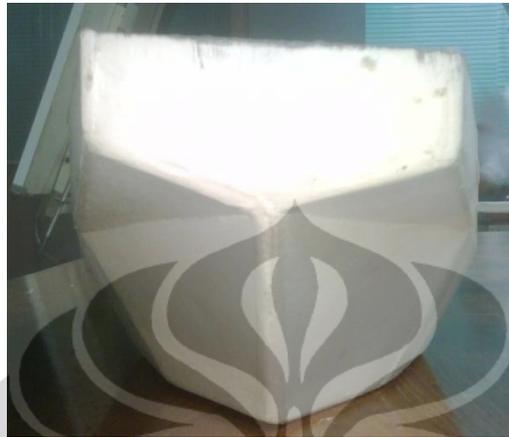


Gambar 3.11 Kapal model dengan *tunnel* pengarah zig-zag

Dari data masing-masing percobaan kapal model dapat dibuat grafik untuk dianalisa dan dari rekaman percobaan dapat dilihat olah gerak kapal model tersebut. Percobaan tersebut menggunakan kapal model yang dilengkapi dengan konstruksi untuk *air cushion* yaitu adanya cekungan untuk menahan udara. Dalam percobaan ini cekungan tersebut terisi air yang ikut pergerakan kapal.

Percobaan berikut menggunakan kapal model tanpa fasilitas *air cushion* kemudian dilakukan percobaan sebagai berikut :

6.Kapal model tanpa *tunnel*



Gambar 3.12 Kapal model tanpa *tunnel*

7.Kapal model dengan *tunnel* dan pengarah dengan *propeller* baru.



Gambar 3.13 Kapal model dengan *tunnel* dan pengarah dengan *propeller* baru

## BAB IV

### HASIL DAN ANALISA

Dari percobaan yang dilakukan didapat data-data dan pengolahannya, yang kemudian dibuatkan grafik dari setiap percobaan kapal model untuk dianalisa.

#### 4.1 Hasil Eksperimen

##### 4.1.1 Kecepatan Kapal model dengan *air cushion*

Hasil-hasil pengukuran kecepatan dari eksperimen untuk kapal model dengan air cushion dengan berbagai konfigurasi tunnel pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.1-4.5

Tabel 4.1 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* ditutup

| Kapal Model Dengan <i>Tunnel</i> Ditutup |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|--|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V  | I             | P = V * I   | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                           | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8  | 8.6           | 68.8        | 0.744           | 0.785 | 0.781 | 0.807 | 0.813 | 0.786   |
| 10                                       | 10.8          | 108         | 0.792           | 0.836 | 0.878 | 0.904 | 0.825 | 0.847   |
| 12                                       | 13.2          | 158.4       | 0.832           | 0.889 | 0.909 | 0.904 | 0.810 | 0.869   |
| 14                                       | 15.4          | 215.6       | 0.893           | 0.977 | 0.984 | 0.838 | 0.994 | 0.937   |

Tabel 4.2 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel*

| Kapal Model Dengan <i>Tunnel</i> |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|----------------------------------|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V                                | I             | P = V * I   | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                   | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8                                | 8.6           | 68.8        | 0.723           | 0.703 | 0.725 | 0.699 | 0.697 | 0.709   |
| 10                               | 10.8          | 108         | 0.740           | 0.761 | 0.750 | 0.759 | 0.778 | 0.758   |
| 12                               | 13.2          | 158.4       | 0.897           | 0.855 | 0.838 | 0.846 | 0.855 | 0.858   |
| 14                               | 15.4          | 215.6       | 0.930           | 0.926 | 0.878 | 0.957 | 0.903 | 0.919   |

Tabel 4.3 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* pengarah penuh

| Kapal Model Dengan <i>Tunnel</i> Pengarah Penuh |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|---|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V   | I             | P = V * I   | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                                  | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8   | 8,6           | 68,8        | 0,625           | 0,636 | 0,650 | 0,610 | 0,610 | 0,626   |
| 10  | 10,8          | 108         | 0,721           | 0,767 | 0,735 | 0,742 | 0,749 | 0,743   |
| 12  | 13,2          | 158,4       | 0,816           | 0,832 | 0,852 | 0,798 | 0,832 | 0,826   |
| 14  | 15,4          | 215,6       | 0,987           | 0,930 | 1,064 | 0,936 | 0,869 | 0,957   |

Tabel 4.4 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* pengarah setengah.

