

SKRIPSI
STUDI PREDIKSI TAHANAN SEMI PLANNING HULL PADA
KECEPATAN TINGGI AKIBAT TRIM BURITAN MELALUI
PENGUJIAN MODEL

Disusun dan diajukan oleh

NURUL AWALIYAH MUSTARI

D311 16 525



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI PREDIKSI TAHANAN SEMI PLANING HULL PADA
KECEPATAN TINGGI AKIBAT TRIM BURITAN MELALUI
PENGUJIAN MODEL**

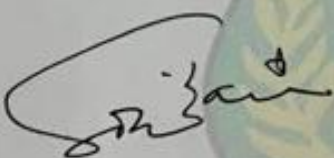
Disusun dan diajukan oleh
NURUL AWALIYAH MUSTARI
D311 16 525

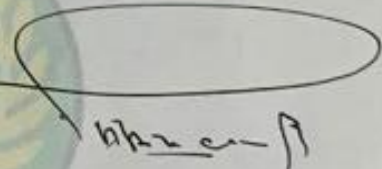
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi
Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 26 Februari 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T.
Nip. 19730206 200012 1 002


Ir. Lukman Bochary, MT
Nip. 19581127 198803 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan



Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T.
Nip. 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Nurul Awaliyah Mustari

NIM : D311 16 525

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“STUDI PREDIKSI TAHANAN SEMI PLANING HULL PADA
KECEPATAN TINGGI AKIBAT TRIM BURITAN MELALUI
PENGUJIAN MODEL”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 26 Februari 2021



Yang Menyatakan

Nurul Awaliyah Mustari

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

ALHAMDULILLAH, segala puji dan syukur kepada Allah SWT, atas limpahan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul

STUDI PREDIKSI TAHANAN KAPAL SEMI PLANNING HULL PADA KECEPATAN TINGGI AKIBAT TRIM BURITAN

Pengerjaan tugas akhir ini merupakan persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusun menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah suatu kebanggaan tersendiri bagi penyusun karena tantangan dan hambatan yang menghadang selama mengerjakan tugas akhir ini dapat terlewati dengan usaha dan upaya yang sungguh-sungguh dari penulis.

Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam – dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Mustari dan Ibunda Mirwati atas kesabaran, pengorbanan, nasehat dan yang terutama Doa yang tak putus – putusnya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
2. Saudara tercinta yang telah memberikan support dan semangat tiada henti Afina dan Azzahra atas perhatian dan dukungannya.
3. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku pembimbing I sekaligus Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin dan Bapak Ir. Lukman Bochary, MT, selaku pembimbing II sekaligus Dosen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan

bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

4. Bapak Andi Mursid Nugraha ST., MT dan Ibu Andi Dian Eka Anggriani., ST., MT selaku dosen teknik perkapalan sekaligus penguji dalam tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. A. Sitti Chairunnisa M., ST., MT selaku Penasehat Akademik yang selalu membimbing dan mendidik penulis selama masa perkuliahan ini..
6. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
7. Ibu Uti, Kak Yudi, Pak Afif dan Pak Rio selaku staff Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kesabarannya selama penulis mengurus segala persuratan di kampus.
8. Kepada Sahabat TEKNIK09 Mila Karmila, Ainun Chandra, Andi Mahira, Annisa Fitrah, dan Yunanda ika, terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami bersama yang menjadikan kita bisa tumbuh dewasa dalam pikiran dan perbuatan.
9. Kepada teman-teman seperjuangan skripsi (Fahreza, Karmila, Ainun, Taslim, Sunardi, Toraray, Riswandi, Trias) terima kasih untuk segala bantuannya dalam proses pengerjaan skripsi ini, untuk memperoleh gelar sarjana memang tidak mudah kawan tapi kita dapat melewatinya.
10. Kepada Sahabat IAPIM16 (Lisaajo, Astrya, Nabila, Appa, Imo, Ocang) terima kasih sudah menjadi teman yang selalu mengisi di waktu luang .
11. Kepada kak ardedi yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.
12. Kepada teman-teman Teknik Perkapalan Angkatan 2016 terima kasih sudah menjadi teman dikala senang maupun sedih.
13. Kepada teman teman CRUIZER16 terima kasih telah memberi pengalaman tentang persaudaraan selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Teknik Perkapalan.
14. Kepada kanda-kanda senior, dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.

