



UNIVERSITAS INDONESIA

**UJI COBA KAPAL MODEL 3 METER DI DANAU DENGAN
PENGGERAK MOTOR LISTRIK 500 WATT/48 VOLT**

SKRIPSI

ADI LINGSON

0806338153

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JULI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**UJI COBA KAPAL MODEL 3 METER DI DANAU DENGAN
PENGGERAK MOTOR LISTRIK 500 WATT/48 VOLT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ADI LINGSON

0806338153

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JULI 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 : Adi Lingson

NPM : 0806338153

Tanda Tangan :



Tanggal : 19 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Adi Lingson
NPM : 0806338153
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Uji Coba Kapal Model 3 Meter di Danau dengan
Penggerak Motor Listrik 500 watt/48 volt

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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 : 19 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Kuasa, yang senantiasa memimpin perjalanan hidup penulis, secara khusus selama menjalankan masa studi di Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Syukur pula atas kasih dan karunia yang dianugerahkan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Topik yang diangkat merupakan salah satu isu yang banyak dibahas ditengah-tengah dunia saat ini, yaitu mengenai solusi masalah krisis energi, khususnya di Indonesia. Harapannya, semoga skripsi ini bisa menginspirasi setiap pembacanya untuk bisa membangun produk yang memiliki manfaat yang besar dan ramah lingkungan.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar nantinya skripsi ini menjadi bermanfaat bagi penulis dan pembacanya. Penulis juga menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangat sulit untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, secara khusus saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Hadi Tresno Wibowo, M.T selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membagikan ilmu dan pengalamannya serta menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ir. Sunaryo, Ph.D selaku pembimbing akademis yang selama masa perkuliahan sangat banyak membimbing penulis dalam menjalani masa studi di program studi Teknik Perkapalan.
3. Ir. M. A. Talahatu, MT, Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M.Eng, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen pada program studi Teknik Perkapalan yang telah membagikan ilmu dan pengalamannya.

4. Orang tua saya terkasih, Harlas Simanungkalit dan Rinna M. Siregar yang selalu mengasahi dan memberikan dukungan spiritual, material dan moral.
5. Almer Ibnu Farhan selaku rekan penelitian yang turut membantu dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Rekan-rekan satu tim Juragan Kapal, Sanlaruska F, M. Primadya, M. Faishal yang tetap solid dan terus berjuang bersama dalam menjalankan bisnis serta mendukung penulisan skripsi dan mentoleransi kesibukan penulis selama masa skripsi.
7. Sahabat terbaik di ToBaGa, Jusak S.F. Siahaan, Moses Josua Manurung, Vincencius Simamora, Dian Coryokto Damanik, Frans P.A.M Situmorang yang senantiasa saling mendukung dalam menjalankan perkuliahan selama ini dan penyusunan skripsi penulis.
8. Pak Tri selaku pemilik bengkel ‘YOSSI MOTOR’ yang membantu dalam pembuatan alat penelitian dan memberikan bimbingan yang sangat bermanfaat bagi penulis untuk memahami desain dari alat yang dibangun.
9. Sabda Hotdipatupa, Vaul Brian Hutaauruk, Peter Kolbert Hutapea, dan Pither Simanjuntak yang senantiasa membantu dalam masa pembuatan alat dan pengujian alat selama masa skripsi
10. Sahabat teknik perkapalan dan teknik mesin yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Kuasa memberkati semua pihak yang telah disebutkan diatas dan skripsi ini bisa membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Depok, 19 Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Adi Lingson
NPM : 0806338153
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 Kapal Model 3 Meter di Danau dengan Penggerak Motor Listrik 500 watt/48 volt

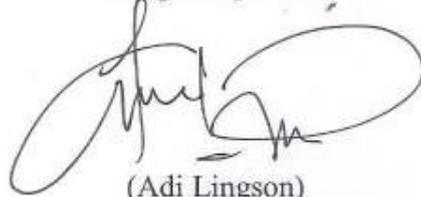
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 19 Juni 2012

Yang menyatakan,



(Adi Lingson)

ABSTRAK

Nama : Adi Lingson

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul : Uji Coba Kapal Model 3 Meter di Danau dengan Penggerak Motor
Listrik 500 watt/48 volt

Karakteristik kapal memiliki peranan yang sangat penting untuk menunjang kecepatan operasi khususnya pada sistem propulsi kapal. Penggunaan motor listrik sebagai tenaga penggerak kapal mempunyai tingkat efisiensi tinggi karena penggunaan motor listrik dapat menghilangkan nilai emisi pada kendaraan, menghasilkan suara yang halus, dan tidak membutuhkan bahan bakar fosil sehingga mampu menjadi solusi dari masalah krisis energi yang terjadi di Indonesia. Instalasi motor listrik pada kapal pelat datar (*flat hull*) dapat menjadi alternatif untuk pengujian kecepatan kapal. Namun hambatan kapal ini cukup besar dibandingkan dengan kapal berbentuk *streamline*. Untuk itu perlu adanya mekanisme modifikasi sistem propulsi untuk mengurangi tahanan yang terjadi. Salah satunya dengan menggunakan *water tunnel*. Tujuan penelitian ini adalah melihat efektifitas penggunaan motor listrik sebagai tenaga penggerak kapal serta meningkatkan distribusi aliran yang melewati baling-baling kapal dengan pemasangan water tunnel yang akan berpengaruh terhadap kecepatan kapal.

Kata kunci : Kapal Pelat Datar , Motor listrik, Sistem propulsi, Kecepatan, *Water Tunnel*.

ABSTRACT

Name : Adi Lingson
Study Program : Naval Architecture
Title : The test of 3 metre model ship on lake with 500 Watt/48 Volt Electric Motor Driver

Characteristics of ship has very important role to support the operation speed especially in a ship propulsion system. Trial of electric motor as a ship propulsion has high degree of efficiency. It is because using of electric motor can eliminate vehicle's emission, result the smooth voice, and don't require fossil fuel, so that it's can be solution of the problem of energy crisis that occurred in Indonesia. Installation of electric motor on flat hull ship design can be an alternative to testing speed of the ship. But ship resistance is more large compared to the streamline's vessel. So that modification of propulsion system mechanism is needed to reduce the resistance that occurs by the using a water tunnel. The purpose of this research are to know effectivity of using electric motor for ship propulsion and to improve flow distribution through to the ship's propeller with a water tunnel that will affect speed of the ship.

Keywords: Flat Hull Ship, Electric Motor, Propulsion System, Velocity, 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.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Metodologi Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penulisan	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Sistem Kerja Kapal Motor Listrik.....	11
2.1.1 Konfigurasi Motor Listrik.....	12
2.2 Perancangan Sistem Propulsi Motor Listrik.....	12
2.3 Desain Konsep Model Kapal Motor Listrik.....	15
2.3.1. Deskripsi Operasi Kapal Motor Listrik.....	15
2.3.2. Parameter Kapal Motor Listrik	15
2.4 Embodiment Design si Pada Sistem Penggerak.....	16
2.4.1. Arsitektur Desain	16

2.4.2. Konfigurasi Desain dan Parameter Desain	16
2.5 Detail Desain.....	17
2.6 Tahanan dan Kecepatan Kapal.....	18
2.7 Gaya Dorong Kapal.....	19
2.8 Daya Dorong Kapal.....	19
2.9 Efisiensi Pada Sistim Penggerak.....	21
2.10 Prinsip Kerja	24

BAB 3 RANCANGAN MODEL KAPAL DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK DAN PROSEDUR PENGUJIAN..... 16

3.1 Komponen Sistim Kontrol	26
3.2 Komponen Masukan Sistem Kontrol.....	26
3.2.1 Sensor Putaran.....	26
3.2.2 Sensor Handel Akselerator.....	28
3.3 Komponen Keluaran Sistem Kontrol.....	27
3.3.1 Motor Listrik.....	28
3.4 Sistim Penyimpanan Energi	29
3.5 Pembuatan Kapal Model.....	29
3.5.1 Desain Kapal Model.....	29
3.5.2 Bentuk Rancangan Kapal Model	30
3.5.3 Proses Pembuatan Kapal Model.....	31
3.5.4 Instalasi Sistim Propulsi Motor Listrik	32
3.5.5 Bentuk Rancangan <i>water tunnel</i>	37
3.5.6 Detail spesifikasi Model Kapal Motor Listrik dengan <i>Water Tunnel</i>	37
3.5.7 Hasil Rancangan Model Kapal Motor Listrik.....	38
3.6 Rancangan Alat Uji.....	39
3.6.1 Kolam Uji di danau kenanga Universitas Indonesia.....	40
3.6.2 <i>Stopwatch Digital</i>	41
3.7 Uji Coba Kapal Model	41
3.8 Langkah Pengujian.....	41

BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA	43
4.1 Pengolahan Data.....	43
4.1.1 Percobaan Kecepatan dengan Variasi Putaran.....	43
4.1.1.1 Kombinasi Gir Motor #36 dan Gir Poros <i>Propeller</i> #28	44
4.1.1.2 Kombinasi Gir Motor #36 dan Gir Poros <i>Propeller</i> #14	45
4.1.1.3 Kesimpulan Data Kapal Model dengan <i>Water Tunnel</i> ditutup	46
4.1.2 Percobaan Kecepatan dengan Variasi Putaran saat <i>water tunnel</i> dibuka.....	47
4.1.2.1 Kombinasi Gir Motor #36 dan Gir Poros <i>Propeller</i> #28	47
4.1.2.2 Kombinasi Gir Motor #36 dan Gir Poros <i>Propeller</i> #14	47
4.1.2.3 Kesimpulan Data Kapal Model dengan <i>Water Tunnel</i> ditutup	48
4.1.3 Simulasi Hambatan Metode Holtrop dengan Software Maxsurf	50
4.2 Analisa Data.....	54
BAB 5 PENUTUP.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
DAFTAR REFERENSI.....	59

DAFTAR TABEL

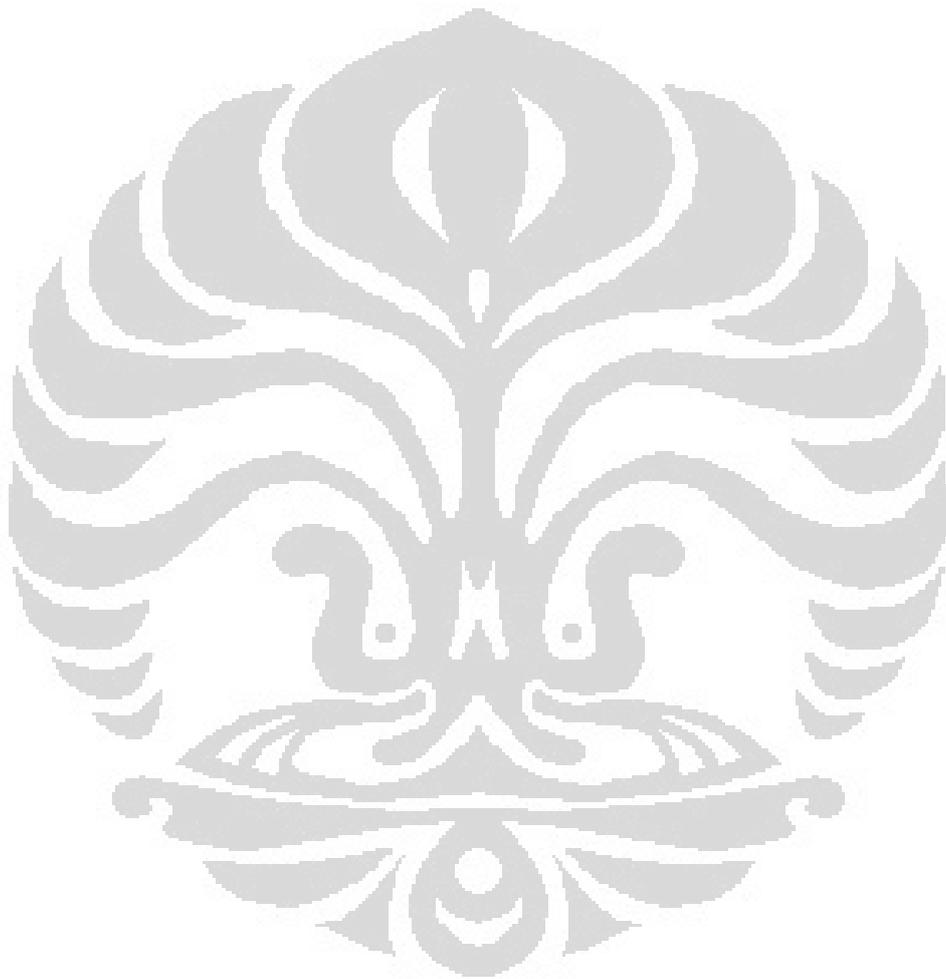
Tabel 1. 1 Spesifikasi Model Kapal	8
Tabel 4. 1 Kombinasi Gir Motor #36 dan Gir Poros <i>Propeller</i> #28	46
Tabel 4. 2 Kombinasi Gir Motor #36 dan Gir Poros <i>Propeller</i> #14	46
Tabel 4. 3 Tabel hasil pengukuran kecepatan tiap putaran pada <i>tunnel</i> ditutup	47
Tabel 4. 4 Kombinasi Gir Motor #36 dan Gir Poros <i>Propeller</i> #28 <i>tunnel</i> terbuka ...	48
Tabel 4. 5 Kombinasi Gir Motor #36 dan Gir Poros <i>Propeller</i> #14 <i>tunnel</i> terbuka ...	49
Tabel 4. 6 Tabel hasil pengukuran kecepatan tiap putaran pada <i>tunnel</i> dibuka.....	49
Tabel 4. 7 Data kapal berdasarkan analisa <i>Holtrop</i> pada <i>maxsurf</i>	52
Tabel 4. 8 Hubungan nilai kecepatan (v) dengan hambatan total (R_T) dari <i>Maxsurf</i> .	53
Tabel 4. 9 Perbandingan nilai kecepatan (v) dengan hambatan total (R_T) dari <i>Maxsurf</i> analisis pada kecepatan percobaan	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rancangan badan kapal serta profil buritan untuk kapal dengan gading lurus (patah – patah).....	2
Gambar 1. 2 <i>Types of Energy Saving Devices</i>	2
Gambar 1. 3 <i>Fuel saving diagram by quotes 35 container ship 2500 TEU</i>	3
Gambar 1. 4 <i>Wake equalizing duct (WED)</i>	4
Gambar 1. 5 Diagram Alir penelitian kecepatan kapal	10
Gambar 2. 1 Konfigurasi motor listrik <i>trekko</i>	13
Gambar 2. 2 Diagram Alir Perancangan Sebuah Produk.....	14
Gambar 2. 3 Arsitektur desain	17
Gambar 2. 4 Motor listrik.....	18
Gambar 2. 5 Detail desain rancangan model kapal motor listrik.....	19
Gambar 2. 6 Grafik karakteristik tahanan kapal	19
Gambar 2. 7 Gaya–gaya yang bekerja pada sistem penggerak kapal	21
Gambar 2. 8 Distribusi arus ikut.....	24
Gambar 2. 9 Sistematika aliran air WED.....	25
Gambar 3. 1 Alat ukur sensor putaran	28
Gambar 3. 2 Handel Akselerator.....	29
Gambar 3.3 Motor Listrik dan <i>Motor Driver</i>	29
Gambar 3.4 Baterai GS Astra Hybrid NS70	30
Gambar 3.5 Desain kapal model dengan <i>water tunnel</i> dibuka.....	30
Gambar 3.6 Desain kapal model dengan <i>water tunnel</i> ditutup	31
Gambar 3.7 Rancangan tiga dimensi menggunakan <i>software CATIA®</i>	31
Gambar 3.8 Buka kulit rancangan kapal menggunakan <i>software AutoCAD®</i>	32
Gambar 3.9 Gambar adaptor motor dipasang pada motor listrik.....	33
Gambar 3.10 Dudukan motor listrik pada kapal	34
Gambar 3.11 <i>Gearset system</i>	34
Gambar 3.12 Rumah Bearing.....	35
Gambar 3.13 Poros dan Baling-baling kapal	35
Gambar 3. 14 Rumah <i>accu</i>	36
Gambar 3. 15 Kemudi kapal	36