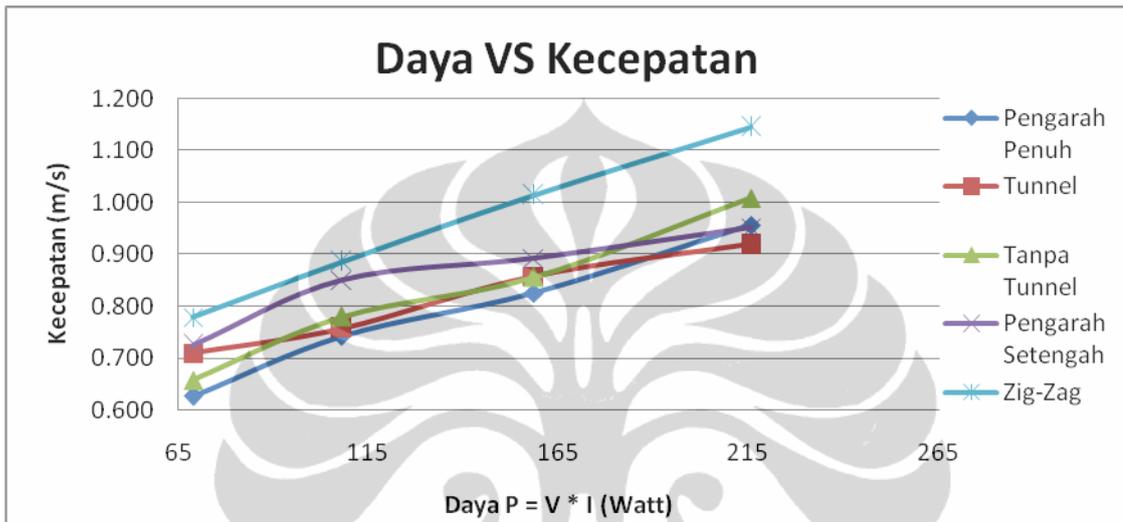
| Kapal Model Dengan <i>Tunnel</i> Pengarah Setengah |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|--|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V  | I             | P = V * I   | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                                     | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8  | 8,6           | 68,8        | 0,757           | 0,699 | 0,750 | 0,736 | 0,687 | 0,726   |
| 10   | 10,8          | 108         | 0,854           | 0,803 | 0,886 | 0,853 | 0,858 | 0,851   |
| 12   | 13,2          | 158,4       | 0,865           | 0,900 | 0,892 | 0,967 | 0,840 | 0,893   |
| 14   | 15,4          | 215,6       | 0,941           | 0,980 | 0,968 | 0,929 | 0,943 | 0,952   |

Tabel 4.5 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* pengarah zig-zag

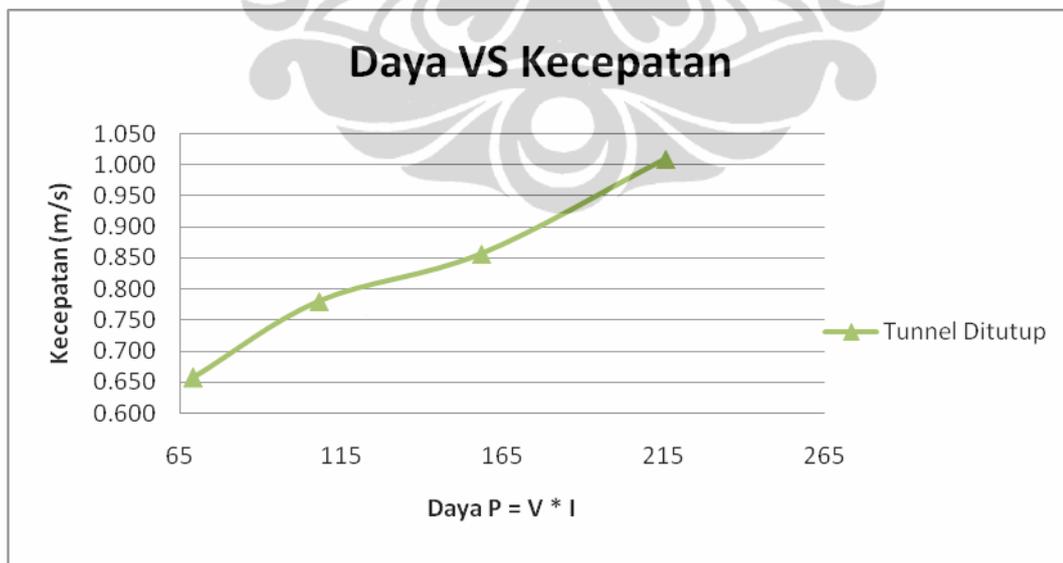
| Kapal Model Dengan <i>Tunnel</i> Pengarah Zig-Zag |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|---|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V   | I             | P = V * I   | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                                    | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8   | 8,6           | 68,8        | 0,785           | 0,755 | 0,791 | 0,750 | 0,813 | 0,779   |
| 10  | 10,8          | 108         | 0,848           | 0,886 | 0,848 | 0,824 | 0,886 | 0,858   |
| 12  | 13,2          | 158,4       | 0,983           | 1,000 | 0,983 | 1,045 | 1,064 | 1,015   |
| 14  | 15,4          | 215,6       | 1,194           | 1,206 | 1,182 | 1,083 | 1,064 | 1,146   |