15. Yang terakhir penulis ucapkan terima kasih untuk seluruh pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari dengan sepenuh hati bahwa didalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kesalahan maupun kekurangan. Untuk itu peneliti memohon maaf dan meminta kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti sendiri maupun bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya.

Makassar, Januari, 2021

Nurul Awaliyah Mustari

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kapal Feri.....	5
2.2 Kapal Cepat (High Speed Craft).....	5
2.3 Karakteristik Kapal Cepat.....	9
2.4 Karakteristik Semi Planing Hull	10
2.5 Trim Kapal.....	11
2.6 Tahanan Kapal.....	13
2.7 Komponen Tahanan	14
2.8 Perbandingan Model	16
2.9 Metode Wyman.....	19
2.10 Tangki Percobaan.....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	23

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.2 Jenis Penelitian.....	23
3.3 Metode Pengambilan Data	23
3.4 Metode Pengolahan Data.....	23
3.4.1 Kajian Pustaka.....	24
3.4.2 Data Kapal.....	24
3.5 Pembuatan Model Kapal	25
3.6 Persiapan Pengujian	31
3.6.1 Matriks Waktu Pengujian.....	32
3.6.2 Matriks Kebutuhan Pengujian.....	32
3.6.3 SOP Pengujian.....	33
3.7 Analisis Data.....	34
3.8 Penarikan Kesimpulan.....	35
3.9 Kerangka Pemikiran.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Umum.....	37
4.2 Perhitungan Kecepatan.....	38
4.3 Perhitungan Koefisien Tahanan.....	40
4.4 Perhitungan Tahanan Kapal Cepat.....	44
4.5 Hasil Analisa.....	47
BAB V KESIMPULAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
Daftar Pustaka	52

DAFTAR NOTASI

Loa	=	Panjang keseluruhan kapal (m)
Lwl	=	Panjang garis air kapal (m)
v	=	Kecepatan kapal (knot)
g	=	percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
Rn	=	Angka Reynold
Fn	=	Angka Froude
FnV	=	Froude number volume
Cw	=	Koefisien Wyman
Cb	=	Koefisien blok
Ct	=	Koefisien tahanan
Slr	=	Rasio kecepatan dan panjang kapal
Slr	=	Rasio kecepatan dan panjang kapal
Pc	=	Koefisien propulsif
$\eta_s\eta_b$	=	Efisiensi poros dan baling - baling
η_{rr}	=	Efisiensi relatif rotatif
η_o	=	Efisiensi open water test
η_h	=	Efisiensi lambung kapal
SHP	=	Shaft Horse Power (HP)
DHP	=	Delivery Horse Power (HP)
EHP	=	Efficiency Horse Power (HP)
Rt	=	Tahanan total (Kn)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Ukuran utama kapal	21
Tabel 3.2. <i>Offset Lines Plan</i> Kapal Cepat Semi Planing Hull	22
Tabel 3.3. Kebutuhan / material pembuatan model	23
Tabel 3.4. Matriks waktu pengujian.....	29
Tabel 3.5. Matriks kebutuhan pengujian.....	30
Tabel 4.1. Ukuran utama kapal dan ukuran utama model.....	34
Tabel 4.2. Kecepatan Model Kapal.....	35
Tabel 4.3 Pergeseran <i>Longitudinal centerl of bouyency</i> pada setiap kenaikan <i>Froude number</i> volume.....	43
Tabel 4.4 Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal	43
Tabel 4.5 <i>Coefficient</i> tahanan kapal	44
Tabel 4.6 .Kecepatan model kapal tiap kondisi	45
Tabel 4.7 Nilai tahanan model kapal.....	46
Tabel 4.8 Perbandingan nilai tahanan Maxsurf dan tahanan model kapal.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hovercraft.....	6
Gambar 2.2 Hidrofoil.....	7
Gambar 2.3 Catamaran.....	8
Gambar 2.4 Monohull.....	9
Gambar 2.5 Bentuk bentuk lambung kapal.....	11
Gambar 2.6 Kapal Kondisi Even Keel.....	12
Gambar 2.7 Kapal Kondisi Trim by Stern.....	12
Gambar 2.8 Kapal Kondisi Trim by Head.....	12
Gambar 2.9 Kapal Uji.....	22
Gambar 3.1 Gambar Section pada Material Frame.....	27
Gambar 3.2 Gambar Frame direkatkan pada pola Waterline.....	27
Gambar 3.3 Pemasangan Kulit.....	28
Gambar 3.4 Proses Pendempulan Model.....	28
Gambar 3.5 Pengaplikasian serat met ke cetakan.....	29
Gambar 3.6 Pelepasan Model dari Cetakan.....	29
Gambar 3.7 Proses Pemasangan Sekat.....	30
Gambar 3.8 Proses Pengecatan model.....	30
Gambar 3.9 Pemasangan Tabung dan Shaft	30
Gambar 3.10 Pemasangan Propeller	31
Gambar 3.11 Menghubungkan Alat Penggerak.....	31
Gambar 3.12 Kerangka Pikir Penelitian.....	36
Gambar 4.1 Model Kapal.....	38
Gambar 4.2 Model Kapal dengan Froude Number 0,878.....	39
Gambar 4.3 Model Kapal dengan Froude Number 1,224.....	39
Gambar 4.4 Model Kapal dengan Froude Number 1,512.....	39
Gambar 4.5 Model Kapal dengan Froude Number 1,631	39
Gambar 4.6 Model Kapal dengan Froude Number 2,376.....	40
Gambar 4.7 Model Kapal dengan Froude Number 2,816.....	40
Gambar 4.8 Variasi trim berdasarkan <i>Froude number</i> volume 0,878	41