Gambar 3. 16 Dimensi <i>rudder</i> (dalam satuan mm).....	37
Gambar 3. 17 Sistim <i>rudder</i>	37
Gambar 3. 18 Desain <i>water tunnel</i>	38
Gambar 3. 19 Tampak atas <i>water tunnel</i> terpasang di kapal	38
Gambar 3. 20 Kapal model percobaan.....	39
Gambar 3. 21 Kapal model dengan <i>water tunnel</i> yang ditutup	39
Gambar 3. 22 Kapal model dengan <i>water tunnel</i> dibuka.....	39
Gambar 3. 23 Kolam uji tarik di dalam <i>prototype</i> kapal	41
Gambar 3. 24 <i>Stopwatch Digital</i> dengan menggunakan <i>Handphone</i>	42
Gambar 4. 1 Pengujian kecepatan kapal	44
Gambar 4. 2 Gir pada baling-baling kapal	45
Gambar 4. 3 Gir ukuran #28 dan #14.....	45
Gambar 4. 4 Kombinasi gir motor #36 dan gir poros propeller #28.....	45
Gambar 4. 5 Kombinasi gir motor #36 dan gir poros propeller #14.....	46
Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara putaran gir poros propeler yang dipakai terhadap kecepatan yang dihasilkan pada kapal dengan kondisi water tunnel ditutup	47
Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara putaran gir poros <i>propeller</i> yang dipakai terhadap kecepatan yang dihasilkan pada kapal dengan kondisi water tunnel dibuka.....	50
Gambar 4. 8 Model kapal pada <i>software maxsurf</i>	50
Gambar 4. 9 <i>Frame of reference maxsurf software</i>	51
Gambar 4. 10 Pemilihan metode analisa data hambatan kapal.....	51
Gambar 4. 11 Grafik hubungan antara kecepatan kapal (v) terhadap hambatan total (R_T) kapal dengan <i>software maxsurf</i>	53
Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara ukuran gir poros propeler yang dipakai terhadap kecepatan yang dihasilkan pada kapal dengan kondisi water tunnel ditutup.	54
Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara ukuran gir poros <i>propeller</i> yang dipakai terhadap kecepatan yang dihasilkan pada kapal dengan kondisi water tunnel dibuka.....	55

Gambar 4. 14 Grafik perbandingan kecepatan yang dihasilkan oleh kapal dengan 2 variasi putaran pada kondisi *water tunnel* dibuka dan *water tunnel* ditutup..... 55



BAB 1

PENDAHULUAN

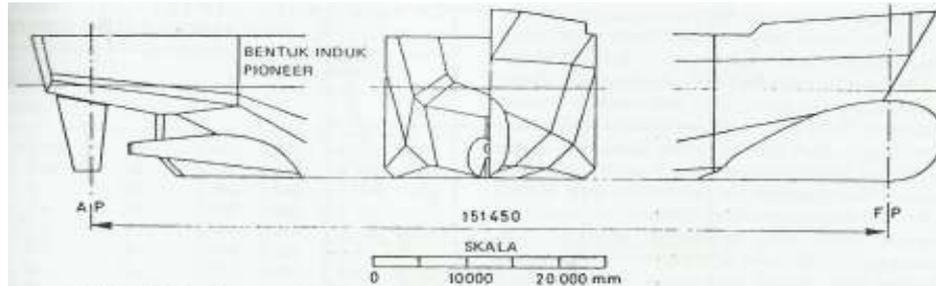
1.1 Latar Belakang Masalah

Kapal menjadi salah satu alat transportasi yang penting dalam menunjang berbagai bidang kegiatan di Indonesia. Oleh sebab itu dibutuhkan kapal-kapal yang mampu menjawab kebutuhan pengangkutan perairan secara baik dan efektif. Untuk mencapai hal tersebut tentu karakteristik dari kapal memiliki peranan yang sangat penting. Salah satu bagian di kapal yang perlu mendapat perhatian khusus adalah sistim propulsi kapal karena nilai ekonomis dari suatu kapal ditentukan pula dari kemampuan operasi kapal.

Sudah banyak *research* yang dilakukan untuk memodifikasi desain kapal bahkan untuk menghasilkan desain kapal baru yang sesuai dengan kondisi perairan Indonesia. Salah satunya adalah kapal pelat datar (*flat hull ship*).

Kapal pelat datar (*flat hull*) merupakan salah satu bentuk kapal alternatif selain kapal berbentuk lengkung (*streamline*). Kapal ini mengedepankan teknologi penggunaan pelat datar pada konstruksi lambung kapal untuk menyederhanakan konstruksi, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk kapal lebih cepat dan biaya produksi kapal dapat ditekan pula dibandingkan dengan kapal dengan bentuk lambung lengkung (*streamline*).

Kapal ini pertama kali dirancang oleh Prof. Gallin dari TU Delft pada tahun 1977–1979 untuk kapal kontainer bernama “*Pioneer*”. Banyak uji model yang dilakukan terhadap rancangan ini dengan mengatur posisi patahan (sambungan) sedemikian 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 besarannya 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 berbentuk *streamline*. [1]

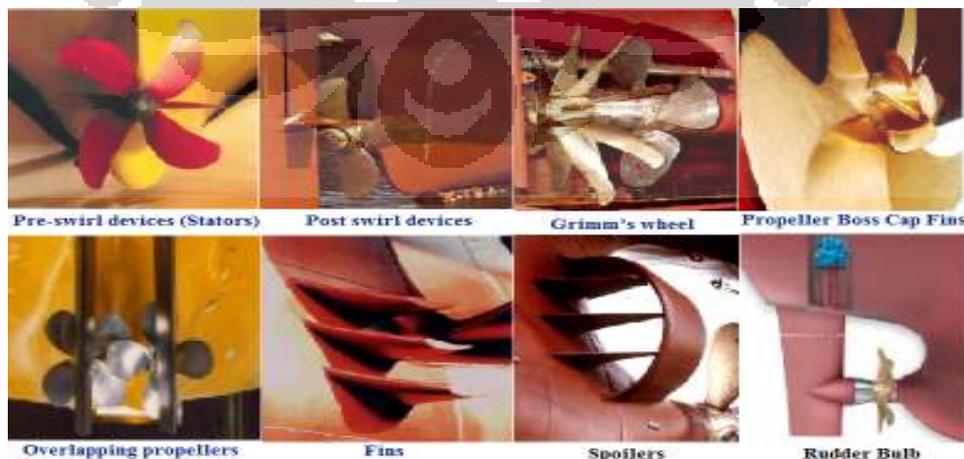


Gambar 1.1. Rancangan badan kapal serta profil buritan untuk kapal dengan gading lurus (patah – patah)

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

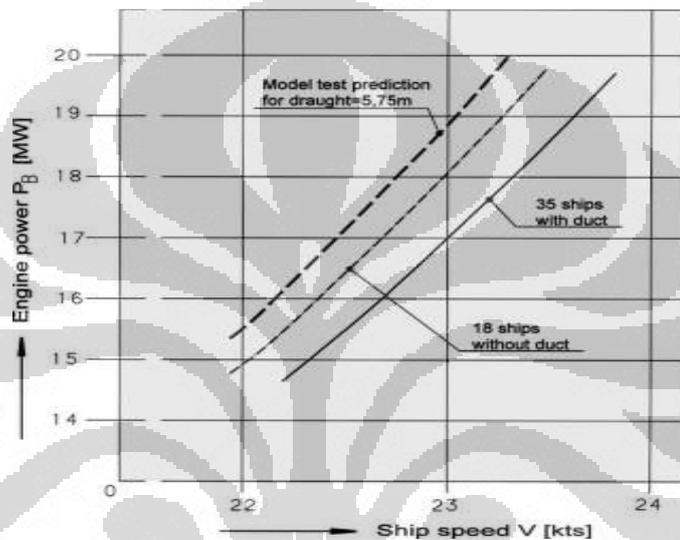
Dengan adanya tahanan sebesar 6% lebih tinggi dibanding kapal berbentuk lengkung (*streamline*), tentu diperlukan modifikasi untuk memperbaiki nilai tahanan kapal.

Pada lambung kapal, pemisahan aliran (*flow separation*), khususnya pada bagian buritan kapal menunjukkan terjadinya pemisahan antara aliran laminar dan turbulen. Pemisahan aliran ini yang menyebabkan distribusi aliran fluida pada daerah daun *propeller*, khususnya pada bagian atas, menjadi tidak rata, hal inilah yang dapat mengurangi efisiensi propulsi. Oleh karena itu, tentu diperlukan suatu cara mengoptimasi kerja sistim propulsi tanpa perlu adanya penambahan energi baru yang bisa dilakukan melalui mekanisme modifikasi untuk mengurangi tahanan yang terjadi. Beberapa aplikasi dari sistim propulsi untuk mengurangi tahanan dan penghematan energi diantaranya; *wake equalizing ducts* (*Schneekluth*), *pre-swirl devices*, *post-swirl devices*, *grim wheel*, *boss cap fins*, *overlapping propellers*, *spoilers*, *rudder bulb*. [2]



Gambar 1.2. Types of Energy Saving Devices
(Marine Propulsion And Fuel Economy-MARIN)

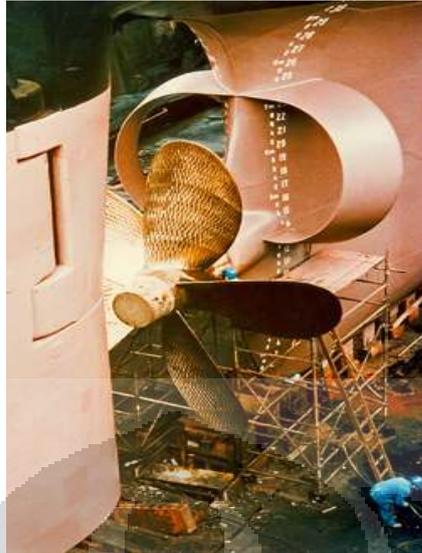
Salah satu cara yang paling populer digunakan saat ini *Wake Equalizing Ducts* (WED) yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1986 oleh Prof. Schneekluth. WED ini terdiri dari dua buah *nozzle duct* berbentuk setengah lingkaran dipasang pada sisi buritan kapal sebelum baling-baling. Sudah lebih dari 1500 kapal dilengkapi dengan WED dan dilaporkan mengalami penghematan yang signifikan dan keuntungan langsung secara ekonomis. Schneekluth melaporkan dapat menghasilkan *power saving* sampai 12 % yang aplikasinya melalui penghematan bahan bakar maupun peningkatan kecepatan. [3]



Gambar 1.3. *Fuel saving diagram by quotes 35 container ship 2500 TEU*
(<http://www.schneekluth.com>)

Hal ini disebabkan oleh pemasangan *Wake Equalizing Duct* berpengaruh pada kecepatan aliran fluida yang dihasilkan di daerah sebelum dan setelah propeller. Peningkatan kecepatan di daerah setelah propeller menunjukkan terjadinya peningkatan kecepatan *advance*. Dengan semakin meningkatnya kecepatan *advance*, maka *wake* yang dihasilkan semakin kecil. Dengan nilai *wake* yang semakin kecil, efisiensi propulsi yang dihasilkan akan semakin besar. [4]

Disamping itu, penggunaan WED pada kapal diketahui mampu mereduksi getaran sampai 50% dan penggunaannya pada kapal tidak memerlukan biaya berkala. Jadi penggunaan *Wake Equalizing Ducts* (WED) saat ini menjadi salah satu solusi terhadap perbaikan sistem propulsi kapal. [5]



Gambar 1.4. *Wake equalizing duct (WED)*
(<http://www.schneekluth.com>)

Pada penelitian kali ini, saya akan mengadopsi maksud dari *wake equalizing duct (WED)* dengan menerapkan sistem terowongan air dari bagian *bottom* kapal menuju buritan kapal dekat baling-baling (*water tunnel*) yang merupakan kelanjutan dari percobaan sebelumnya pada prototipe kapal pelat datar 60 cm. Percobaan ini dilakukan dalam rancangan kapal pelat datar dengan material baja. Tunnel berbentuk persegi dipasang pada sisi buritan kapal sebelum baling-baling. Cara ini diharapkan mampu mengoptimalkan aliran yang masuk ke daun baling-baling khususnya bagian atas sehingga meningkatkan energi kinetis. 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, mengoptimalkan arah aliran air menuju baling-baling sehingga *wake* yang dihasilkan semakin kecil.

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

Untuk menunjang penelitian diatas, tentu dibutuhkan kapal dengan sistim penggerak yang baik agar diperoleh kecepatan kapal yang memadai saat akan

dilakukannya pengambilan data perbedaan kecepatan kapal. Oleh sebab itu, penulis harus menyiapkan sistim penggerak kapal yang mampu bekerja secara otomatis.

Selama ini pengujian kecepatan, hambatan, maupun stabilitas model kapal di program studi Teknik Perkapalan UI masih banyak menggunakan pengujian tarik dengan media towing tank. Penulis merasa perlu untuk meneliti sistim penggerak kapal yang dapat dijadikan alternatif untuk menunjang penelitian seperti yang disebutkan diatas. Sehingga di waktu yang akan datang penelitian dapat menggunakan sistim penggerak yang mampu memberikan gaya dorong kapal yang dihasilkan dari sistim propulsi kapal itu sendiri sehingga hasil dari setiap pengujian diharapkan lebih aplikatif.

Saat ini sudah banyak kendaraan listrik yang dikembangkan di berbagai negara termasuk di Indonesia untuk mengurangi pemakaian bahan bakar minyak bumi. Kendaraan elektrik mempunyai tingkat efisiensi tinggi sehingga nantinya dapat menjadi solusi dari masalah energi khususnya di Indonesia. Disamping itu, penggunaan motor listrik dapat menghilangkan nilai emisi pada kendaraan (*zero emission*) dan penggunaan motor listrik juga menghasilkan suara yang halus bahkan cenderung tanpa suara.

Berdasarkan pertimbangan diatas, maka pada penelitian kali ini penulis akan menggunakan sistim motor listrik sebagai tenaga penggerak kapal percobaan. Melalui pengembangan kapal dengan penggerak motor listrik ini, penulis juga akan menilai apakah penggunaan motor listrik sebagai sistim propulsi di kapal khususnya untuk kapal-kapal pengoperasian di danau efektif untuk diaplikasikan. Sehingga di waktu yang akan datang penggunaan motor listrik ini dapat diaplikasikan pada kapal pengujian yang lebih besar dengan media pengujian danau sebagai towing tank.

Berdasarkan pemaparan diatas, penulis ingin melakukan penelitian mengenai kecepatan kapal dengan penggunaan *water tunnel* pada kapal pelat datar dengan penggerak motor listrik pada dua variasi nilai putaran poros baling-baling melalui mekanisme pengaturan ukuran gir yang dituangkan dalam bentuk karya tulis dengan judul:

“UJI COBA KAPAL MODEL 3 METER DI DANAU DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK 500 WATT/48 VOLT”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan diatas maka permasalahan yang dapat diambil yaitu:

- a. Efektifitas penggunaan motor listrik sebagai tenaga penggerak untuk pengujian kecepatan pada kapal di danau.
- b. Bagaimana pengaruh *water tunnel* pada kapal pelat datar terhadap kecepatan yang dihasilkan.
- c. Seberapa besar perbedaan nilai kecepatan laju kapal pada kapal dengan *water tunnel* dan kapal dengan *water tunnel* ditutup.

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah melihat efektifitas penggunaan motor listrik sebagai tenaga penggerak kapal terhadap kecepatan kapal serta untuk mengetahui pengaruh *water tunnel* terhadap kecepatan kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Melihat kemampuan penggunaan motor listrik sebagai tenaga pengerak kapal.
- b. Mengetahui besarnya nilai kecepatan kapal pelat datar dengan pemanfaatan *water tunnel* yang dibandingkan dengan nilai kecepatan saat *water tunnel* ditutup.
- c. Untuk memenuhi syarat kelulusan dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik Universitas Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Percobaan dilakukan di danau Kenanga UI sebagai tempat pengujian dengan panjang lintasan yang telah ditentukan dan sepuluh kali

pengambilan data untuk setiap variasi percobaan dengan peralatan yang dipersiapkan untuk pengambilan data.