#### 4.1.2 Relasi Daya - Kecepatan kapal model dengan *air cushion*.

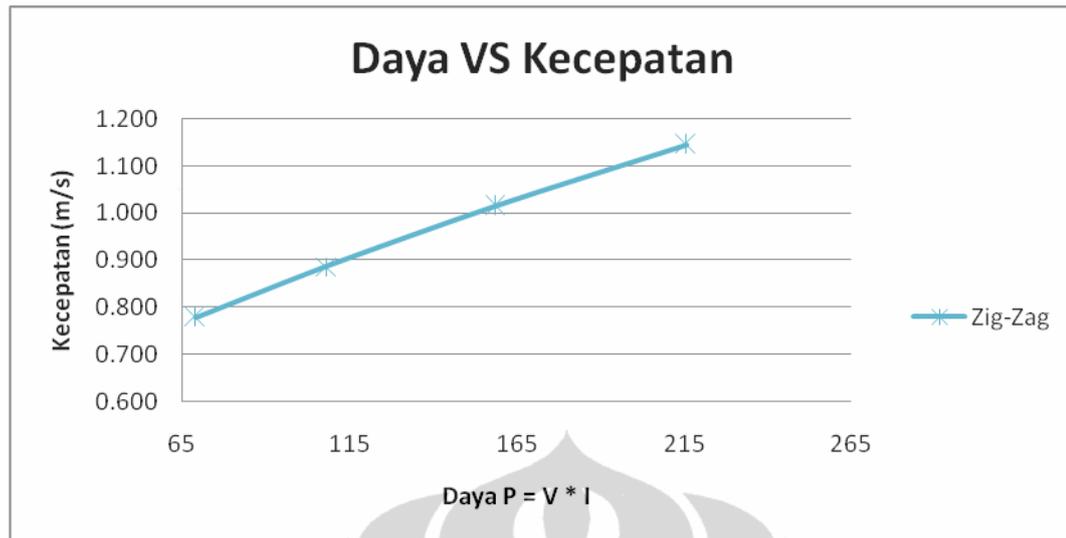
Relasi daya-kecepatan kapal model dengan *air cushion* dengan berbagai konfigurasi tunnel pada penelitian ini ditunjukkan dengan berbagai grafik hubungan antara daya dan kecepatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1-4.4 dan Tabel 4.6



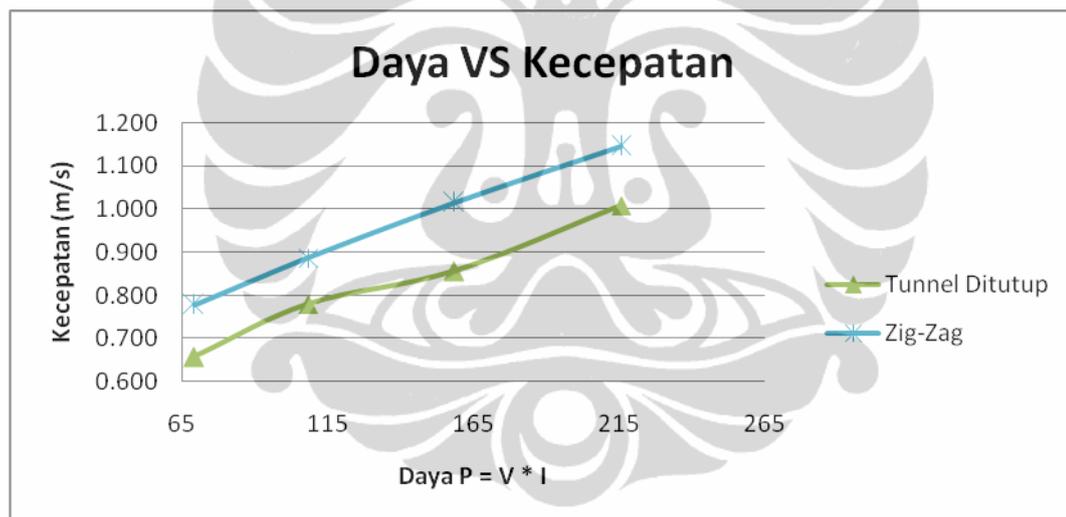
Gambar 4.1 Grafik antara daya dengan kecepatan pada semua percobaan kapal model dengan menggunakan *air cushion*.