Gambar 4.9 Variasi trim berdasarkan <i>Froude number</i> volume 1,224	41
Gambar 4.10 Variasi trim berdasarkan <i>Froude number</i> volume 1,512	41
Gambar 4.11 Variasi trim berdasarkan <i>Froude number</i> volume 0,631	42
Gambar 4.12 Variasi trim berdasarkan <i>Froude number</i> volume 2,376	42
Gambar 4.13 Variasi trim berdasarkan <i>Froude number</i> volume 2,816	42
Gambar 4.14 Hubungan antara kecepatan kapal dan kondisi trim.....	45
Gambar 4.15 Hubungan <i>Froude number</i> volume terhadap tahanan model kapal ..	47
Gambar 4.16 Kurva Regresi logarithmic tahanan model kapal untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> volume	48

ABSTRAK

Nurul Awaliyah Mustari D311 16 525. "STUDI PREDIKSI TAHANAN KAPAL SEMI PLANNING HULL PADA KECEPATAN TINGGI AKIBAT TRIM BURITAN". (Dibimbing oleh Suandar Baso, dan Lukman Bochary)

Dalam bidang perencanaan bentuk lambung kapal dikenal 3 jenis rancangan bentuk kapal yaitu *planning hull ship*, *semi planing hull ship* dan *semi displacement ship*. Salah satu jenis kapal *semi planing hull* adalah kapal cepat penumpang atau *speed boat*. Karena kecepatan kapal cepat tergolong tinggi maka akibat dari kecepatan yang tinggi tersebut badan kapal terangkat atau mengalami trim di bagian buritan akibat dari gaya dorong. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan nilai tahanan yang ditimbulkan akibat kondisi trim yang dialami oleh kapal dengan kecepatan tinggi. Dalam penelitian ini, akibat dari kecepatan tinggi kapal mengalami kondisi trim dengan jumlah variasi sebanyak 3 tingkatan kemiringan, antara lain kondisi trim 1 derajat, kondisi 2 derajat, dan kondisi 3 derajat. Hasil perhitungan yang diperoleh adalah kenaikan nilai tahanan yang terbesar terjadi pada kondisi trim 1 derajat ke kondisi 2 derajat dengan *Froude number* volume 1,069 – 1,512 dengan selisih nilai tahanan sebesar 0,471 N atau sebesar 47% serta perubahan penurunan nilai tahanan terbesar terjadi pada kondisi 2 derajat ke kondisi 3 derajat dengan *Froude number* volume 1,830 – 2,81 dengan selisih nilai tahanan sebesar 0,113 N atau sebesar 11%.