2. Percobaan dilakukan dengan merancang dan membangun kapal model pelat baja 3 m dengan tebal 1.8 mm, pemasangan sistim motor listrik sebagai penggerak kapal dan pemasangan water tunnel sebagai alat yang diteliti pengaruhnya terhadap kecepatan kapal.
3. Percobaan dilakukan dengan menggunakan 2 variasi putaran pada motor listrik dengan cara merubah ukuran gir yang dipasang di poros *propeller* pada *gearset system* pada setiap percobaan dengan mempertahankan *multispeed handle* dalam kondisi maksimum.
4. Percobaan dilakukan pada dua kondisi, yaitu saat *water tunnel* dibuka dan *water tunnel* ditutup.
5. Parameter yang digunakan untuk menentukan pengaruh *water tunnel* dilakukan dengan pengujian kecepatan kendaraan. Parameter tersebut adalah: putaran motor listrik dan putaran poros *propeller*.
6. Penelitian ini tidak membahas konstruksi kapal dan detail sistim kontrol dari motor listrik.
7. Percobaan dilakukan pada kondisi air tenang dan dicatat dengan *stopwatch digital* dengan ketelitian 0,000 sekon.
8. Analisa yang dilakukan adalah mengenai efektifitas penggunaan motor listrik pada penelitian kecepatan kapal dan pengaruh *water tunnel* terhadap kecepatan kapal model.

1.5 Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian ini dibagi secara sistematis yang dilakukan dengan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada tahap awal dilakukan identifikasi terhadap kapal rancangan yang akan dijadikan percobaan dan sistem propulsi yang akan digunakan yang diperoleh dari studi literatur berupa buku literatur, jurnal penelitian, dan pencarian lewat artikel terkait di internet. Penjelasan dari literatur tersebut diantaranya:

- Penjelasan mengenai karakteristik motor listrik pada umumnya
- Cara instalasi sistem mekanikal dari motor listrik
- Pengaruh perubahan kecepatan aliran yang melewati baling-baling terhadap efektifitas propulsi kapal

2. Pembuatan kapal model serta perancangan motor penggerak

Perancangan dan pembuatan kapal model memakai desain kapal pelat datar dengan panjang kapal 3 m terbuat dari baja tebal 1,8 mm yang dilas dan kemudian diselesaikan dengan pengecatan. Kapal dilengkapi baling-baling ukuran 4 inch dan motor penggerak berupa motor listrik 48 V dan daya maksimum 500 watt. Kapal model dilengkapi sebuah *water tunnel* yang menghubungkan dasar kapal dengan sisi buritan kapal dekat bagian atas *propeller*.

3. Percobaan di danau kenanga UI.

Percobaan di danau kenanga UI digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian.

- Percobaan dilakukan dengan menggunakan kapal model pelat datar dengan spesifikasi:

Tabel 1.1 Spesifikasi Model Kapal

Panjang (L)	300	cm
Lebar (B)	74	cm
Tinggi (H)	31	cm
Draft (T)	20	cm
Skala	1:1	

Percobaan dilakukan dengan melakukan uji gerak dengan mengalirkan arus pada motor listrik. Aliran listrik diperoleh dari *accu* 12 volt 65 AH sejumlah 4 buah yang disusun secara seri sehingga diperoleh tegangan total 48 volt dan ampere sebesar 65 Ah. Variasi putaran diatur oleh *handle system* yang saat pengujian dikondisikan pada posisi maksimum pada motor listrik yang terhubung pada kontroler dan *gearset system* yang diinstalasi pada motor listrik. Proses pengambilan kecepatan dilakukan dengan

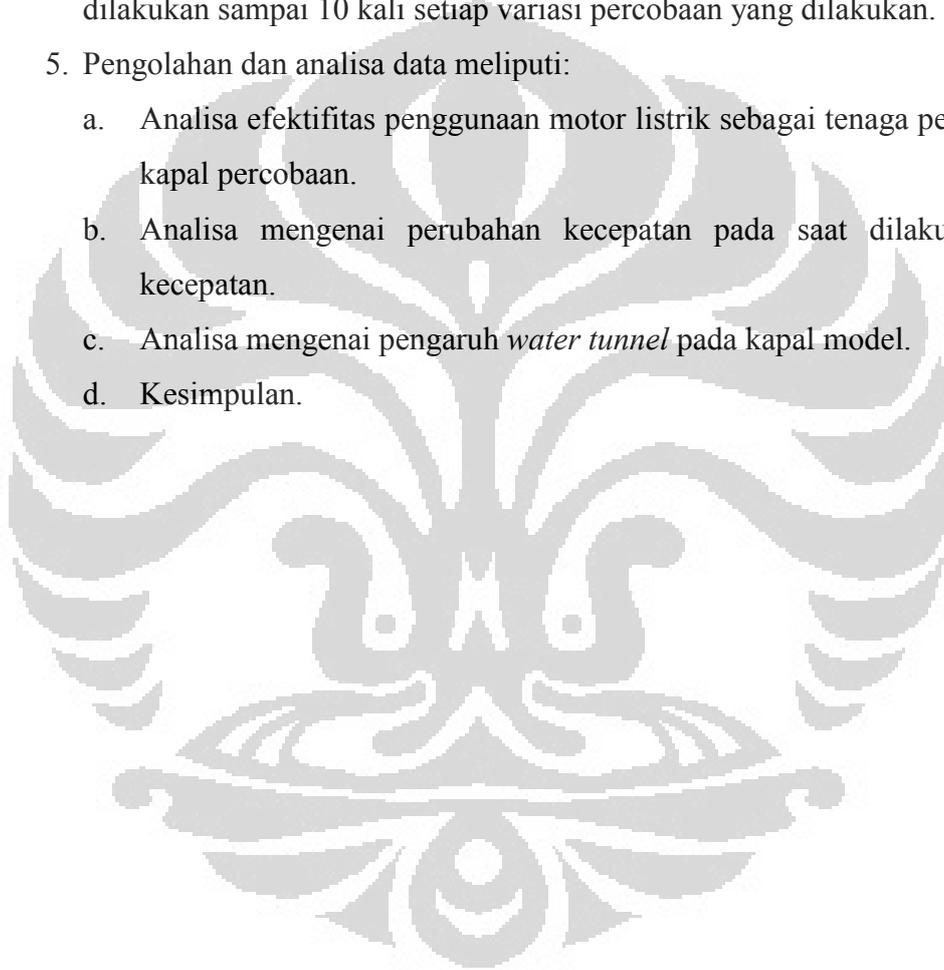
menggunakan *stopwatch digital* dengan jarak lintasan yang ditentukan.

4. Pengumpulan data

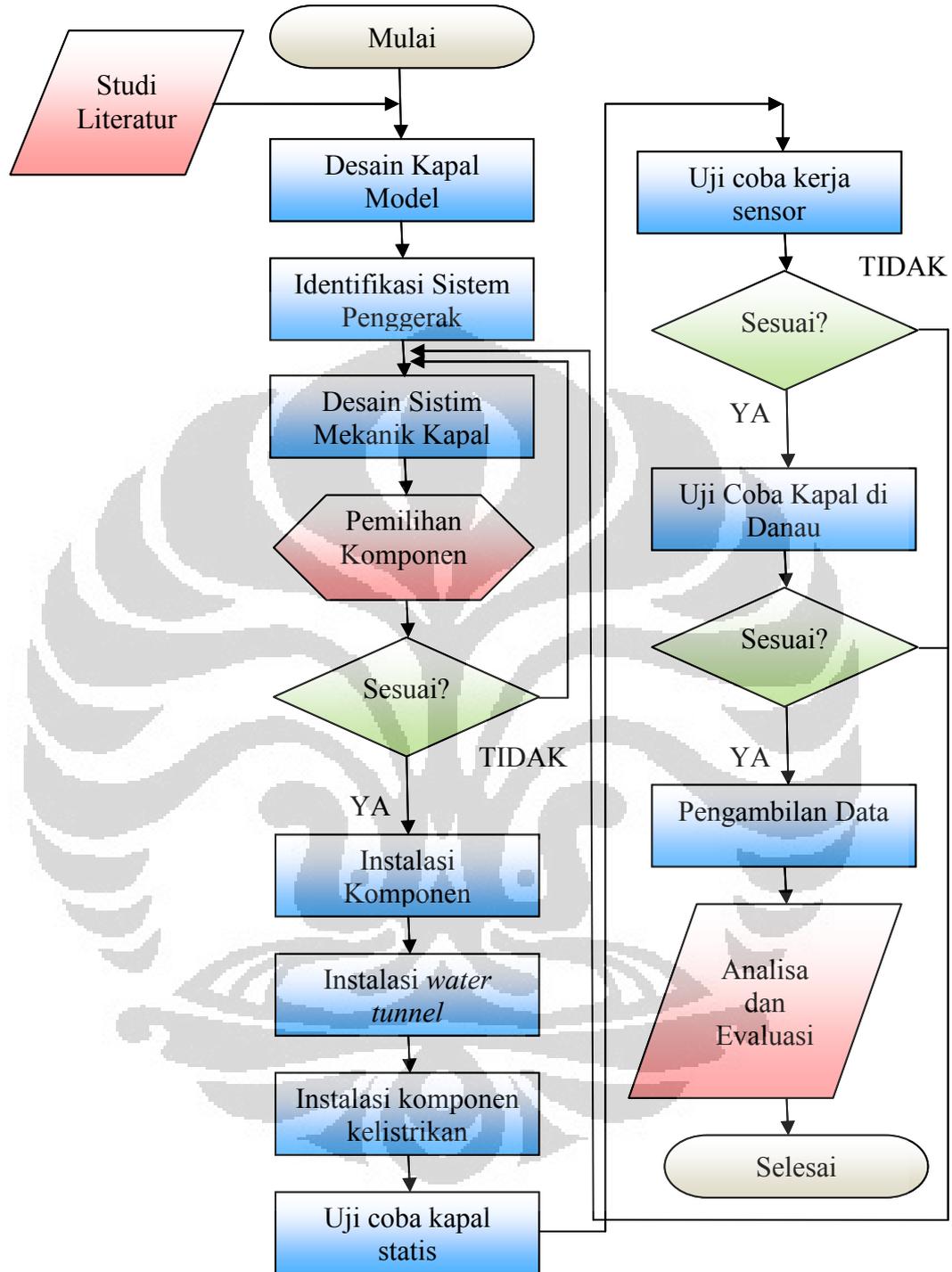
Pengujian kapal model dilakukan melalui proses pengambilan data waktu tempuh kapal pada jarak tertentu untuk mendapatkan kecepatan kapal model yang akan dibandingkan. Data diambil menggunakan pengukur *stopwatch digital* dengan ketelitian 0,000 sekon. Pengambilan data dilakukan sampai 10 kali setiap variasi percobaan yang dilakukan.

5. Pengolahan dan analisa data meliputi:

- a. Analisa efektifitas penggunaan motor listrik sebagai tenaga penggerak kapal percobaan.
- b. Analisa mengenai perubahan kecepatan pada saat dilakukan uji kecepatan.
- c. Analisa mengenai pengaruh *water tunnel* pada kapal model.
- d. Kesimpulan.



Berikut diagram alir penelitian yang dilakukan:



Gambar 1.5. Diagram Alir penelitian kecepatan kapal

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

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

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3. RANCANGAN ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

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

BAB 4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

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

BAB 5. PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kerja Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama:

1. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
2. Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
3. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ *torque* untuk memutar kumparan.
4. Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Percobaan kecepatan kapal pelat datar dengan material baja ini menggunakan motor listrik DC sebagai tenaga penggerak kapal. Pada motor listrik DC, motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

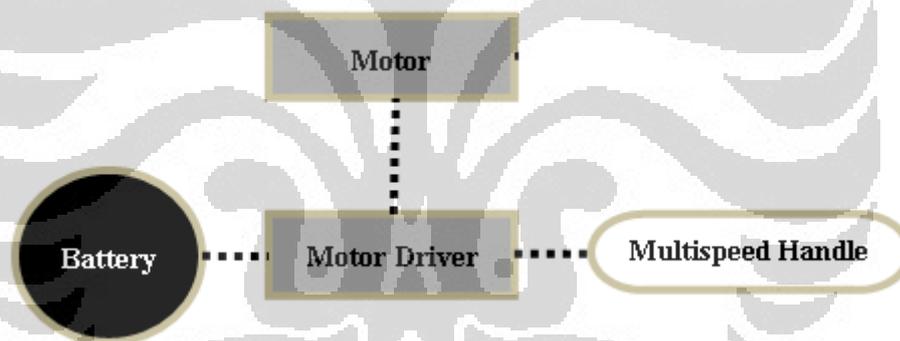
- Tegangan dinamo; meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan
- Arus medan; menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Untuk aplikasi motor listrik pada kapal, sumber daya yang dihasilkan dari motor listrik ditransmisikan ke putaran baling-baling melalui mekanisme pengaturan gir. Motor listrik dapat dikontrol oleh *multispeed* untuk variasi putarannya dan dengan pengaturan besar gir pada dinamo dan poros baling-baling, putaran yang ditransmisikan sampai ke baling-baling dapat divariasikan baik diperbesar maupun diperkecil. Sehingga besarnya putaran pada baling-baling dapat diatur sesuai dengan kebutuhan kecepatan kapal. Penggunaan motor listrik sebagai penggerak yang dihubungkan dengan mekanisme rantai menuju poros baling-baling memiliki parameter masukan berupa:

- Putaran motor
- Putaran baling-baling

2.1.1 Konfigurasi motor listrik

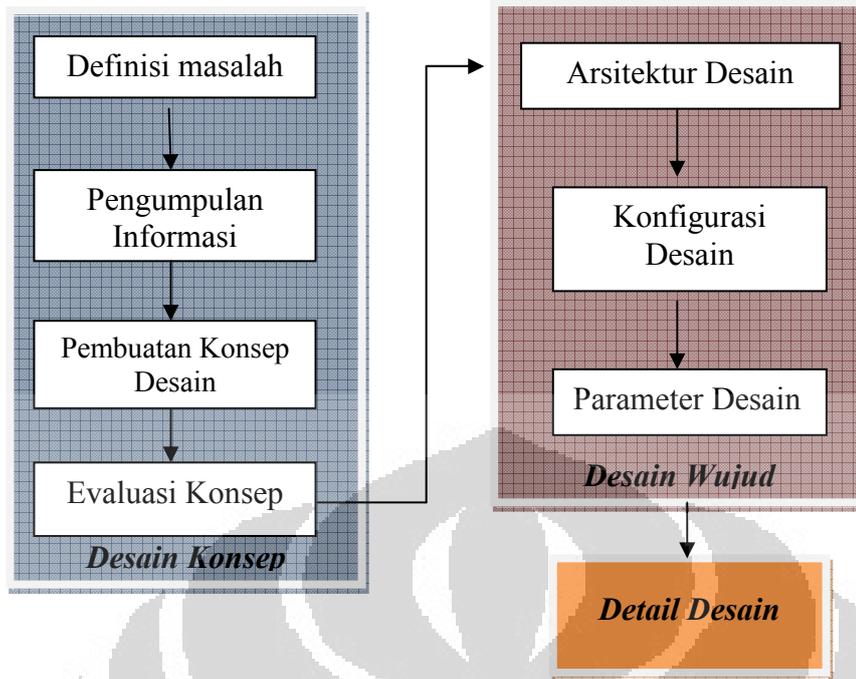
Pada penelitian ini digunakan motor listrik merk *Trekko* yang merupakan bagian dari komponen kendaraan motor listrik, yaitu dinamo yg terpasang pada *velg* kendaraan motor. Motor listrik mendapatkan pasokan energi listrik dari baterai (*accu*). Pada motor listrik, sebuah kontroler mengatur besaran daya yang digunakan untuk mensuplai motor listrik. Konfigurasi ini sederhana karena motor listrik digunakan untuk menggerakkan baling-baling dan tidak dibutuhkan transmisi, karena motor listrik dapat dikontrol melalui *multispeed*. Namun untuk meningkatkan besarnya nilai putaran yang disuplai ke baling-baling juga untuk mempertahankan pengambilan data secara konsisten dibuat pengaturan besar gir pada motor listrik yang terintegrasi pada gir pada poros baling-baling.