Gambar 4.2 Grafik antara daya dengan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* yang ditutup



Gambar 4.3 Grafik antara daya dengan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* zig-zag



Gambar 4.4 Grafik perbandingan daya dengan kecepatan antara kapal model dengan *tunnel* yang ditutup dengan kapal model dengan *tunnel* zig-zag

Tabel 4.6 Data perbandingan persentase kecepatan terhadap percobaan dengan kapal model dengan *tunnel* yang ditutup.

| $P = V * I$<br>(Watt) | Pengarah Penuh | <i>Tunnel</i> | Pengarah Setengah | <i>Tunnel Zig-Zag</i> |
|-----------------------|----------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| 68,8                  | -4,71%         | 7,94%         | 10,45%            | 18,48%                |
| 108                   | -4,78%         | -2,86%        | 9,09%             | 13,64%                |
| 158,4                 | -3,50%         | 0,21%         | 4,28%             | 18,56%                |
| 215,6                 | -5,11%         | -8,89%        | -5,64%            | 13,58%                |

#### 4.1 .3 Kecepatan Kapal model tanpa *air cushion*

Hasil-hasil pengukuran kecepatan dari eksperimen untuk kapal model tanpa air cushion dengan berbagai konfigurasi tunnel pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.7-4.13

Tabel 4.7 Data perhitungan kecepatan pada kapal model tanpa *tunnel*.

| Kapal Model Tanpa <i>Tunnel</i> |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|---------------------------------|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V                               | I             | $P = V * I$ | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                  | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8                               | 8,6           | 68,8        | 1,093           | 1,009 | 1,064 | 0,983 | 1,045 | 1,039   |
| 10                              | 10,8          | 108         | 1,170           | 1,083 | 1,083 | 1,158 | 1,093 | 1,118   |
| 12                              | 13,2          | 158,4       | 1,245           | 1,272 | 1,258 | 1,315 | 1,300 | 1,278   |
| 14                              | 15,4          | 215,6       | 1,560           | 1,603 | 1,463 | 1,519 | 1,444 | 1,518   |

Tabel 4.8 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel* pengarah zig-zag tanpa *air cushion*.

| Kapal Model Dengan <i>Tunnel</i> Pengarah Zig-Zag Tanpa <i>Air Cushion</i> |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|--|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V  | I             | $P = V * I$ | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)   | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8  | 8,6           | 68,8        | 0,967           | 0,921 | 0,936 | 0,900 | 0,900 | 0,925   |
| 10   | 10,8          | 108         | 1,136           | 1,073 | 1,093 | 1,026 | 1,026 | 1,071   |
| 12   | 13,2          | 158,4       | 1,300           | 1,258 | 1,182 | 1,286 | 1,170 | 1,239   |
| 14   | 15,4          | 215,6       | 1,427           | 1,330 | 1,300 | 1,376 | 1,360 | 1,359   |

Tabel 4.9 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *tunnel zig-zag* ke-2.

| Kapal Model Dengan <i>Tunnel Zig-Zag</i> Ke 2 |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|---|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V   | I             | $P = V * I$ | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                                | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8   | 8,6           | 68,8        | 0,914           | 0,936 | 1,009 | 0,967 | 0,907 | 0,947   |
| 10  | 10,8          | 108         | 1,083           | 1,125 | 1,147 | 1,035 | 1,009 | 1,080   |
| 12  | 13,2          | 158,4       | 1,232           | 1,258 | 1,245 | 1,170 | 1,170 | 1,215   |
| 14  | 15,4          | 215,6       | 1,315           | 1,300 | 1,300 | 1,330 | 1,376 | 1,324   |

Tabel 4.10 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *side tunnel*.

| Kapal Model Dengan <i>Side Tunnel</i> |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|---------------------------------------|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V                                     | I             | $P = V * I$ | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                        | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8                                     | 8,6           | 68,8        | 1,000           | 1,009 | 1,000 | 0,983 | 1,000 | 0,998   |
| 10                                    | 10,8          | 108         | 1,170           | 1,182 | 1,083 | 1,194 | 1,206 | 1,167   |
| 12                                    | 13,2          | 158,4       | 1,245           | 1,245 | 1,258 | 1,258 | 1,245 | 1,250   |
| 14                                    | 15,4          | 215,6       | 1,376           | 1,393 | 1,315 | 1,300 | 1,463 | 1,369   |

Tabel 4.11 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan *zig-zag tunnel* kotak .

| Kapal Model Dengan <i>Zig Zag Tunnel</i> Kotak |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|--|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V  | I             | $P = V * I$ | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)                                 | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8  | 8,6           | 68,8        | 1,026           | 1,073 | 1,035 | 1,035 | 1,026 | 1,039   |
| 10   | 10,8          | 108         | 1,170           | 1,064 | 1,083 | 1,083 | 1,158 | 1,112   |
| 12   | 13,2          | 158,4       | 1,245           | 1,206 | 1,258 | 1,272 | 1,182 | 1,232   |
| 14   | 15,4          | 215,6       | 1,300           | 1,300 | 1,300 | 1,300 | 1,393 | 1,319   |

Tabel 4.12 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan zig-zag *tunnel* bundar dan *propeller* baru.