Kata Kunci : Semi Displacement, Trim Kapal, Tahanan, Eksperimen

ABSTRACT

Nurul Awaliyah Mustari D311 16 525. **"STUDY ON PREDICTION OF SEMI PLANING SHIP HULL RESISTANCE AT HIGH SPEED DUE TO STERN TRIM"**. (Supervised by Suandar Baso and Lukman Bochary)

In the preliminary ship design, there are 3 types of ship hull design, namely the planning hull ship, semi planing hull ship and semi displacement ship. One type of semi planing hull ship is a high speed craft or speed boat. Because the speed of speed boat is classified as high, the result of this high speed is the ship lifted or experiencing trim at the stern as a result of the thrust force. The purpose of this research is to determine the value of resistance caused by the trim conditions experienced by ship at high speed. In this study, the result of the high speed of the ship experiencing a trim condition with a number of variations of 3 levels of slope, including 1 degree trim condition, 2 degree condition, and 3 degree condition. The result of the calculation is that the largest increase in resistance value occurs in the 1 degree trim condition to 2 degrees condition with Froude number volume of 1.069 - 1.512 with a difference in resistance value of 0.471 N or by 47% and the largest change in the decrease in resistance value occurs in conditions of 2 degrees to 3 degrees condition with Froude number volume 1,830 - 2,81 with a difference in the resistance value of 0,113 N or 11%.

Keywords : Semi Displacement, Ship Trim, Resistance, Experiment

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki ribuan pulau yang membentang sepanjang negeri. Hingga saat ini transportasi penyeberangan antar pulau masih belum melayani sebagian besar pulau-pulau yang ada di Indonesia, sehingga akses ke beberapa pulau yang membutuhkan transportasi penyeberangan masih belum terealisasi dengan baik. Maka dari itu, kapal feri sebagai alat transportasi penyeberangan yang sangat dibutuhkan karena merupakan salah satu angkutan penyeberangan yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya.

Dalam bidang perencanaan lambung kapal terdapat tiga kategori antara lain tipe *displacement hull*, tipe *semi planing hull*, dan tipe *planing hull*. Salah satu jenis dari model *semi planing hull* adalah kapal cepat yang merupakan kapal yang difungsikan untuk mengangkut penumpang, barang maupun keduanya secara bersamaan dalam tempo waktu yang lebih singkat dibanding kapal jenis yang lain. Hal itu disebabkan oleh perbedaan mendasar yang dimiliki oleh kapal cepat dibanding kapal-kapal yang lain yaitu soal kecepatannya. Kapal cepat memiliki kecepatan yang relatif lebih besar dibanding kapal yang lain, disebabkan karena model rancangan dari kapal cepat di rancang untuk meminimalisir tahanan. Namun, kecelakaan dikarenakan performa Kapal Cepat ini masih saja terjadi dan menjadi perhatian yang serius bagi pemerintah. Oleh karena itu, kesesuaian antara kecepatan tinggi dengan bentuk lambung kapal menjadi pertimbangan sangat penting dalam menjamin keselamatan kapal.

Karena kecepatan kapal cepat tergolong tinggi maka untuk meminimalisir kecelakaan kapal dalam merencanakan desain lambung harus memperhatikan aspek tahanan yang dihasilkan oleh kapal cepat. Tahanan berperan penting dalam

pengoperasian kapal cepat, semakin cepat kapal semakin tinggi pula tahanan yang dihasilkan oleh kapal tersebut. Sehingga kapal mengalami trim di bagian buritan atau terangkatnya bagian depan kapal karena gaya dorong kapal.

Berdasarkan peristiwa diatas, maka penulis memandang perlu dilakukan penelitian ini, saat bagian depan kapal terangkat berapakah nilai tahanan yang dihasilkan tiap variasi trim dengan mensimulasikannya melalui percobaan model di tangki percobaan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang terkait dengan penelitian ini adalah, sebagai berikut :

1. Berapa besar nilai tahanan model kapal *Semi Planing Hull* untuk setiap kenaikan *Froude number* volume di kondisi air tenang ?
2. Berapa besar perubahan nilai tahanan model kapal *Semi Planing Hull* untuk setiap kondisi trim buritan di air tenang ?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa hal yang menjadi batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Kapal yang digunakan adalah kapal ferry cepat.
2. Prediksi tahanan model kapal *Semi planing hull* dilakukan dengan percobaan model pada kondisi air tenang.
3. Pengujian di lakukan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Unhas.
4. Skala model kapal yakni 1:15.
5. Kecepatan digunakan berdasarkan waktu pengujian
6. Daya propeller dan daya mesin kapal diabaikan

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun Tujuan dan Manfaat pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kenaikan nilai tahanan yang terjadi pada setiap kenaikan kecepatan model kapal semi planing hull pada kondisi air tenang melalui percobaan model.
2. Mengetahui besar nilai tahanan model kapal *semi planing hull* untuk setiap kondisi trim buritan di air tenang melalui percobaan model.
3. Sebagai informasi mengenai pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat
4. Untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan nilai tahanan kapal cepat.