Gambar 2.1. Konfigurasi motor listrik *trekko*

2.2 Perancangan Sistem Propulsi Motor Listrik

Pada perancangan model kapal berpengerak motor listrik ini dilakukan menggunakan metodologi perancangan pada umumnya yakni mulai dari desain konsep yang terdiri dari pemilihan sistem penggerak sampai dengan detail desain. Setiap proses perancangan haruslah dilakukan dengan baik sehingga desain mampu untuk dilakukan manufaktur dan perakitan dengan baik. Dibawah ini adalah diagram alir untuk perancangan dari sebuah produk:



Gambar 2.2. Diagram Alir Perancangan Sebuah Produk

Pada fase *conceptual design* terdapat proses pemilihan beberapa alternatif solusi yang mungkin melalui sebuah penilaian yang akan memperkecil lingkup dari solusi yang akhirnya diperoleh solusi terbaik yang memenuhi kebutuhan dan keinginan. Pada fase ini dibagi beberapa tahapan yakni:

1. Definisi masalah:

Pada tahap ini beberapa masalah yang timbul diidentifikasi sehingga dapat didefinisikan dalam pernyataan yang menjelaskan pencapaian sebuah desain. Didalamnya melibatkan spesifikasi yang akan dicapai, batasan-batasan dan analisa dari produk.

2. Pengumpulan informasi:

Dalam melakukan perancangan sebuah produk perlu mencari informasi yang mendukung dari produk tersebut agar rancangannya menjadi tepat sasaran, beberapa informasi yang dapat dicari adalah produk yang pernah dibuat, teknik instalasi produk, informasi standar, informasi tentang teknologi yang dapat diterapkan dalam perancangan sehingga hasil rancangan dapat tepat guna.

3. Pengembangan konsep desain:

Beberapa alternatif konsep dibuat berdasarkan penyelesaian dari permasalahan yang telah dirumuskan.

4. Evaluasi konsep:

Setiap konsep dipilih berdasarkan penilaian dengan memperhitungkan terpenuhinya kebutuhan dari spesifikasi, kemampuan untuk dilakukan manufaktur dan terpenuhinya keinginan dari desainer. Setiap konsep dievaluasi sehingga muncul konsep yang paling baik.

Fase *embodiment design* dilakukan setelah sebuah konsep ditemukan dan dipilih. Pada fase ini merupakan perwujudan dari konsep yang memperhatikan segi fungsi seperti jenis material, dimensi, bentuk, dan kesesuaian dari tata letak dan ruang serta hubungan antara setiap fungsinya. Didalam fase ini terdapat pula tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Arsitektur Desain:

Sejumlah komponen digambarkan menjadi modul-modul yang mempunyai tugas dan fungsi tertentu yang tergabung menjadi satu dan saling berhubungan yang karakteristik hubungannya haruslah didefinisikan sehingga masing-masing modul dapat bekerja dengan optimal dan akhirnya keseluruhan modul menjadi sebuah sistem desain.

2. Konfigurasi Desain:

Pada tahap ini ditentukan beberapa fitur yang akan digunakan dan bagaimana fitur-fitur tersebut tersusun sehingga dapat diperiksa terhadap batasan ruang dan fungsinya dan dapat dilakukan simulasi dan pemodelan pada tahap ini.

3. Parameter Desain

Parameter desain ditentukan pada tahap ini antara lain dimensi yang pasti dari part, material yang digunakan, proses manufakturnya, dan mencocokkan kesesuaian antara part dengan rakitannya.

Fase *Detail Design* merupakan final dari sebuah desain yakni berupa gambar model komputer 3D sehingga dari gambar tersebut tertera jelas hubungan antarkomponen yang telah divalidasi untuk memastikan setiap *part* bekerja sesuai dengan fungsinya. Pada *detail design* juga berisi informasi manufakturnya seperti dimensi, jenis material, dan komponen-komponen instalasi. Selain itu terdapat pula instruksi untuk perakitan dan *review* dari design.

Ketiga fase ini adalah dasar dari sebuah proses desain yang tentunya masih ada faktor lain yang mempengaruhi desain itu sendiri seperti aspek ekonomi, aspek manufaktur dan perakitan, pemeliharaan dan bagaimana kerja dari produk itu. Keseluruhan aspek tersebut dapat mempengaruhi sebuah desain yang tentunya akan terus mengalami perbaikan secara kontinyu agar sebuah produk menjadi semakin baik.

2.3 Desain Konsep Model Kapal Motor Listrik

2.3.1 Deskripsi Operasi Kapal Motor Listrik

Sistem propulsi dibutuhkan untuk melakukan kontrol terhadap gerakan dari sebuah kapal sehingga menghasilkan parameter keluaran yang sesuai dengan kondisi kecepatan kapal. Karakteristik kapal motor listrik ini nantinya mengandalkan sistem penggerak dengan motor listrik yang ditransmisikan ke baling-baling kapal dengan transmisi rantai. Perubahan/perpindahan gigi akan dilakukan secara manual. Motor listrik yang dipakai menggunakan transmisi rantai untuk meneruskan daya ke gir yang terhubung dengan poros baling-baling kapal.

2.3.2 Parameter Kapal Motor Listrik

Kapal motor listrik yang akan dibangun memiliki parameter antara lain parameter masukan yang berupa:

- Kecepatan putaran dinamo
- Kecepatan putaran baling-baling
- Kecepatan kapal

dan parameter keluarannya adalah:

- Pada saat kapal mulai berjalan, posisi bukaan gas dibuka penuh maka motor listrik akan berputar dengan rpm maksimum.
- Perubahan kecepatan kapal divariasikan dengan mengubah nilai putaran baling-baling dengan cara perubahan besar gir poros baling-baling pada transmisi rantai.

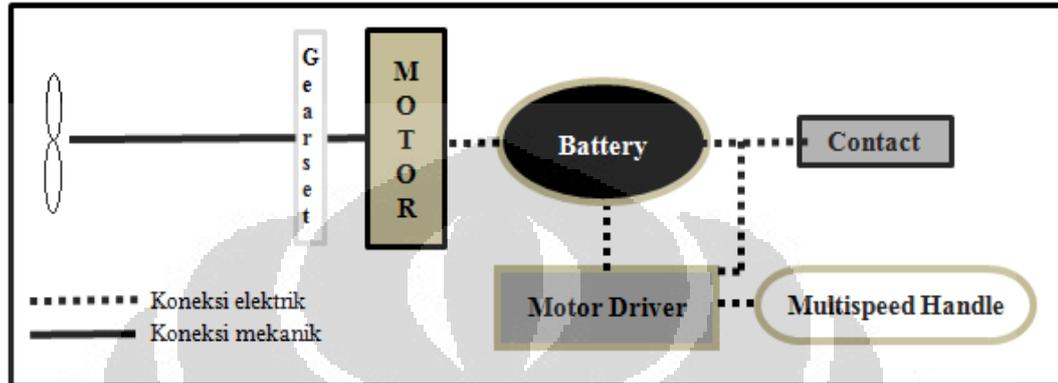
Dari rumusan masalah yang ada maka dapat digunakan untuk melakukan desain konsep dari kapal motor listrik.

2.4 Embodiment Design

Perwujudan dari desain konsep dibagi menjadi beberapa tahap yakni:

2.4.1 Arsitektur Desain

Tahap ini disusun sebuah arsitektur produk untuk sistem kontrol prototipe kendaraan hibrida terlihat seperti gambar ini:



Gambar 2.3. Arsitektur desain

Pada sistem propulsi model kapal motor listrik sebuah kontroler akan berfungsi sebagai pengatur daya yang diterima oleh motor listrik. Parameter keluarannya berupa besar putaran motor listrik. Adapun yang menjadi dasar pengambilan keputusan tersebut sudah di program pada kontroler tersebut, sehingga kontroler motor listrik ini merupakan otak dari sistem motor listrik yang digunakan.

Terdapat pula *relay/skring* yang berfungsi untuk memutus arus listrik bila terjadi hubungan singkat (*short*) ataupun kelebihan arus (*over current*) sehingga melindungi dinamo maupun kontroler motor listrik agar tidak terbakar. *Skring* yang digunakan F10A 500V. Artinya tegangan yang diperbolehkan mengalir melalui sekering tersebut adalah maksimal sebesar 500 Volt dan arus listriknya maksimal sebesar 10 Ampere, jika arus dan tegangan listrik mengalir di atas nilai tersebut, maka skring akan terputus secara otomatis.

2.4.2 Konfigurasi Desain dan Parameter Desain

Pada tahap ini dilakukan penentuan dimensi dan tata letak ruang dari komponen mekanik dan instalasi komponen elektrik yang dipilih agar semua komponen dapat dipasangkan pada kapal model. Komponen yang dipilih merupakan komponen yang ada dipasaran dan mudah didapat antara lain motor

listrik, sistem transmisi rantai, dan sistim rudder. Sistem propulsi berupa motor listrik seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.4. Motor listrik

Sebuah motor listrik dipakai untuk menggerakkan poros *propeller* kapal. Motor listrik yang digunakan adalah motor listrik DC, sistim propulsi kapal ditransmisikan dengan menggunakan sistem transmisi rantai dan dipasang dua buah gir, yaitu pada motor dan pada poros baling-baling untuk mengubah nilai putaran poros baling-baling sesuai dengan kecepatan yang diinginkan pada saat kapal beroperasi. Dari konfigurasi ini maka kendaraan dapat bergerak secara murni dengan mode elektrik. Beberapa komponen yang perlu ditambahkan didesain kemudian pada tahapan detail desain.

2.5 Detail Desain

Detail desain merupakan tahap akhir dari perancangan ini. Informasi detail desain adalah berupa gambar kerja lengkap. Dalam pengerjaan detail desain dibantu dengan menggunakan software *google sketchup*. Setelah detail desain maka dilakukan proses manufaktur dari setiap komponen dan dilakukan pembelian beberapa suku cadang standar dan setelah semua komponen tersedia dapat dilakukan perakitan sesuai dengan gambar instruksi perakitan yang telah dibuat. Namun pada tahap ini ada beberapa bagian yang mengalami revisi saat proses manufaktur untuk memperbaiki tata letak dan ruang di kapal, fungsi, dan kemudahan dalam manufaktur.

Gambar 2.5. detail desain rancangan model kapal motor listrik

2.6 Tahanan dan Kecepatan Kapal

Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa hingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. *Resistance* merupakan istilah yang disukai dalam hidrodinamika kapal, sedangkan istilah *drag* umumnya dipakai dalam aerodinamika dan untuk benda benam. Dengan menggunakan definisi yang dipakai ITTC, selama memungkinkan, komponen tahanan secara singkat berupa:

1. Tahanan Gesek
2. Tahanan Sisa
3. Tahanan Viskos
4. Tahanan Tekanan
5. Tahanan Tekanan Viskos
6. Tahanan Gelombang
7. Tahanan Tekanan Gelombang
8. Tahanan Pemecahan Gelombang

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

dimana :

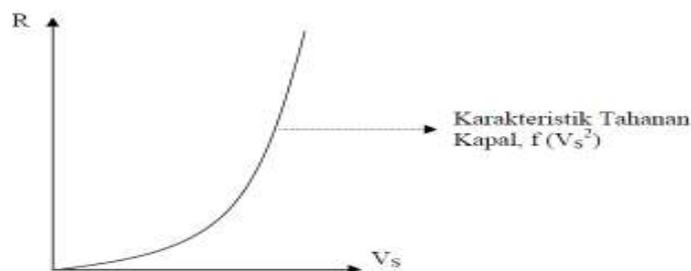
ρ = massa jenis fluida (Kg/m³);

C_T = koefisien tahanan total kapal;

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

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

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



Gambar 2.6. Grafik karakteristik tahanan kapal (Adji,S.W ,2005)

$$C_T = (C_F(1+k) + C_A) \frac{R_W}{W} W \quad (2.3)$$

$$C_F = \frac{0,075}{(\text{Log}R_n - 2)^2} \quad (2.4)$$

$$C_F = \frac{V * Lwl}{v} \quad (2.5)$$

2.7 Gaya Dorong Kapal

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

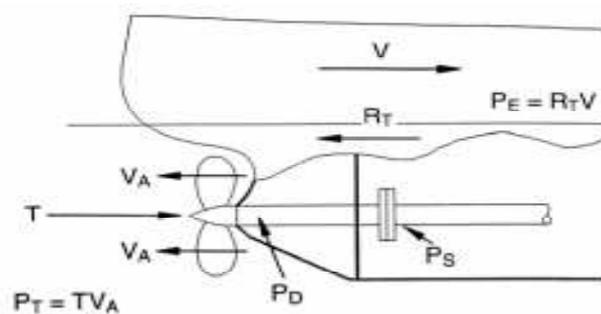
$$T = \frac{R}{1-t} \quad (2.6)$$

dimana t adalah *thrust deduction factor*.

2.8 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 keluaran 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 2.7. Gaya-gaya yang bekerja pada sistem penggerak kapal
(Adji, S.W, 2005)

a. Daya Efektif (P_E)

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

$$P_E = R_T * V_s \quad (2.7)$$

dimana :

P_E = Daya efektif, dalam satuan kWatt

R_T = Gaya hambat total, dalam satuan kN

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

b. Daya Dorong (P_T)

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

$$P_T = T * V_a \quad (2.8)$$

dimana :

P_T = Daya dorong, dalam satuan kWatt

T = Gaya dorong, dalam 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 :

$$P_D = 2 * \pi * Q * N_P \quad (2.9)$$

dimana:

P_D = Daya yang disalurkan, dalam satuan kWatt

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

N_P = Putaran baling-baling, dalam satuan rps

d. Daya Poros (P_S)

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

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

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

$$P_B = 2 * \pi * M * N \quad (2.10)$$

dimana :

M = torsi yang disalurkan dari mesin penggerak ke poros.

N = putaran mesin penggerak.

2.9 Efisiensi Pada Sistem Penggerak

Sistem penggerak kapal memiliki beberapa definisi tentang daya yang ditransmisikan mulai dari daya yang dikeluarkan oleh motor penggerak hingga daya yang diberikan oleh alat gerak kapal ke fluida sekitarnya. Rasio dari daya-daya tersebut sering dinyatakan dengan istilah *efisiensi*, meskipun untuk beberapa hal sesungguhnya bukanlah suatu nilai konversi daya secara langsung.

a. Efisiensi Lambung (η_{HULL})

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

$$\eta_{HULL} = \frac{P_E}{P_T} \quad (2.11)$$

$$\eta_{HULL} = \frac{R.V}{T.V_a} = \frac{R/T}{V_a/V} \quad (2.12)$$

$$\eta_{HULL} = \frac{1-t}{1-w} \quad (2.13)$$

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

$$t = 1 - \frac{R}{T} \quad (2.14)$$

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,

$$w = 1 - \frac{V_a}{V_s} \quad (2.15)$$

dimana:

w = *wake fraction* (fraksi arus ikut)

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

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

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

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

$$\eta_T = \frac{P_E}{P_I} = \frac{P_E}{P_T} * \frac{P_T}{P_D} * \frac{P_D}{P_B} * \frac{P_B}{P_I} \quad (2.16)$$

dimana :

P_I = Indikator daya dari mesin penggerak

Atau,

$$\eta_T = \eta_H * \eta_B * \eta_s * \eta_m \quad (2.17)$$

dimana :

η_H = Efisiensi Badan Kapal

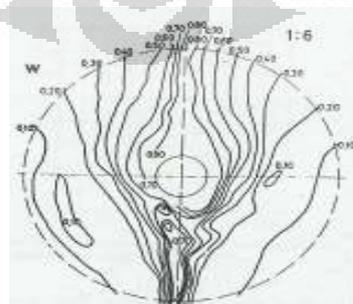
η_s = Efisiensi Poros

η_M = Efisiensi Mekanis

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

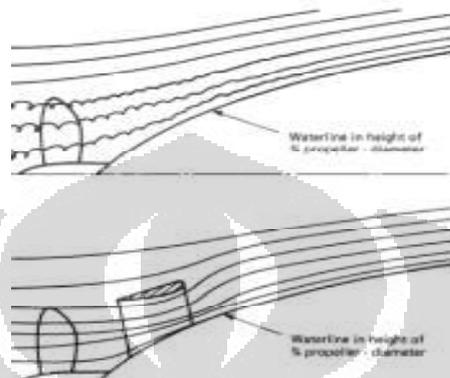
$$\eta_B = \frac{P_T}{P_D} = \frac{T * V_a}{2 * \pi * Q * n} \quad (2.18)$$

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 2.8. Distribusi arus ikut
(Harvald, SV.AA, 1983)

Gambar 2.8 menunjukkan distribusi arus ikut sangat melebar pada diskus baling-baling sebelah atas, dibandingkan distribusi arus ikut pada diskus baling-baling sebelah bawah. Hal ini yang menjadi salah satu alasan Prof. Schneekluth menempatkan *wake equalizing duct* pada bagian atas. Berikut adalah gambaran aliran *wake equalizing duct*:



Gambar 2.9. Sistematika aliran air WED

(Prof. Schneekluth, 1998)

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

$$W = \frac{V - V_A}{V} \quad (2.19)$$

dimana :

V = kecepatan kapal.