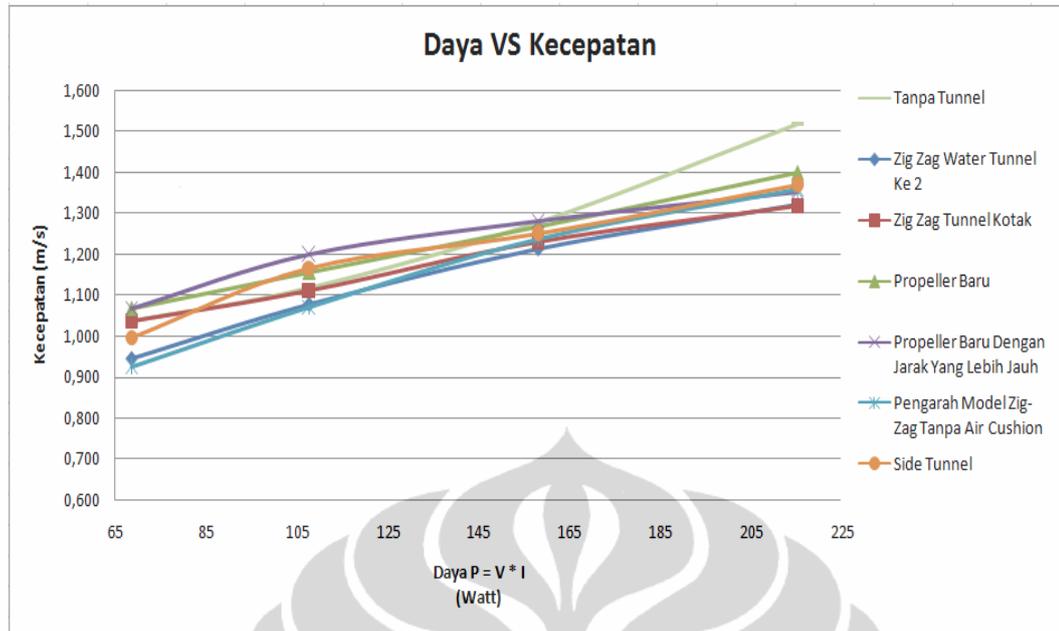
| Kapal Model Dengan Zig Zag <i>Tunnel</i> Bundar dan <i>Propeller</i> Baru |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|---|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V   | I             | $P = V * I$ | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)  | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8   | 8,6           | 68,8        | 1,064           | 1,064 | 1,064 | 1,073 | 1,083 | 1,070   |
| 10  | 10,8          | 108         | 1,182           | 1,182 | 1,147 | 1,147 | 1,125 | 1,157   |
| 12  | 13,2          | 158,4       | 1,272           | 1,286 | 1,300 | 1,232 | 1,245 | 1,267   |
| 14  | 15,4          | 215,6       | 1,376           | 1,427 | 1,393 | 1,427 | 1,376 | 1,400   |

Tabel 4.13 Data perhitungan kecepatan pada kapal model dengan zig-zag *tunnel* bundar dan *propeller* baru dengan jarak yang lebih jauh.

| Kapal Model Dengan Zig Zag <i>Tunnel</i> Bundar dan <i>Propeller</i> Baru Jarak Lebih Jauh |               |             |                 |       |       |       |       |         |
|--|---------------|-------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| V  | I             | $P = V * I$ | Kecepatan (m/s) |       |       |       |       |         |
| Voltage (Volt)   | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | 1               | 2     | 3     | 4     | 5     | Average |
| 8  | 8,6           | 68,8        | 1,083           | 1,083 | 1,026 | 1,064 | 1,083 | 1,068   |
| 10   | 10,8          | 108         | 1,232           | 1,206 | 1,182 | 1,147 | 1,232 | 1,200   |
| 12   | 13,2          | 158,4       | 1,330           | 1,300 | 1,300 | 1,232 | 1,245 | 1,281   |
| 14   | 15,4          | 215,6       | 1,410           | 1,330 | 1,330 | 1,330 | 1,360 | 1,352   |

#### 4.1.2 Relasi Daya-Kecepatan kapal model dengan *air cushion*.

Relasi daya-kecepatan kapal model dengan *air cushion* dengan berbagai konfigurasi tunnel pada penelitian ini ditunjukkan dengan berbagai grafik hubungan antara daya dan kecepatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik antara daya dengan kecepatan pada semua percobaan kapal model tanpa menggunakan *air cushion*.