1.5 Sistematika Penulisan

Hasil penelitian akan dituang dalam tulisan secara terperinci dan tersusun sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini menguraikan dengan singkat tentang teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini dikemukakan mengenai lokasi atau daerah penelitian, waktu penelitian, jenis penelitian, jenis data, metode pengolahan data dan kerangka pikir penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan uraian mengenai pembahasan permasalahan yang diteliti yaitu hubungan antara kenaikan trim dengan nilai tahanan yang dihasilkan kapal cepat dengan metode percobaan model

BAB V : PENUTUP

Dalam bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran-saran yang direkomendasikan penulis terkait penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Feri

Kapal Feri adalah salah satu angkutan penyeberangan yang merupakan angkutan yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya. Kapal Feri RoRo sekarang utamanya berfungsi untuk pengangkutan kendaraan dengan berbagai tipe dan jumlah penumpang yang banyak untuk menghubungkan dua tempat pada satu jalur pelayaran tertentu yang berjauhan jaraknya. Kapal feri merupakan angkutan perairan antar pulau di Indonesia yang populer. (Rosmani, 2013)

Banyak feri melayani selat-selat antara pulau yang berdekatan, terutama antara pulau Sumatra dan Jawa, dan juga antara pulau Jawa dan pulau-pulau di Kepulauan Sunda Kecil. Di pelabuhan penyeberangan kapal-kapal sibuk melayani antara Sumatra, Jawa, dan Bali, feri yang mengangkut kapal dioperasikan 24 jam per hari. Ada juga beberapa feri internasional yang melayani Selat Malaka antara Sumatra dan Malaysia, dan juga Singapura, dan pulau-pulau kecil Indonesia seperti Batam. (https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_feery)

Tak hanya kapal feri yang di gunakan sebagai moda transportasi penyeberangan antar pulau, tetapi ada juga kapal penumpang cepat (high speed ferry) yang hadir secara langsung dan memberikan alternatif pilihan moda transportasi kapal laut kepada calon penumpang transportasi laut. Kapal cepat sering digunakan sebagai transportasi penyeberangan antara pulau-pulau kecil yang tidak terjangkau oleh kapal feri di Indonesia.

2.2 Kapal Cepat (High Speed Craft)

Kapal cepat atau dalam bahasa inggrisnya disebut *high-speed craft* merupakan kapal yang dirancang untuk memiliki kecepatan tinggi untuk tujuan komersil. Kapal cepat pertama yang dibangun adalah jenis *hydrofoils* dan

hovercraft, tetapi pada tahun 1990 jenis kapal cepat *catamaran* dan *monohull* menjadi lebih populer. Kebanyakan kapal berkecepatan tinggi berfungsi sebagai kapal feri penumpang, tetapi untuk jenis *catamaran* dan *monohull* yang terbesar juga membawa mobil, bus, truk besar, dan lain-lain.

Kapal cepat menggunakan sistem *waterjet* atau tekanan udara yang tinggi untuk bergerak dengan cepat di air. Adapun jenis-jenis kapal cepat atau *high-speed craft* antara lain:

1. Hovercraft

Kapal cepat yang pertama kali diperkenalkan adalah jenis *hovercraft*. Sebuah *hovercraft* menggunakan sistem bertekanan udara untuk mendorong badan kapal. *Hovercraft* merupakan alat transportasi yang paling disukai dan digunakan terutama sebagai kendaraan penyelamat jika terjadi bencana alam. Nama *hovercraft* digunakan karena kapal ini melayang di atas permukaan air karena tekanan udara yang mendorong kapal keatas. (https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_bantalan_udara)



Gambar 2.1 : Hovercraft

Sumber (https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_bantalan_udara)