V_A = kecepatan arus yang masuk ke baling-baling.

Dengan mengecilnya w , maka V_A menjadi lebih besar; dengan bertambah besarnya V_A , maka efisiensi baling-baling juga meningkat, seperti Pers. (2.18):

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

2.10 Prinsip Kerja

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\frac{1}{2} V_2^2 = \frac{1}{2} V_1^2 + T \cdot V_A \left(\frac{t - w}{1 - w} \right) \quad (2.20)$$

Dimana,

P_0 = tekanan atmosfer.

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

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

V_1 = kecepatan air masuk ke *water tunnel*.

V_2 = kecepatan air keluar dari *water tunnel*.

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

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

Besarnya V_2 , akan berpengaruh terhadap kecepatan air yang masuk ke *propeller*

V_A yang pada akhirnya mempengaruhi efisiensi *propeller*.

BAB 3

RANCANGAN MODEL KAPAL DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK DAN PROSEDUR PENGUJIAN

3.1 Komponen Sistem Kontrol

Kapal yang memiliki sistem propulsi memerlukan sebuah sistem kontrol yang baik sehingga dapat mengatur respon terhadap kondisi saat operasional kapal. Setiap keputusan yang diambil oleh sistem kontrol membutuhkan beberapa parameter masukan yang memadai.

Untuk memenuhi hal tersebut perlu adanya sensor yang digunakan untuk mengakomodasi setiap kondisi. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor untuk mengetahui kecepatan putaran motor dan poros propeler yang menggunakan sensor putaran.

Selain sensor sebagai parameter masukan perlu juga aktuator yang merupakan parameter keluaran yang berfungsi sebagai pengaktuator setiap keputusan yang diambil oleh prosesor.

- Motor listrik yang merupakan propulsi kapal percobaan dapat diatur nilainya melalui *multispeed handle* yang terintegrasi ke *motor driver* sehingga memperoleh kecepatan putaran motor yang variabel.
- Skring/relay digunakan untuk memutus arus listrik bila terjadi hubungan singkat (*short*) ataupun kelebihan arus (*over current*) sehingga melindungi motor maupun kontroler dari motor listrik agar tidak terbakar.
- *Kunci kontak* digunakan sebagai pemutus dan penghubung arus dari baterai ke motor listrik

3.2. Komponen Masukan Sistem Kontrol

3.2.1 Sensor putaran

Tachometer adalah suatu piranti yang memberikan output yang proporsional terhadap kecepatan putar. Kecepatan putaran digambarkan dalam putaran per menit (rpm). *Tachometer* yang modern menggunakan prinsip sinar laser, seperti sensor putaran yang digunakan dalam penelitian ini. Prinsip kerjanya

sederhana, yaitu berkas sinar laser ditembakkan pada benda kerja yang berputar dan display digital akan menunjukkan nilai putaran benda kerja. *Tachometer laser* yang digunakan yaitu merk HT-4100 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Display : 5 digit, 0.7" LCD
- Measuring range : 2.5 – 55,000 RPM
- Sampling time : 0.8 sec
- Accuracy : +/- (0.05%+1 digit)

Sensor ini memiliki kemampuan penyimpanan untuk nilai rpm terakhir secara otomatis pada setiap pengukuran. Saat pengujian kecepatan di danau, pengukuran dilakukan terhadap putaran motor kapal dan putaran gir poros baling-baling dengan cara memasang reflektor pada benda putar yang ingin diukur (motor dan gir poros baling-baling) lalu mengarahkan berkas laser dari *tachometer laser* ke arah reflektor, sehingga diperoleh nilai putaran dari benda berputar tersebut.



Gambar 3.1. Alat ukur sensor putaran

3.2.2 Sensor Handel Akselerator

Untuk mengontrol kecepatan putaran motor listrik digunakan sensor handel akselerator yang terhubung pada *motor driver*. Handel akselerator mempunyai tegangan keluaran antara 0 Volt – 4,5 Volt.



Gambar 3.2. Handel Akselerator

3.3. Komponen Keluaran Sistem Kontrol

Prototype kapal motor listrik ini menggunakan sebuah propulsi yakni motor listrik. Motor listrik merupakan parameter keluaran yang penting dan perlu diketahui karakteristiknya.

3.3.1. Motor Listrik

Motor listrik jenis DC digunakan dalam kendaraan ini, berdaya 500 W/48 V merek *Trekko*, motor ini dikemas dengan *motor driver*-nya dengan prinsip modulasi frekuensi untuk mengatur putaran motor. Motor driver memperoleh sinyal masukan berupa tegangan dari 0V-5V. Motor listrik ini mempunyai bentuk yang melekat terhadap roda, karena pada penggunaan umumnya daya dari motor listrik pada kendaraan *trekko* langsung ditransmisikan ke roda untuk menggerakkan kendaraan. Namun pada rancangan di kapal model ini, motor listrik diaplikasikan sebagai sistim mekanik untuk memutar baling-baling kapal melalui sistim transmisi rantai dengan pengaturan besar gir.

Gambar 3.3. Motor Listrik dan *Motor Driver*

3.4. Sistem Penyimpanan Energi

Sistem penyimpanan energi pada kendaraan ini menggunakan 4 buah baterai merek GS Hybrid tipe NS70 dengan tegangan 12 Volt dan kapasitas 65 Ah. Accu dipasang secara seri agar mendapatkan tegangan kerja sebesar 48 Volt DC untuk memenuhi spesifikasi dari motor listrik 500 W/48 V.

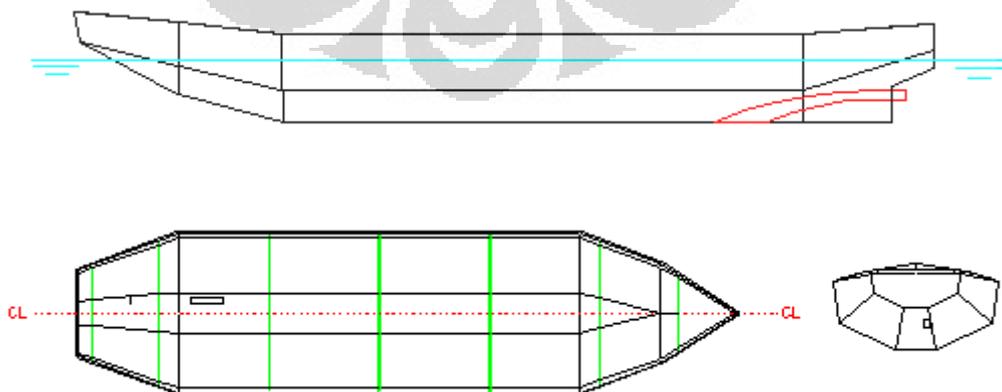


Gambar 3.4. Baterai GS Astra Hybrid NS70

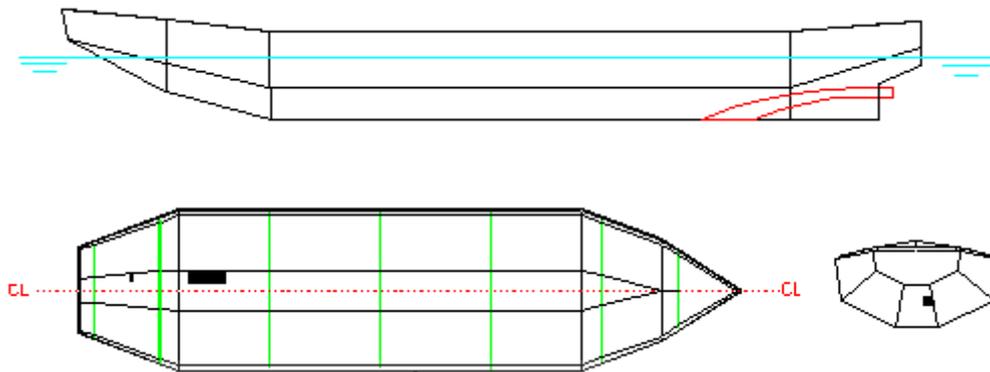
3.5 Pembuatan Kapal Model

3.5.1 Desain Kapal Model

Kapal model yang akan dilakukan pengujian adalah jenis kapal model berukuran panjang 300 cm, lebar 74 cm dan tinggi 31 cm. Dibangun dari material baja dengan tebal pelat 1.8 mm. Kapal ini dilengkapi dengan *water tunnel* dari *flat bottom* menuju ke dekat *propeller*. Kapal model kemudian akan digerakkan oleh motor listrik yang mendapat suplai arus dari *accu* dimana motor listrik memiliki daya 500 watt dengan voltase 48 volt. Dilengkapi dengan baling-baling dengan jumlah daun 3 berdiameter 4 inch yang terbuat dari bahan aluminium. Berikut adalah gambar rancangan kapal model yang diujikan:



Gambar 3.5. Desain kapal model dengan *water tunnel* dibuka

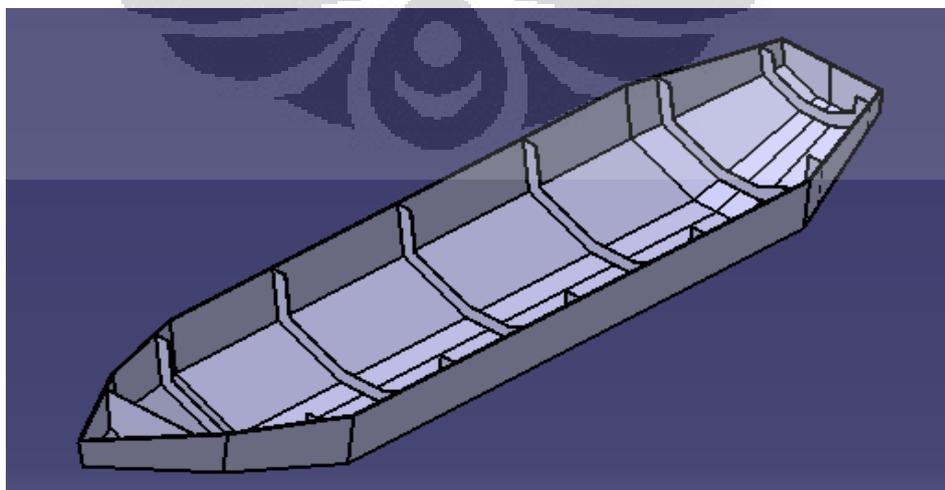


Gambar 3.6. Desain kapal model dengan *water tunnel* ditutup
(Pengolahan penulis menggunakan software AutoCAD®)

3.5.2 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. Melalui gambar 3D ini, interpretasi dari bentuk dan desain kapal dapat dilihat. Dalam pembuatan rancangan ke dalam bentuk gambar dibantu menggunakan software CATIA®. Dengan software kapal rancangan dibuat menjadi sebuah gambar tiga dimensi lengkap dengan peletakan gading-gading kapal yang nantinya akan membantu saat akan perakitan lambung kapal. Disamping itu keunggulan dari software ini adalah lambung kapal yang sudah dibentuk dapat dicetak langsung bukaan kulitnya.

Berikut gambar model 3D kapal model yang diujikan:



Gambar 3.7. Rancangan tiga dimensi menggunakan *software CATIA®*



Gambar 3.8. Bukaankulit rancangan kapal menggunakan *software AutoCAD®*

3.5.3 Proses Pembuatan Kapal Model

Proses pembuatan kapal model membutuhkan waktu sekitar 2 minggu. Pembuatan kapal model material baja dengan tebal pelat 1.8 mm ini dilakukan di workshop manufaktur yang memiliki peralatan yang lengkap. Mulai dari mesin potong plasma (CNC), mesin las CO, serta alat untuk pengecatan kapal.

Berikut digambarkan langkah-langkah pembuatan kapal model pengujian:

- a. Hasil potongan gambar kapal yang berupa potongan pelat-pelat dan juga gambar gading-gading kapal yang akan dipasang dibuat pada software Auto CAD yang nantinya akan dibaca secara otomatis oleh *plasma cutting machine* untuk dipotong. Jarak antargading pada kapal rancangan ini adalah tiap 500 mm.
- b. Setelah pelat hasil potongan selesai, kapal mulai dirangkai dengan menyusun peletakan gading kapal terlebih dahulu yang dilanjutkan dengan pemasangan pelat-pelat. Gading berfungsi untuk memberikan bentuk pada kapal hasil rancangan sekaligus sebagai penguat kapal.
- c. Setiap proses perangkaian gading dan pemasangan pelat, potongan-potongan pelat tadi di las agar posisinya tidak lagi bergeser. Setelah semua bagian selesai di *assembly*, seluruh bagian sambungan dikapal dilas penuh sampai tidak ada lagi kebocoran pada bagian-bagian sambungan agar kapal nantinya kedap air.
- d. Setelah itu kapal di cat untuk melapisi seluruh bagian kapal sekaligus memberikan ketahanan pada kapal agar tidak mengalami korosi sekaligus untuk keindahan/estetika kapal.

Proses diatas merupakan pembuatan kapal model (kapal tanpa pemasangan motor listrik dan water tunnel), kemudian kapal model tersebut dilakukan

modifikasi pada bawah kapal dengan penambahan terowongan air (*water tunnel*), dan pemasangan mesin motor listrik untuk tenaga penggerak.

3.5.4 Instalasi Sistim Propulsi Motor Listrik

Setelah bentuk lambung kapal selesai dirakit, tahap berikutnya adalah instalasi sistim penggerak kapal. Penggerak kapal yang dipersiapkan untuk kapal pengujian ini adalah motor listrik. Tahap ini dimulai dengan mempersiapkan konsep desain yang meliputi tata ruang letak komponen yang akan diinstalasi, dimensi-dimensi komponen, material, serta fungsi. Berikut digambarkan setiap proses perakitan dan komponen-komponen instalasi motor listrik sebagai penggerak kapal.

1. Motor listrik

Pada kapal pengujian motor listrik dipasang pada bagian tengah kapal. Tahapan untuk memulai pemasangan motor listrik dikapal adalah dengan membuat dudukan gir pada motor listrik. Pada tahap ini dudukan gir tidak melewati proses pembubutan karena dudukan gir menggunakan adaptor motor.



Gambar 3.9. Gambar adaptor motor dipasang pada motor listrik

Setelah adaptor yang sesuai diperoleh, berikutnya adalah penguncian adaptor pada mesin motor listrik dengan cara pembuatan dudukan baut melalui pengeboran sehingga posisi adaptor dikunci dengan pemasangan baut pada motor listrik. Adaptor nantinya akan menjadi tempat pemasangan gir pada motor listrik. Setelah melalui bagian ini tahap berikutnya ialah membuat dudukan/rumah motor listrik. Terlebih dahulu diperkirakan posisi peletakan motor listrik pada kapal. Hal-hal yang diperhatikan dalam pembuatan dudukan motor listrik ini adalah ketinggian peletakan motor listrik, posisi center, dan jaraknya dari buritan kapal.