## 4.2 Analisa.

Dari relasi daya-kecepatan kapal model dengan air cushion dengan berbagai konfigurasi tunnel pada penelitian ini dapat dilakukan analisis mengenai performa kapal model yang diteliti baik yang menggunakan fasilitas air cushion maupun tanpa air cushion.

### 4.2.1 Performa Kapal model dengan fasilitas *air cushion*.

Kapal model dengan *tunnel*, lubang keluar tunnel ada disamping badan kapal dan letaknya agak jauh dari propeller. Arah aliran air yang keluar tidak mengarah menuju propeller, bahkan bertabrakan dengan aliran yang dari samping kapal yang akan menuju ke propeller. Hal ini menyebabkan aliran yang akan masuk propeller terganggu, efisiensi propeller terganggu.

Perbaikan yang dilakukan adalah dengan memasang pengarah aliran yang keluar dari tunnel. Ada perbaikan arah aliran yang menuju ke propeller, namun demikian masih kurang efektif. Dengan pengarah aliran ini ada bagian belakang propeller yang mendapat dorongan yang berlawanan dengan putaran propeller,

propeller tidak bekerja dengan maksimal. Disamping itu pengarah yang dipasang disamping kapal menimbulkan hambatan tersendiri yang cukup besar pengaruhnya.

Modifikasi berikutnya membuat pengarah yang lebih langsing yaitu setengah dari tebal pengarah sebelumnya. Kapal model dengan *tunnel* yang diberi pengarah setengah ini, menunjukkan performa yang sudah lebih baik, masih ada sebagian dari belakang baling-baling yang mendapat dorongan yang menghambat putaran. Pada daya 215 Watt terjadi penurunan kecepatan yang diakibatkan pasokan aliran dari tunnel sudah maksimal, aliran dari samping kapal kurang leluasa masuk ke propeller.

Dari sini timbul pemikiran bagaimana mengurangi dorongan aliran yang mengenai belakang daun propeller dan memberikan peran aliran dari samping kapal masuk ke propeller dengan lebih besar. Maka dibuatlah pengarah zig-zag, yang ternyata dapat menghasilkan peningkatan kecepatan 13 s/d 18 %, bagian belakang daun propeller hampir bebas dari dorongan aliran dari *tunnel*, partisipasi aliran dari samping kapal berperan dengan lebih baik sehingga propeller tidak kekurangan pasokan air. Propeller bekerja lebih efektif, hambatan tambahan yang disebabkan pemasangan pengarah dapat dieliminir.

#### **4.2.2 Performa Kapal model tanpa fasilitas *air cushion*.**

Kapal model dengan *tunnel* yang diberi pengarah zig zag dalam berbagai variasi besarnya penampang keluaran, masih kurang efektif dibandingkan dengan kapal model tanpa tunnel.

Modifikasi dilakukan dengan merubah bentuk penampang tunnel dari persegi menjadi setengah lingkaran. Pada percobaan dengan input tegangan motor 8 Volt dan 10 Volt kecepatan kapal model lebih tinggi. Namun pada tegangan 12 Volt dan 14 Volt kecepatan kapal model kembali turun. Dapat dianalisa pembuatan lubang tunnel pada dasar kapal dibuat legok kedalam seperti mengeruk air yang lewat masuk kedalam tunnel, sangat efektif kalau air yang masuk dan air yang keluar tunnel lancer tanpa hambatan. Pada waktu kapal model mendapat power 12 volt keatas, kecepatan kapal model meningkat sehingga air yang masuk ke tunnel

makin banyak dan keluarnya terhambat dengan luas penampang keluar yang lebih kecil. Hal ini membuat kapal model bergerak tidak leluasa, terhambat oleh tunnel.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Besarnya aliran yang masuk ke baling-baling tidak serta merta meningkatkan unjuk kerja baling-baling, ada yang perlu diperhitungkan mengenai sudut masuk dan luas area yang akan terkena aliran dari *tunnel*.
2. Kapal model dengan fasilitas *air cushion* yang dipasang *tunnel* dan diberi pengarah zig zag mampu meningkatkan kecepatan kapal secara signifikan.
3. Kapal model tanpa fasilitas *air cushion* yang dipasang *tunnel* dan diberi pengarah zig-zag dalam percobaan ini belum efektif dibandingkan dengan kapal model tanpa tunnel. Hal ini disebabkan pembuatan tunnel pada bagian dasar kapal yang menyebabkan air seperti di keruk dengan keluaran yang lebih kecil, larinya kapal terhambat.