2. Hidrofoil

Hidrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal. Ketika kapal meningkatkan kecepatannya, hidrofoil memproduksi gaya angkat sehingga lambungnya terangkat dan keluar dari air. Hal ini menyebabkan pengurangan gesekan antara lambung kapal dengan air dan oleh karena itu terjadi peningkatan kecepatan. (<https://id.wikipedia.org/wiki/Hidrofoil>)



Gambar 2.2 : Hidrofoil

Sumber (<https://id.wikipedia.org/wiki/Hidrofoil>)

3. Katamaran

Kapal cepat berjenis katamaran muncul pada tahun 90-an. Kapal katamaran adalah kapal yang memiliki 2 lambung kapal atau memiliki 2 badan kapal. Bila dibandingkan dengan kapal berbadan tunggal, banyak sekali kelebihan dari kapal katamaran ini yaitu stabilitas melintang yang lebih baik, hambatan yang nilainya kecil, dan area geladak yang lebih luas. Katamaran berasal dari bahasa India Tamil “*Kattumaram*” atau multi lambung yang berarti kapal yang mempunyai dua lambung. Sampai saat ini jenis kapal ini banyak digunakan untuk kapal-kapal penumpang,

perahu-perahu layar, bahkan beberapa perahu-perahu nelayan. Keuntungan lain dari katamaran selain stabil adalah kapal jenis ini memiliki badan yang sangat lebar karena jembatan (*bridge*) antara satu lambung dengan lambung yang lainnya digunakan sebagai tempat muatan. Pada kapal ro-ro, muatan mobil dan penumpang akan lebih banyak dibanding dengan kapal berjenis lain dengan kapasitas muatan yang sama besar. (<https://id.wikipedia.org/wiki/Katamaran>)



Gambar 2.3 : Catamaran

Sumber (<https://id.wikipedia.org/wiki/Katamaran>)

4. Monohull

Seperti namanya jenis kapal cepat ini memiliki lambung tunggal atau mono. Kapal *monohull* menjadi populer di samping katamaran dalam periode waktu yang sama dengan demikian menambahkan banyak variasi untuk jenis kapal cepat yang ada. Alasan terpenting mengapa monohull digunakan adalah karena aspek stabilitas dari ballast (berat air yang ditambahkan untuk membuat kapal seimbang akibat gaya oleng). (<https://www.marineinsight.com/boating-yachting/boats-with-a-difference-the-high-speed-crafts/>).



Gambar 2.4 : Monohull

Sumber (<https://id.wikipedia.org/wiki/Monohull>)

2.3 Karakteristik Kapal Cepat

Karakteristik *high-speed craft* dipengaruhi oleh *froude number*-nya. *Froude number* yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk *high-speed craft*, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, *Froude Number* (F_n) sering digunakan sebagai parameternya. (Rosmani, A. Haris Muhammad, Muh. Algan, 2013)

F_n didefinisikan sebagai berikut:

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot l}} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

v : kecepatan kapal (m/s)

g : percepatan gaya gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

l : panjang kapal (m)

F_nV didefinisikan sebagai berikut:

$$F_n V = \frac{v}{\sqrt{g \times (V)^{1/3}}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

v: kecepatan kapal (*m/s*)

g : percepatan gaya gravitasi (9,81 *m/s*²)

V : volume kapal (*m*³)

Secara umum, *high-speed craft* membutuhkan daya yang besar. Hal ini karena *resistance* kapal merupakan suatu fungsi yang sangat berpengaruh dengan kecepatan.

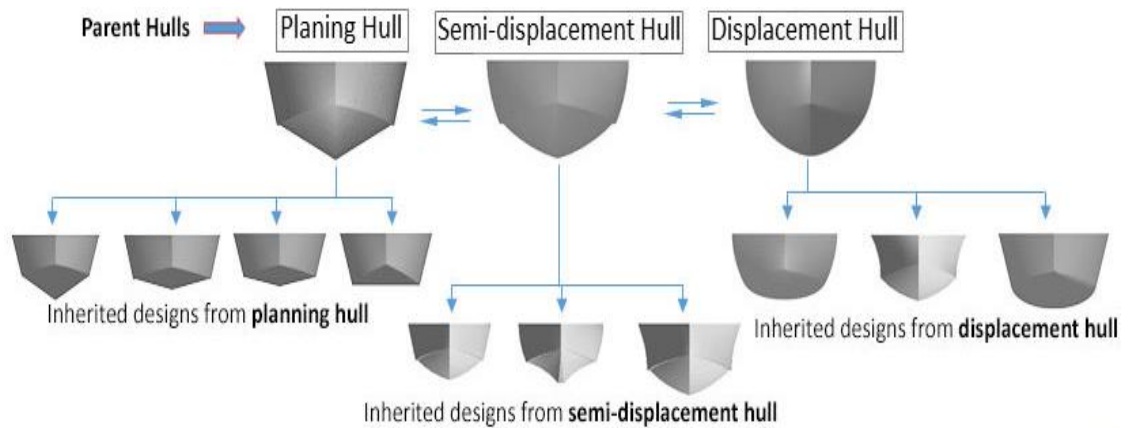
Bilangan *Froude* juga merupakan merupakan bilangan yang menunjukkan penggolongan sebuah kapal, antara lain :