Gambar 3.10. Dudukan motor listrik pada kapal

2. Pengaturan gir (*gearset*)

Gir pada instalasi motor listrik ini berfungsi untuk mentransmisikan putaran yang dihasilkan motor listrik ke baling-baling kapal. Disamping itu dapat dilakukan pengaturan besar gir sehingga dapat memvariasikan putaran yang di distribusikan ke baling-baling kapal. Gir yang ditampilkan pada gambar dibawah terdiri dari dua buah ukuran yang diambil dari gir pada komponen sepeda motor. Keduanya dijadikan sebuah sistim yang menyatu dengan cara dilas dengan pemisah sebuah *bossing* dan *adaptor*. Nantinya kedua ukuran gir ini akan digunakan untuk keperluan pengambilan data.



Gambar 3.11. *Gearset system*

3. Rumah bearing untuk poros propeler

Pada pengujian ini terdapat rumah bearing yang nantinya akan menjadi tempat penumpu poros *propeler*. Penggunaannya menjadi sangat penting karena dalam pengerjaan poros *propeller*, kedudukan poros *propeller* dengan mesin induk adalah harus segaris atau dengan kata lain harus dalam satu garis sumbu. Jadi salah satu fungsi penggunaan rumah bearing ini adalah untuk menjaga kelurusan garis atau sumbu poros. Rumah bearing juga digunakan untuk mengurangi terjadinya getaran pada poros yang mengakibatkan berkurangnya efektifitas poros propeller juga untuk menghindari terjadinya deformasi pada poros propeller.



Gambar 3.12. Rumah *bearing*

4. Poros dan Baling-baling

Poros propeller merupakan salah satu bagian terpenting dari instalasi penggerak kapal. Putaran mesin ditransmisikan ke propeller melalui poros. Yang perlu diperhatikan dalam pengerjaan poros *propeller* adalah bahwa kedudukan poros propeller dengan mesin adalah harus segaris atau dengan kata lain harus dalam satu garis sumbu. Pada kapal ini, material yang digunakan untuk poros *propeller* adalah besi dengan diameter 17 mm dan panjang 940 mm dan *propeller* memiliki jumlah daun 3 dan diameter baling-baling 5 inch yang terbuat dari bahan aluminium.



Gambar 3.13. Poros dan Baling-baling kapal

5. Rumah Accu

Motor listrik mendapatkan pasokan energi listrik dari baterai (*accu*). *Accu* yang digunakan pada sistim penggerak ini sebanyak 4 buah untuk memenuhi kebutuhan dari motor listrik 48 V. *Accu* diletakkan diatas kapal. Untuk itu penting untuk membuat rumah *accu* pada kapal agar posisi peletakan *accu* menjadi efektif dan mampu menjalankan fungsinya dengan baik. Peletakan aki dibagi menjadi dua. Satu pada bagian buritan kapal dan satu lagi pada bagian tengah kapal. Hal ini untuk mencegah penumpukan beban di bagian buritan kapal yang menyebabkan kapal terlalu trim kebelakang. Rumah *accu* ini terbuat dari pelat besi dengan dimensi lebar 30 mm dan tebal 3 mm.

Gambar 3.14. Rumah *accu*

6. Kemudi Kapal

Kapal tentu harus memiliki suatu sistem yang mampu mengendalikan arah gerakannya saat sedang beroperasi. Pada kapal umumnya digunakan sebuah *rudder*. Oleh sebab itu *rudder* harus mampu dikendalikan oleh pengemudi kapal saat sedang beroperasi. Pada kapal ini digunakan sebuah stang sepeda yang diberi dua buah lengan yang terhubung dengan tali kawat. Tali kawat ini nantinya akan diteruskan sampai ke bagian buritan kapal tempat dipasangnya *rudder* kapal. Sehingga gerakan *rudder* dapat diatur dengan menggerakkan kemudi kapal.

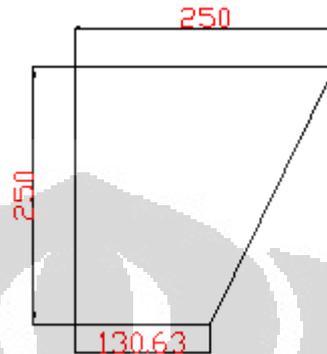
Pada stang ini juga dipasang sebuah kunci kontak yang diambil dari sebuah kunci kontak mobil *suzuki carry*. Kunci kontak digunakan sebagai pemutus dan penghubung arus dari baterai ke motor listrik. Disamping itu penggunaan stang juga sebagai tempat memasang *multispeed handle* yang terhubung dengan *motor driver*.



Gambar 3.15. Kemudi kapal

7. *Steering system*

Kapal menggunakan sebuah *rudder* yang terletak di bagian tengah buritan kapal. *Rudder* terbuat dari pelat besi yang memiliki tebal 1 mm. Ukuran *rudder* adalah sebagai berikut:



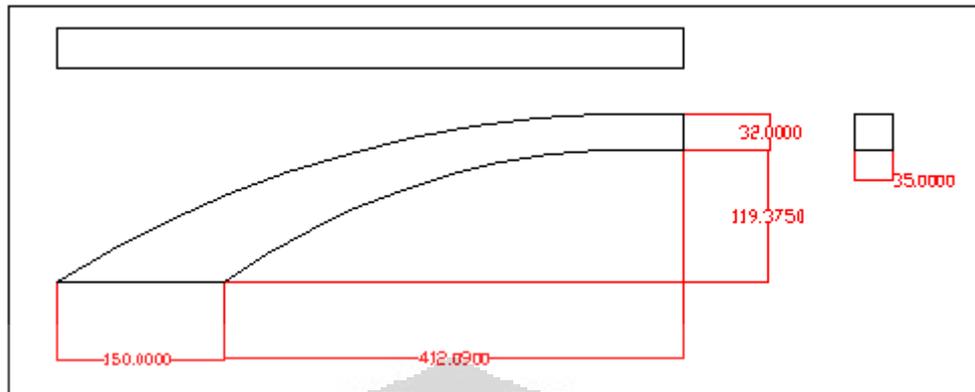
Gambar 3.16. Dimensi *rudder* (dalam satuan mm)

Rudder dapat bergerak ke kiri dan kanan yang dikendalikan oleh setir kapal. Pada silinder *knuckle* terdapat 2 buah *bearing* yang berfungsi memberi ruang gerak kepada *rudder* kapal. Terdapat juga *stabilizer* agar setir kapa bisa kembali ke posisi netral saat dilepaskan.



Gambar 3.17. Sistim *rudder*

3.5.5 Bentuk Rancangan *water tunnel*



Gambar 3.18. Desain *water tunnel*



Gambar 3.19. Tampak atas *water tunnel* terpasang di kapal

3.5.6 Detail spesifikasi Model Kapal Motor Listrik dengan *Water Tunnel*

Tabel 3.1. Spesifikasi Kapal Model:

Loa	300	cm
Lwl	282	cm
Lebar (B)	74	cm
Tinggi (H)	31	cm
Draft (T)	20	cm
Skala	1:1	

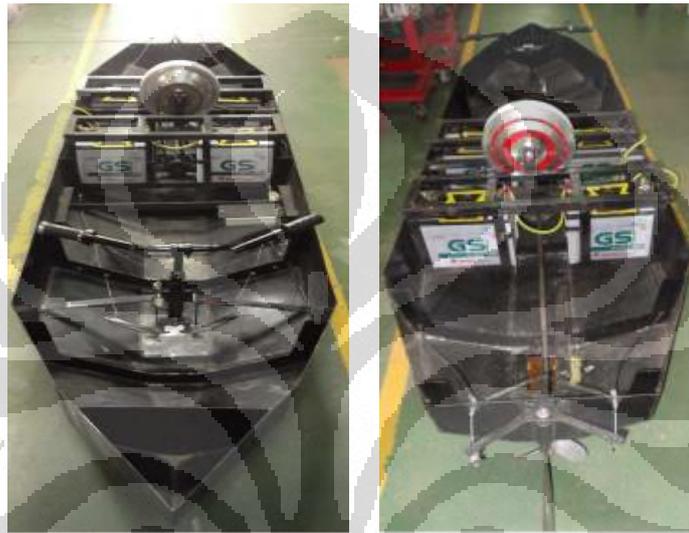
Tabel 3.2. Spesifikasi Water Tunnel:

Panjang <i>water tunnel</i>	57	cm
Lebar <i>water tunnel</i>	3.5	cm
Tinggi <i>water tunnel</i>	15.2	cm
L_1	52.5	cm ²
L_2	11.2	cm ²

Tabel.3.3. Spesifikasi Motor Listrik:

Merk	Trekko	
Daya	500	watt
Tegangan	48	volt
Arus	10	ampere
Putaran maks	1000	rpm

3.5.7. Hasil Rancangan Model Kapal Motor Listrik



Gambar 3.20. Kapal model percobaan

Gambar 3.21. Kapal model dengan *water tunnel* yang ditutupGambar 3.22. Kapal model dengan *water tunnel* dibuka

3.6 Rancangan Alat Uji

Untuk dapat membandingkan besarnya laju kecepatan kapal dilakukan dengan langkah membandingkan penggunaan *water tunnel* dan tanpa penggunaan *water tunnel* pada kapal model dengan penggerak motor listrik.

Rancangan alat uji kecepatan terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama adalah pembuatan kapal model yang meliputi desain kapal model, desain *water tunnel*, dan instalasi motor listrik untuk sistem propulsi. 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 sebanyak 4 kali, pertama yaitu pengujian kecepatan kapal model dengan *water tunnel* ditutup dengan nilai variasi putaran tipe I, kedua yaitu pengujian kecepatan kapal model dengan *water tunnel* dibuka dengan nilai variasi putaran tipe I, ketiga yaitu pengujian kecepatan kapal model dengan *water tunnel* ditutup dengan nilai variasi putaran tipe II, dan yang terakhir adalah pengujian kecepatan kapal model dengan *water tunnel* dibuka dengan nilai variasi putaran tipe II. Tipe variasi putaran dibedakan oleh ukuran gir pada bagian poros baling-baling yang terhubung dengan gir pada melalui rantai.

Pengujian dilakukan di danau kenanga Universitas Indonesia dengan membuat lintasan lurus sepanjang 20 m dan pengujian dilakukan saat kondisi air tenang. Hal ini bertujuan untuk mengurangi adanya hambatan baru yang diakibatkan gelombang air.

Pengambilan data dilakukan setelah semua alat sudah terpasang sesuai dengan rancangan. Putaran propulsi kapal diperoleh dengan menggunakan motor listrik yang terpasang di buritan kapal model sebagai mesin utama pada kapal pengujian. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan besar gir yang terpasang pada daerah poros baling-baling kapal. Pengaturan pada percobaan ini dilakukan pada dua variasi putaran baling-baling. Dimana variasi putaran diperoleh dengan cara mengubah besarnya gir pada bagian propeler dengan 2 tipe gir (tipe I dan tipe II) dengan pengaturan kondisi *multispeed handle* pada kondisi maksimum. Dengan perbedaan nilai putaran baling-baling ini tentu mempengaruhi kecepatan kapal pula. Kapal model siap dijalankan apabila sudah sesuai dengan kondisi pengujian yang ditetapkan.

Pada proses pengujian ini rancangan alat uji terdiri dari :

3.6.1 Kolam Uji di danau kenanga Universitas Indonesia



Gambar 3. 23. Kolam uji tarik di dalam *prototype* kapal

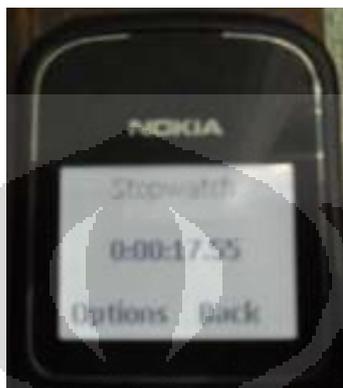
Danau kenanga yang digunakan sebagai kolam uji (*towing tank*) memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Panjang Lintasan : 20 m
2. Kedalaman air : ± 3 m

Kolam uji pada percobaan ini berfungsi sebagai media berjalannya kapal agar dapat mencatat catatan waktu tempuh serta mengamati gerakan aliran air disekitar badan kapal model atau diburitan kapal model. Jalur lintasan lurus yang dilalui kapal awalnya dapat mencapai 30 meter sebelum melewati titik awal perhitungan. Hal ini bertujuan agar ketika kapal melewati titik awal perhitungan kecepatannya sudah konstan. Titik awal ke titik akhir berjarak 20 m dan pengukuran waktu tempuh dilakukan dengan menggunakan *stopwatch digital*.

3.6.2 *Stopwatch Digital*

Stopwatch digunakan untuk membaca catatan waktu saat kapal model melewati jarak tempuh yang ditentukan pada kolam uji. *Stopwatch* tersebut berdisplay digital sehingga lebih akurat dalam pembacaan serta memiliki ketelitian hingga 0,000 sekon.



Gambar 3.24. *Stopwatch Digital* dengan menggunakan *Handphone*

3.7 Uji Coba Kapal Model

Proses pengujian ini bertujuan untuk membandingkan kecepatan serta olah gerak yang ditimbulkan pada kapal model. Kapal model yang diujikan adalah pada penggunaan *water tunnel* dibuka dan pada penggunaan *water tunnel* yang ditutup.

Kecepatan kapal model tersebut diperoleh dari putaran motor listrik yang ditransmisikan ke baling-baling kapal sehingga kapal dapat bergerak maju. Kapal model tersebut akan dicatat waktu tempuhnya dengan menggunakan *stopwatch digital* dengan ketelitian 0,000 detik dengan jarak pencatatan 20 meter sebelum jarak akhir pencatatan.

3.8 Langkah Pengujian

Berikut langkah percobaan dalam uji coba kapal model ini:

1. Siapkan peralatan uji sesuai dan pastikan semua alat dalam kondisi yang baik dan siap digunakan.
2. Pastikan seluruh tim pengamat (*start point*, *end point*, *time keeper*, dan pengemudi kapal) dalam kondisi siap untuk pengambilan data.

3. Pengukuran dilakukan dengan mengukur waktu tempuh yang diperlukan dari satu titik awal ke titik akhir dengan menggunakan *stopwatch digital* secara manual. Jarak lintasan yang dihitung adalah 20 m.
4. Pengolahan data kecepatan didapat dari jarak tempuh dibagi dengan waktu tempuh.
5. Percobaan dimulai dengan catatan pengemudi kapal yang mengemudikan kapal saat setiap pengambilan data tidak berubah. Dimana data diambil sebanyak 4 kali yaitu pada kondisi; pertama pengujian kecepatan kapal model dengan *water tunnel* ditutup dengan nilai variasi putaran tipe I, kedua yaitu pengujian kecepatan kapal model dengan *water tunnel* dibuka dengan nilai variasi putaran tipe I, ketiga yaitu pengujian kecepatan kapal model dengan *water tunnel* ditutup dengan nilai variasi putaran tipe II, dan yang terakhir adalah pengujian kecepatan kapal model dengan *water tunnel* dibuka dengan nilai variasi putaran tipe II. Tipe variasi putaran dibedakan oleh ukuran gir pada bagian poros baling-baling yang terhubung dengan gir pada motor listrik melalui rantai.
6. Setelah alat siap untuk dilakukan percobaan, percobaan dimulai pada kondisi kapal dengan *water tunnel* ditutup pada penggunaan gir tipe I.
7. Setelah 10 kali percobaan I selesai dilakukan, kapal diangkat untuk ditutup *water tunnel*-nya dan dilakukan pengambilan data kecepatan dengan jumlah pengambilan data sebanyak 10 kali.
8. Setelah data yang kedua selesai diambil, ukuran gir baling-baling diubah untuk menghasilkan nilai putaran yang berbeda pada baling-baling. Lalu dilakukan 2 kali pengujian pada kondisi *water tunnel* dibuka dan ditutup sebanyak 10 kali seperti percobaan yang seperti pengambilan data sebelumnya.

BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Percobaan Kecepatan dengan Variasi Putaran



Gambar 4.1. Pengujian kecepatan kapal

Pada percobaan ini digunakan variasi putaran pada baling-baling kapal dengan cara pengaturan besar gir. Dimana variasi putaran diperoleh dengan cara mengubah besarnya gir pada bagian propeler dengan 2 tipe gir (gir #28 dan gir #14) dengan pengaturan *multispeed handle* pada kondisi maksimum. Gir pada instalasi motor listrik ini berfungsi untuk mentransmisikan putaran yang dihasilkan motor listrik ke baling-baling kapal. Gir yang digunakan pada poros *propeller* dijadikan sebuah sistim yang menyatu dengan cara dilas. Nantinya kedua ukuran gir ini akan digunakan untuk keperluan pengambilan data. Dengan perbedaan nilai putaran baling-baling ini tentu mempengaruhi kecepatan kapal pula.



Gambar 4.2. Gir pada baling-baling kapal



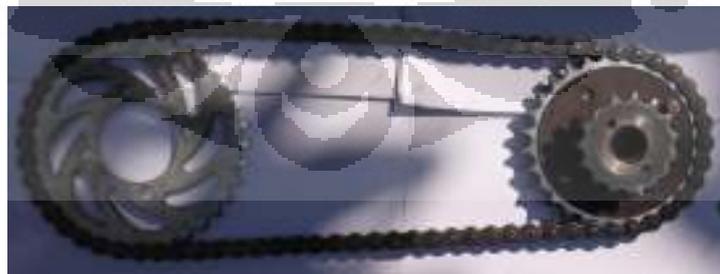
Gambar 4.3. Gir ukuran #28 dan #14

Pada percobaan kapal dilakukan pengambilan data dengan menggunakan alat *stopwatch digital* untuk mendapatkan waktu tempuh (t) dari satu titik awal ke titik akhir yang berjarak 20 meter, yang kemudian untuk mendapatkan kecepatan laju kapal (v) akan didapatkan dari jarak tempuh (s) dibagi oleh waktu tempuh (t). Besarnya kecepatan kapal (V) tersebut dapat dihitung menggunakan perubahan jarak (s) yang ditempuh per satuan waktu (t).

$$v = \frac{s}{t} \quad (4.1)$$

4.1.1.1 Kombinasi Gir Motor Listrik #36 dan Gir Poros *Propeller* #28

Percobaan kecepatan dilakukan di danau kenanga UI dengan pengambilan data waktu menggunakan alat *stopwatch digital*. Pada percobaan ini kombinasi sistim pengaturan gir yang digunakan adalah gir ukuran #36 pada bagian motor dan gir ukuran #28 pada poros baling-baling dengan jarak antar titik pusat gir sebesar 45 cm terhubung menggunakan sistim rantai.



Gambar 4.4. Kombinasi gir motor #36 dan gir poros propeller #28

Pada pengujian ini diperoleh besarnya nilai putaran motor 537 rpm dan besarnya nilai putaran yang ditransmisikan ke baling-baling sebesar 698 rpm dari pengukuran menggunakan tachometer laser.

Berikut ini data hasil percobaan:

Tabel 4.1. Kombinasi Gir motor #36 dan Gir Poros *Propeller* #28

Percobaan	Sampel	Panjang Lintasan (m)	Putaran motor (rpm)	Putaran Poros (rpm)	Waktu Tempuh I (s)	Kecepatan (m/s)
I	1	20	537	698	18,25	1,10
	2	20	537	698	18,33	1,09
	3	20	537	698	18,69	1,07
	4	20	537	698	18,55	1,08
	5	20	537	698	19,21	1,04
	6	20	537	698	18,98	1,05
	7	20	537	698	19,19	1,04
	8	20	537	698	19,33	1,03
	9	20	537	698	19,23	1,04
	10	20	537	698	19,60	1,02
Rata-rata					18,94	1,06

4.1.1.2 Kombinasi Gir motor #36 dan Gir Poros *Propeller* #14

Pada percobaan kecepatan yang kedua kombinasi sistim pengaturan gir yang digunakan adalah gir ukuran #36 pada bagian motor dan gir ukuran #14 pada poros baling-baling dengan jarak antar titik pusat gir sebesar 45 cm terhubung menggunakan sistim rantai.



Gambar 4.5. Kombinasi gir motor #36 dan gir poros propeller #14

Berikut ini data hasil percobaan:

Tabel 4.2. Kombinasi Gir motor #36 dan Gir Poros *Propeller* #14

Percobaan	Sampel	Panjang Lintasan (m)	Putaran motor (rpm)	Putaran Poros (rpm)	Waktu Tempuh I (s)	Kecepatan (m/s)
II	1	20	537	1288	13,10	1,53
	2	20	537	1288	12,63	1,58
	3	20	537	1288	12,42	1,61
	4	20	537	1288	12,60	1,59

	5	20	537	1288	12,38	1,62
	6	20	537	1288	12,94	1,55
	7	20	537	1288	12,58	1,59
	8	20	537	1288	12,72	1,57
	9	20	537	1288	12,43	1,61
	10	20	537	1288	12,78	1,56
Rata-rata					12,66	1,58

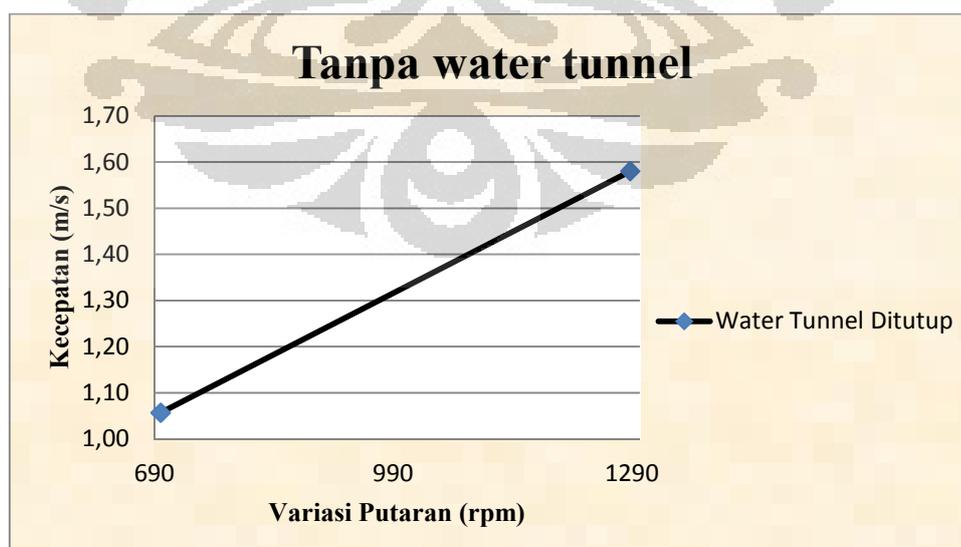
4.1.1.3 Kesimpulan Data Kapal Model dengan *Water Tunnel* ditutup

Percobaan dilakukan di danau kenanga UI dengan mengukur waktu tempuh (t) dengan alat stopwatch digital pada kapal model dengan *water tunnel* ditutup dengan besar putaran poros baling-baling yang nilainya divariasikan melalui pengaturan besar gir. Nilai putaran yang diperoleh pada poros baling-baling saat *water tunnel* ditutup diketahui untuk ukuran gir #28 adalah 698 rpm dan untuk ukuran gir #14 adalah 1288 rpm.

Tabel 4.3. Tabel hasil pengukuran kecepatan tiap putaran pada *tunnel* ditutup

Ukuran Gir	Putaran (rpm)	Kecepatan (m/s)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
#28	698	1,10	1,09	1,07	1,08	1,04	1,05	1,04	1,03	1,04	1,02
#14	1288	1,53	1,58	1,61	1,59	1,62	1,55	1,59	1,57	1,61	1,56

Dari data kecepatan yang didapat maka dapat diperoleh grafik perbandingan antara ukuran gir yang dipakai pada kapal dengan kecepatan laju kapal (m/s).



Gambar 4.6. Grafik hubungan antara putaran gir poros propeler yang dipakai terhadap kecepatan yang dihasilkan pada kapal dengan kondisi water tunnel ditutup.

4.1.2 Percobaan Kecepatan dengan Variasi Putaran saat *water tunnel* dibuka

Pada percobaan ini, pengujian kecepatan akan tetap menggunakan variasi putaran yang sama seperti 2 pengujian sebelumnya. Pengaturan gir pada bagian propeler menggunakan 2 tipe gir (gir #28 dan gir #14) dengan pengaturan kondisi *multispeed handle* pada kondisi maksimum saat pengambilan data. Namun pada pengambilan data yang ketiga ini, kapal diambil data kecepatannya dengan kondisi *water tunnel* dibuka.

4.1.2.1 Kombinasi Gir motor #36 dan Gir Poros *Propeller* #28 dengan tunnel terbuka

Percobaan kecepatan dilakukan di danau kenanga UI dengan pengambilan data waktu menggunakan alat *stopwatch digital*. Pada percobaan ini kombinasi sistim pengaturan gir yang digunakan adalah gir ukuran #36 pada bagian motor dan gir ukuran #28 pada poros baling-baling dengan jarak antar titik pusat gir sebesar 45 cm terhubung menggunakan sistim rantai.

Tabel 4.4. Kombinasi Gir motor #36 dan Gir Poros *Propeller* #28 tunnel terbuka

Percobaan	Sampel	Panjang Lintasan (m)	Putaran motor (rpm)	Putaran Poros (rpm)	Waktu Tempuh I (s)	Kecepatan (m/s)
III	1	20	537	698	17,77	1,13
	2	20	537	698	17,68	1,13
	3	20	537	698	17,09	1,17
	4	20	537	698	17,32	1,15
	5	20	537	698	17,35	1,15
	6	20	537	698	17,62	1,14
	7	20	537	698	17,49	1,14
	8	20	537	698	17,68	1,13
	9	20	537	698	17,58	1,14
	10	20	537	698	17,28	1,16
Rata-rata					17,49	1,14

4.1.2.2 Kombinasi Gir motor #36 dan Gir Poros *Propeller* #14 dengan tunnel terbuka

Pada percobaan kecepatan yang terakhir ini kombinasi sistim pengaturan gir yang digunakan adalah gir ukuran #36 pada bagian motor dan gir ukuran #14 pada poros baling-baling dengan jarak antar titik pusat gir sebesar 45 cm

terhubung menggunakan sistim rantai. Percobaan kecepatan diambil saat kondisi *water tunnel* dibuka.

Tabel 4.5. Kombinasi Gir motor #36 dan Gir Poros *Propeller* #14 tunnel terbuka

Percobaan	Sampel	Panjang Lintasan (m)	Putaran motor (rpm)	Putaran Poros (rpm)	Waktu Tempuh I (s)	Kecepatan (m/s)
IV	1	20	537	1288	12,16	1,64
	2	20	537	1288	12,36	1,62
	3	20	537	1288	12,60	1,59
	4	20	537	1288	12,69	1,58
	5	20	537	1288	12,06	1,66
	6	20	537	1288	12,65	1,58
	7	20	537	1288	12,16	1,64
	8	20	537	1288	12,61	1,59
	9	20	537	1288	12,80	1,56
	10	20	537	1288	12,36	1,62
Rata-rata					12,45	1,61

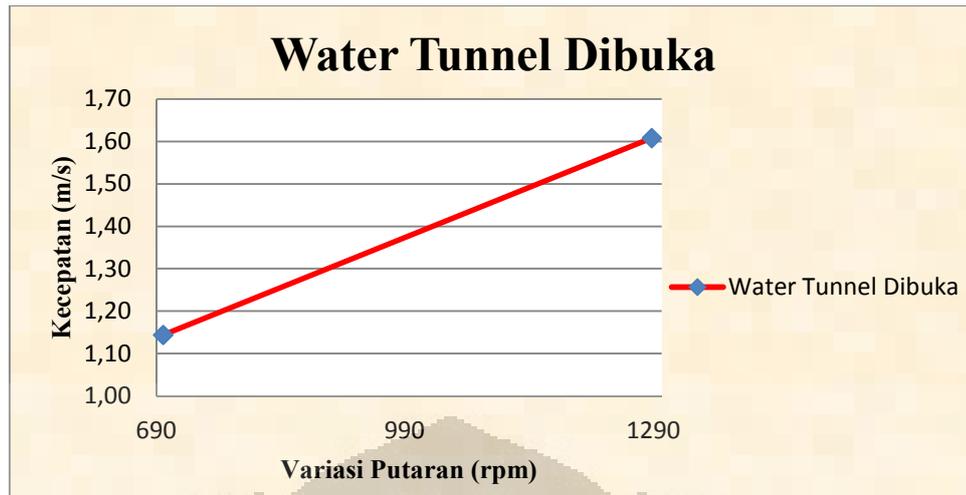
4.1.2.3 Kesimpulan Data Kapal Model dengan *Water Tunnel* dibuka

Percobaan dilakukan di danau kenanga UI dengan mengukur waktu tempuh (t) dengan alat stopwatch digital pada kapal model dengan *water tunnel* dibuka dengan besar putaran poros baling-baling yang nilainya divariasikan melalui pengaturan besar gir. Nilai putaran yang diperoleh pada poros baling-baling saat *water tunnel* ditutup diketahui untuk ukuran gir #28 adalah 764 rpm dan untuk ukuran gir #14 adalah 1388 rpm.

Tabel 4.6. Tabel hasil pengukuran kecepatan tiap putaran pada *tunnel* dibuka

Ukuran Gir	Putaran (rpm)	Kecepatan (m/s)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
#28	698	1,13	1,13	1,17	1,15	1,15	1,14	1,14	1,13	1,14	1,16
#14	1288	1,64	1,62	1,59	1,58	1,66	1,58	1,64	1,59	1,56	1,62

Dari data kecepatan yang diperoleh maka didapatkan grafik perbandingan antara ukuran gir yang dipakai pada kapal dengan kecepatan laju kapal (m/s) selama 10 kali pengambilan data.



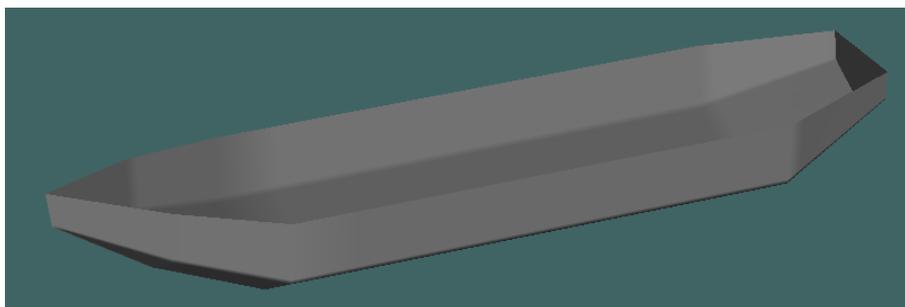
Gambar 4.7. Grafik hubungan antara putaran gir poros *propeller* yang dipakai terhadap kecepatan yang dihasilkan pada kapal dengan kondisi water tunnel dibuka.

4.1.3 Simulasi Hambatan Metode Holtrop dengan Software Maxsurf

Pada penelitian ini, dilakukan juga penelitian mengenai hambatan kapal dengan melakukan simulasi software. Software yang digunakan untuk melakukan simulasi hambatan ini adalah *maxsurf*. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk melihat hubungan antara kecepatan kapal dengan nilai hambatan kapal. Simulasi ini akan melakukan analisa data dengan metode *Holtrop*, sehingga nilai yang terukur dari simulasi hambatan ini bisa dibandingkan dengan metode numerik *Holtrop* pada perhitungan diatas.

Berikut adalah langkah-langkah simulasi dengan *software maxsurf*:

1. Langkah pertama adalah dengan membuat model kapal pada *software maxsurf*. Langkah ini diselesaikan dengan memplot setiap *point*/titik acuan kapal sehingga terbentuk *body plan* kapal.