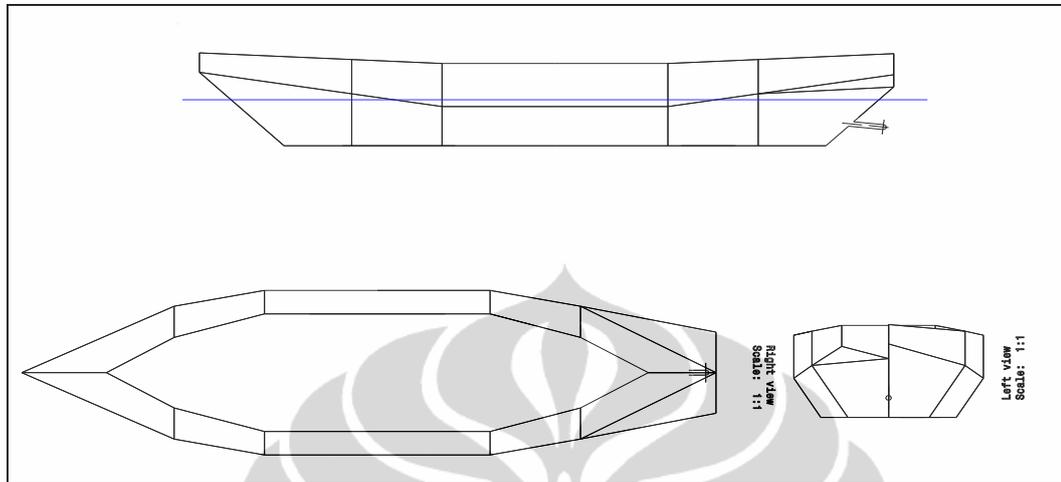
#### 5.2 Saran.

1. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai kapal dengan *tunnel* yang diberi pengarah zig-zag, lubang tunnel pada dasar kapal dibuat rata dengan dasar kapal, sehingga tidak menimbulkan hambatan tersendiri. Pengaruh pengarah zig zag ini cukup menarik untuk dunia perkapalan dan perlu dikembangkan lebih lanjut interaksinya dengan propeller yang mempunyai jumlah daun lebih dari dua.
2. Penelitian selanjutnya menggunakan tunnel tunggal keluarannya sejajar as propeller dengan as propeller sebagai titik tengahnya. Penerapan tunnel tunggal ini tidak memerlukan pengarah lagi, dari segi hambatan akan lebih baik.
3. Untuk meningkatkan dorongan aliran air dalam tunnel dapat dipasang sebuah propeller didalam tunnel tersebut. Propeller ini dipasang secara seri dengan propeller penggerak kapal, dengan demikian fungsinya sebagai “Turbo Charge “ Propeller.