- $F_n < 0,2$ tergolong kapal yang memiliki kecepatan lambat
- $0,2 < F_n < 0,35$ tergolong kapal yang memiliki kecepatan sedang
- $F_n > 0,35$ tergolong kapal cepat

Untuk kapal jenis *semi-displacement* nilai *Froude Number* (F_n) biasanya berkisar antara 0,4 sampai 1.

2.4 Karakteristik Semi Planing Hull

Bentuk lambung untuk kapal-kapal seperti ini yakni tampak dari bentuk lambung di bagian bawah air umumnya diklasifikasikan dalam tiga kategori antara lain a). tipe *displacement hull* untuk kecepatan rendah, b). tipe *semi-planing hull* untuk rentang kecepatan menengah, dan c). tipe *planing hull* untuk rentang kecepatan tinggi. Bentuk-bentuk tersebut disajikan pada Gambar 2.5

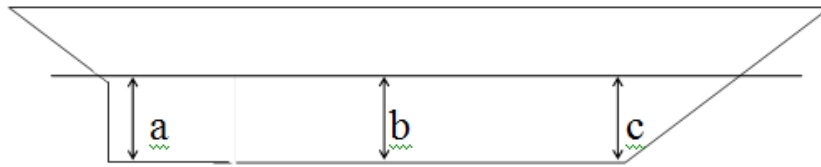


Gambar 2.5 Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori displacement hull, planing hull, semi-planing hull

Tipe *semi-planing hull* sangat cocok untuk kecepatan menengah pada rentang kecepatan antara tipe *displacement hull* dan tipe *planing hull*. Luasan penampang lambung secara lateral di bawah garis air sedikit turun dari bagian tengah kapal ke bagian belakang kapal dimana menunjukkan antara tipe *displacement hull* dan *planing hull*. Dengan kata lain, tipe *semi-planing hull* menunjukkan performa yang kurang pada kecepatan rendah dibandingkan dengan tipe *displacement hull* and pada kecepatan tinggi dibandingkan dengan tipe *planing hull*.

2.5 Trim Kapal

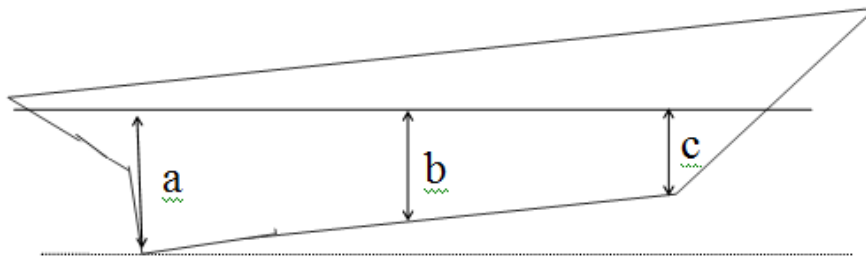
Hind (1967) menyatakan bahwa trim adalah perbedaan antara *draft* depan dan *draft* belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Trim biasanya diukur dalam ukuran inci yang dinyatakan sebagai positif dan negatif. Trim terbagi menjadi 3 bagian, yaitu *even keel*, *trim by the head*, dan *trim by the stern*.



Gambar 2.6 Kapal Kondisi Even Keel.
 Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

Gambar 2.6 menunjukkan kapal trim even keel yaitu *draft* depan sama dengan *draft* belakang ($a = c$) dimana $b = (a + c) / 2$, hanya terjadi bilamana kapal tidak *hogging* atau *sagging*.