Gambar 4.8. model kapal pada *software maxsurf*

Berikut analisa data hambatan kapal metode *Holtrop* dengan menggunakan simulasi *software maxsurf*:

1. Pada simulasi menggunakan *software maxsurf* beberapa spesifikasi data kapal yang kita ujikan bisa ditampilkan. Data ini yang menjadi acuan untuk pengukuran besarnya hambatan total (*total resistance*) dari kapal yang diuji.

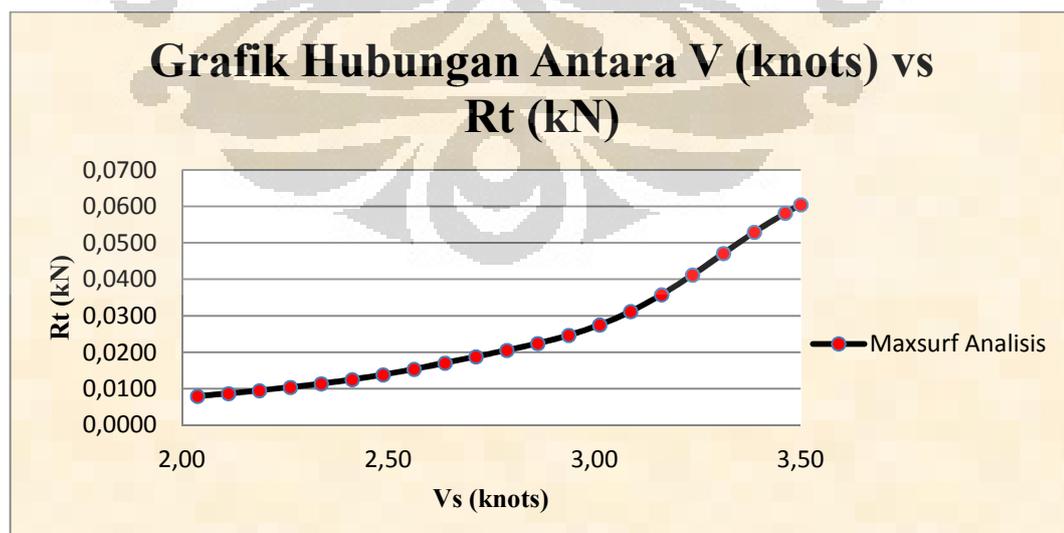
Tabel 4.7. Data kapal berdasarkan analisa *Holtrop* pada *maxsurf*

No	Data	Nilai Holtrop	Unit
1	LWL	2,822	m
2	Beam	0,703	m
3	Draft	0,2	m
4	Displaced volume	0,241	m ³
5	Wetted area	2,187	m ²
6	Prismatic coeff.	0,786	
7	Waterplane area coeff.	0,88	
8	Draft at FP	0,2	m
9	LCG from midships	1,382	m
10	Air density	0,001	ton/m ³
11	Appendage Area	0	m ²
12	Appendage Factor	1	
13	Correlation allow.	0,0004	
14	Kinematic viscosity	1,1883E-06	m ² /s
15	Water Density	1,026	ton/m ³

2. Setelah semua tahap untuk melakukan simulasi hambatan kapal dilakukan, kita bisa menampilkan data hubungan kecepatan kapal terhadap hambatan totalnya. Data yang ditampilkan sesuai dengan *range* kecepatan yang telah kita tentukan yaitu pada kecepatan 2-3,5 knot.

Tabel 4.8. Hubungan nilai kecepatan (v) dengan hambatan total (R_T) dari *Maxsurf*

No	Speed (Knots)	Total Resistance (kN)
1	2,04	0,0080
2	2,11	0,0087
3	2,19	0,0095
4	2,26	0,0104
5	2,34	0,0114
6	2,41	0,0125
7	2,49	0,0138
8	2,56	0,0154
9	2,64	0,0171
10	2,71	0,0188
11	2,79	0,0206
12	2,86	0,0224
13	2,94	0,0247
14	3,01	0,0275
15	3,09	0,0312
16	3,16	0,0358
17	3,24	0,0412
18	3,31	0,0471
19	3,39	0,0529
20	3,46	0,0582
21	3,50	0,0605

Gambar 4.11. Grafik hubungan antara kecepatan kapal (v) terhadap hambatan total (R_T) kapal dengan *software maxsurf*

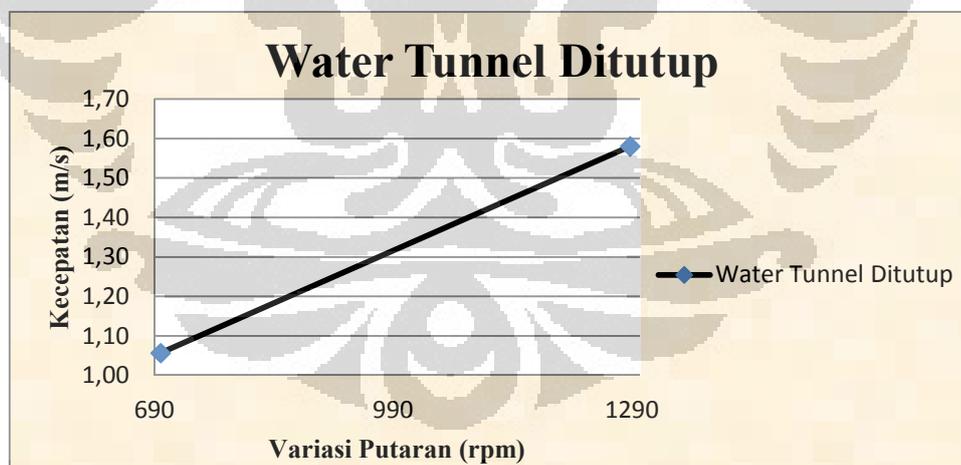
Dari data pada tabel 4.8 yang diperoleh dari simulasi nilai hambatan total terhadap kecepatan kapal dengan software maxsurf, dapat diperoleh informasi nilai hambatan pada kecepatan kapal percobaan yang digambarkan pada tabel berikut.

Tabel 4.9. Perbandingan nilai kecepatan (knot) dengan hambatan total (R_T) dari maxsurf analisis pada kecepatan percobaan

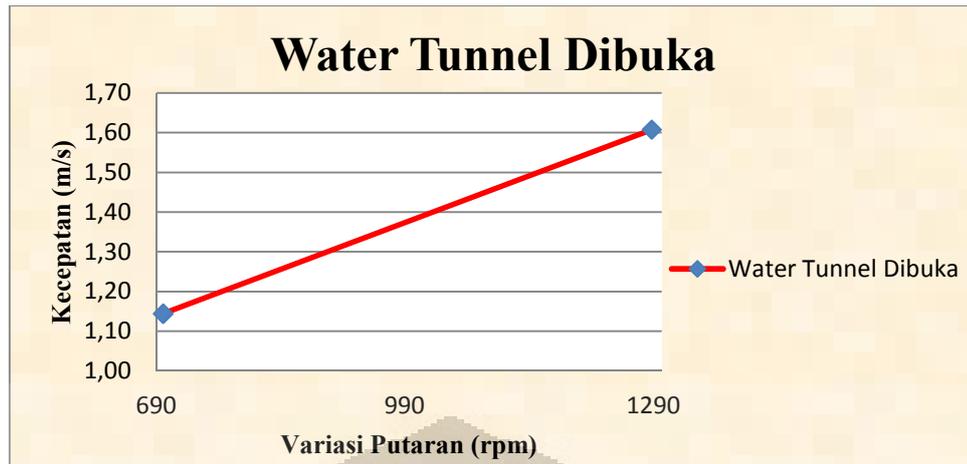
Ukuran Gir	$V_{\text{Tanpa Water Tunnel}}$ (knot)	Hambatan Total Tanpa Water Tunnel (kN)	$V_{\text{Water Tunnel}}$ (knot)	Hambatan Total Water Tunnel (kN)
28	2,062	0,008317	2,218	0,009938
14	3,074	0,031196	3,132	0,033383

4.2 Analisa Data

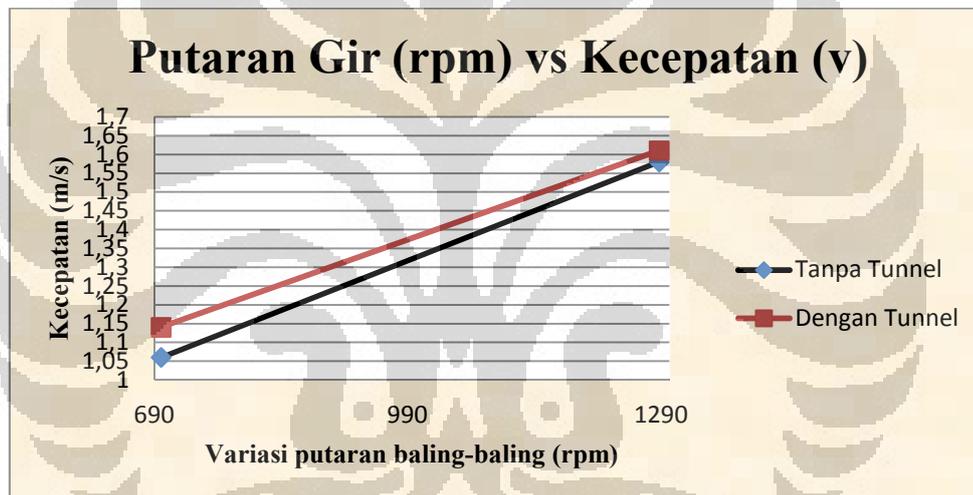
Dari data yang diperoleh pada pengujian kecepatan model kapal, dengan menggunakan kapal model yang sama, serta nilai putaran poros *propeller* yang sama pada 2 kali variasi nilai putaran saat kondisi *water tunnel* dibuka dan *water tunnel* ditutup, hasil percobaan yang didapatkan menunjukkan adanya perbedaan kecepatan. Berikut adalah grafik ukuran gir versus kecepatan pada kapal model dengan variasi model percobaan yang dilakukan.



Gambar 4.12. Grafik hubungan antara ukuran gir poros propeler yang dipakai terhadap kecepatan yang dihasilkan pada kapal dengan kondisi water tunnel ditutup.



Gambar 4.13. Grafik hubungan antara ukuran gir poros *propeller* yang dipakai terhadap kecepatan yang dihasilkan pada kapal dengan kondisi water tunnel dibuka.



Gambar 4.14. Grafik perbandingan kecepatan yang dihasilkan oleh kapal dengan 2 variasi putaran pada kondisi *water tunnel* dibuka dan *water tunnel* ditutup.

Pada grafik perbandingan diatas antara kapal model dengan *water tunnel* dibuka dan kapal model dengan *water tunnel* ditutup, terlihat bahwa grafik hasil percobaan kapal model dengan *water tunnel* terbuka lebih diatas. Hal ini memperlihatkan bahwa pada kapal dengan *water tunnel* yang dibuka, kecepatannya lebih tinggi dibandingkan dengan grafik hasil percobaan kapal model dengan *water tunnel* tertutup. Kedua nilai kecepatan kapal model tersebut diperoleh dari percobaan di danau UI pada saat kondisi air tenang dengan panjang lintasan lurus sejauh 20 meter.

Apabila diambil dari rata-rata kecepatan dan putaran poros baling-baling pada kapal model yang diuji pada gambar 4.14 dapat dilihat bahwa penggunaan

water tunnel yang dibuka saat pengujian kecepatan berhasil menaikkan kecepatan kapal sebesar 8,72 % pada penggunaan ukuran gir baling-baling #28 yang menghasilkan putaran pada poros *propeller* sebesar 698 rpm. Pada penggunaan ukuran gir baling-baling #14 yang menghasilkan putaran sebesar 1288 rpm pada kondisi *water tunnel* dibuka juga berhasil menaikkan kecepatan kapal model sebesar 1,72 %. Jadi dari 2 kali percobaan kecepatan kapal dengan menggunakan *water tunnel* terlihat bahwa terjadinya penambahan kecepatan. Namun dari segi tingkat kenaikan masih sangat kecil/kurang signifikan.

Dengan *water tunnel* terbuka kapal model dapat lebih cepat dikarenakan air yang melewati dasar *flat hull* dapat masuk melalui *inlet water tunnel* dan dialirkan keluar melalui *outlet water tunnel* menuju *propeller* yang terletak di buritan kapal sehingga *propeller* akan mendapatkan dorongan dari aliran air yang masuk ke dalam *water tunnel* yang menyebabkan distribusi aliran fluida pada daerah daun *propeller*, khususnya pada bagian atas menjadi optimal.

Bila dilihat dari trendnya kapal model dengan putaran poros baling-baling yang tinggi, yaitu 1288 rpm mengalami penurunan efektifitas pada saat kecepatan mengalami kenaikan pada percobaan dengan *water tunnel* dibuka dibandingkan dengan putaran poros baling-baling 698 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa kapal model dengan *water tunnel* terbuka lebih efektif apabila dijadikan kapal dengan kecepatan yang rendah yang bisa berarti kapal dengan putaran baling-baling rendah. Ini terjadi karena semakin cepat kapal maka air yang masuk ke *inlet water tunnel* akan semakin sedikit sehingga *propeller* kurang mendapatkan dorongan dari aliran air. Kapal model dengan *water tunnel* terbuka lebih efektif pada saat kecepatan kapal yang rendah. Pada saat kecepatan kapal mengalami kenaikan, aliran air tidak dapat masuk ke dalam *inlet water tunnel* secara sempurna. Ini disebabkan beberapa faktor :

1. Bentuk bawah lambung yang datar (*flat hull*)
2. Bentuk *inlet water tunnel* yang belum optimal
3. Trim kapal belum mencapai sudut yang optimal

Oleh karena itu kapal pelat datar/*flat hull* dengan penggunaan *water tunnel* ini optimal bila digunakan dengan kecepatan yang rendah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari percobaan ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Motor listrik mampu bekerja dengan putaran maksimum sebesar 537 rpm dan menghasilkan putaran pada baling-baling maksimum sebesar 1288 rpm dan kecepatan maksimum 1,61 m/s atau 3,132 knots.
2. Model kapal motor listrik hasil rancangan efektif untuk pengujian kecepatan kapal karena mampu menghasilkan kecepatan yang baik, *zero emission*, *zero fossil fuel*, dan tidak menimbulkan polusi suara sehingga dapat diaplikasikan untuk kapal-kapal berukuran kecil.
3. Kecepatan kapal dapat dimaksimalkan dengan melakukan sistim pengaturan besar gir sehingga putaran yang ditransmisikan ke baling-baling kapal dari motor listrik dapat diperbesar yang tentu akan mempengaruhi kecepatan kapal pula.

5.2 Saran

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

1. Kapal dengan tenaga penggerak motor listrik ini dapat menjadi alternatif untuk pengujian kecepatan kapal di danau sebagai pengganti media towing tank.
2. Untuk penelitian kecepatan kapal yang berikutnya dengan penggunaan motor listrik diperlukan sistem kontrol untuk mengatur setiap parameter masukan berupa sensor seperti sensor tegangan dan sensor arus selain daripada sensor putaran mesin.
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai distribusi aliran yang melewati *inlet water tunnel* dan *outlet water tunnel* yang paling optimal sehingga diperoleh kecepatan kapal yang paling efektif.

DAFTAR PUSTAKA

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

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

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

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

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

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

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

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

DAFTAR REFERENSI

- [1] (Harvald, Sv. Aa, 1992, hal.92).
- [2] Ir. Frans Quadvlieg, "*Marine Propulsion and Fuel Economy*", October 13th, 2009.
- [3] Schneekluth Wake Equalizing Duct - W.E.D.
<http://www.schneekluth.com/en/index.php> - Download 1 mei 2012
- [4] Surjo W. Adji, Irfan Syarif Arief, *The Effect Analysis Of Wake Equalizing Duct Fitting On Propulsive Efficiency By Using CFD Approach, Undergraduate thesis, may 2009*
- [5] Schneekluth Wake Equalizing Duct - W.E.D.