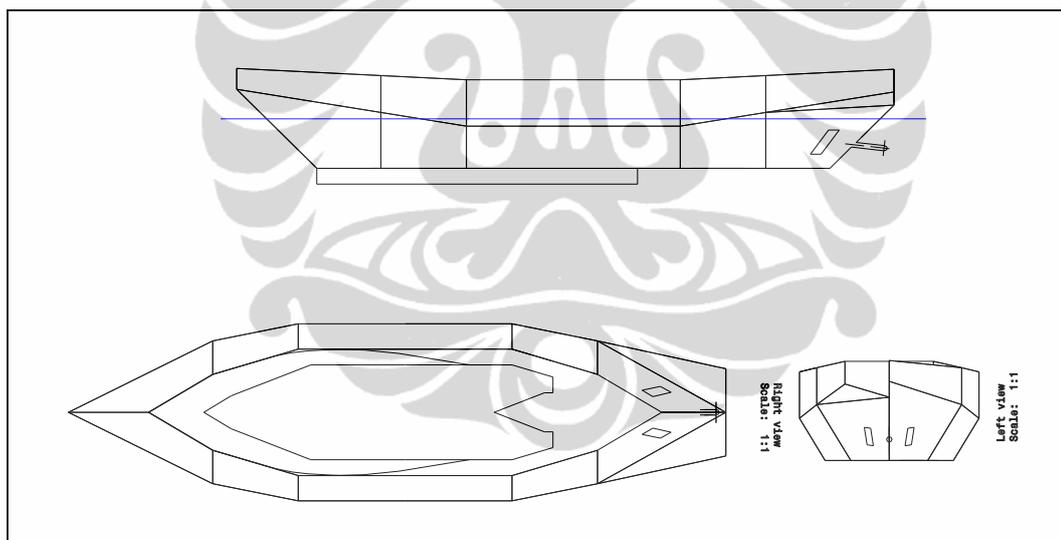
**DAFTAR PUSTAKA**

- Harvald, Sv. Aa. *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Airlangga University Press. Surabaya.1992.
- Bertram, Volker. *Practical Ship Hydro Dynamics*. Butterworth Heinemann. Oxford. 1999.
- Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi. *Mekanika Fluida Edisi Keempat Jilid 2*. Erlangga. Jakarta. 2002.
- H. Schneekluth, V. Bertram. *Ship Design for Efficiency and Economy Second Edition*. Butterworth Heinemann. Oxford. 1998.
- Emin Korkut. *A case study for the effect of a flow improvement device ( a partial wake equalizing duct) on ship powering characteristics*. 2005. Science Direct: Ocean Engineering 33 (2006) 205 – 218.
- Fahri Celik. *A numerical study for effectiveness of a wake equalizing duct*. 2007. Science Direct: Ocean Engineering 34 (2007) 2138 – 2145.

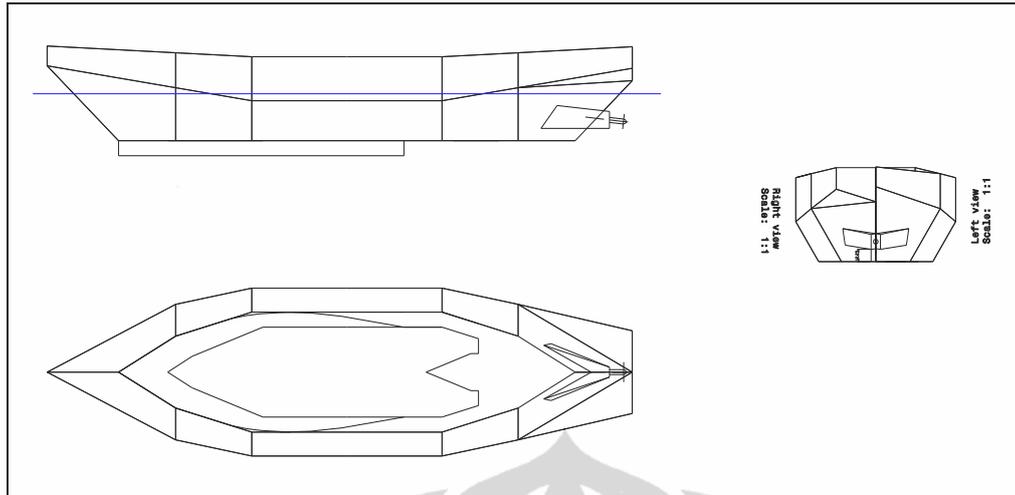
## LAMPIRAN



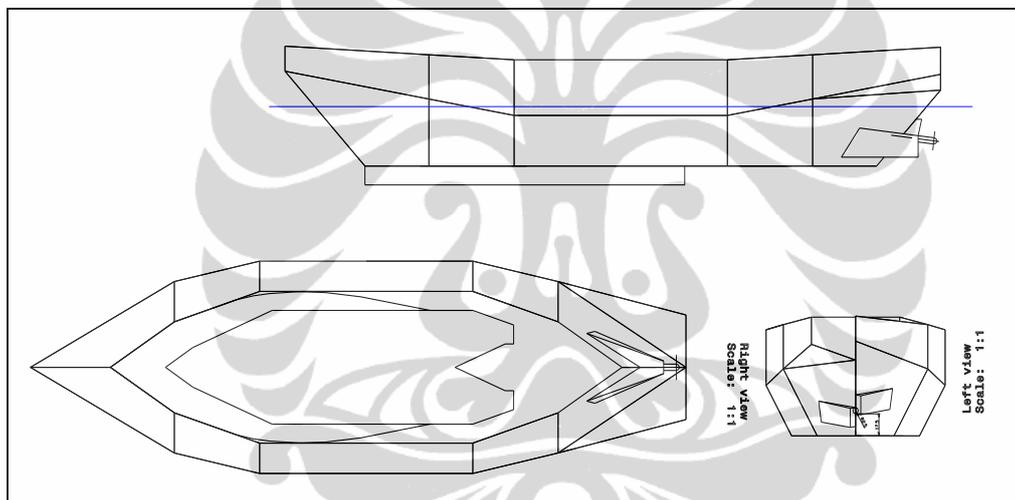
Gambar *Lines Plan* kapal model tanpa tunnel.



Gambar *Lines Plan* kapal model dengan tunnel.



Gambar *Lines Plan* kapal model dengan *tunnel* pengarah penuh.



Gambar *Lines Plan* kapal model dengan *tunnel* pengarah zig - zag.