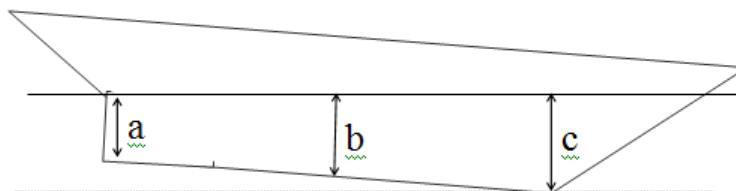
Gambar II



Gambar 2.7 Kapal Kondisi Trim by Stern.
 Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

Gambar 2.7 menunjukkan kapal *trim by stern* yaitu *draft* balakang lebih besar dari *draft* depan (a tidak sama dengan c).

Gambar III



Gambar 2.8 Kapal Kondisi Trim by Head.
 Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>)

Gambar 2.8 menunjukkan kapal *trim by Head* yaitu *draft* balakang lebih kecil dari *draft* depan (a tidak sama dengan c).

2.6. Tahanan kapal

Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Sedangkan suatu tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya hidrodinamika. Gaya hidrodinamika semata-mata disebabkan oleh pergerakan relatif kapal terhadap air.

Untuk mengatasi tahanan tersebut, maka kapal membutuhkan sejumlah daya dorong sehingga dapat melewati air laut dengan kecepatan tertentu sesuai dengan kebutuhan operasinya. Daya dorong ini berupa gaya yang bekerja untuk melawan hambatan pada badan kapal yang tercelup di air, hambatan gelombang dan hambatan dari angin yang mengenai badan kapal yang berada di atas permukaan air laut. Hambatan-hambatan tersebut merupakan komponen tahanan kapal yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.

Pada dasarnya tahanan kapal dibagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada di atas permukaan air dan tahanan yang berasal dari bawah permukaan air. Tahanan yang di atas permukaan air adalah yang bekerja pada bagian badan kapal yang kelihatan di atas permukaan air, disini pengaruh adanya udara yang mengakibatkan timbulnya hambatan.

William Froude (1867) pertama kali memperkenalkan total hambatan kapal yang terdiri atas dua komponen yaitu tahanan sisa (*residual*) dan tahanan gesek (*friction*). Tahanan sisa dalam hal ini meliputi komponen *wave-making system energies*, *eddy* dan *viscous energy losses* akibat bentuk lambung kapal. Sedangkan tahanan gesek kapal diasumsikan sama dengan tahanan gesek suatu pelat datar 2-dimensi yang mempunyai luas permukaan bidang basah yang sama serta bergerak di air pada kecepatan sama dengan kecepatan kapal (Sutiyo, 2014). Komponen tahanan total pertama kali diperkenalkan oleh W. Froude.

2.7. Komponen Tahanan

Komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung di air adalah :

A. Tahanan gesek (*Friction resistance*)

Tahanan gesek timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai tahanan gesek. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilaluinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (*flow pattern*). Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (RV) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos.

Tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal, sebagai berikut :

a. Angka Renold (*Renold's number, Rn*)

$$Rn = \frac{V \cdot L}{\nu} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- V : Volume (m³)
- L : Panjang (m)
- ν : Kecepatan (m/s)

b. Koefisien gesek (*friction coefficient, Cf*)

$$Cf = \frac{0,75}{(\log Rn - 2,0)^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

(Merupakan formula dari ITTC)

c. Rasio kecepatan dan panjang kapal (*speed length ratio, Slr*)

$$Slr = \frac{Vs}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana L adalah panjang antara garis tegak kapal (*length between perpendicular*) dan V_s adalah kecepatan kapal.

B. Tahanan sisa (*Residual Resistance*)

Tahanan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal. Hambatan sisa terdiri dari ;

a. Tahanan gelombang (*Wave Resistance*)

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

b. Tahanan udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara diartikan sebagai Tahanan yang dialami oleh bagian badan kapal utama yang berada di atas air dan bangunan atas (*Superstructure*) karena gerakan kapal di udara. Tahanan ini tergantung pada kecepatan kapal dan luas serta bentuk bangunan atas tersebut. Jika angin bertiup maka tahanan tersebut juga akan tergantung pada kecepatan angin dan arah relatif angin terhadap kapal.

c. Tahanan bentuk (*Form Resistance*)

Tahanan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup di bawah air menimbulkan suatu tahanan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

d. Tahanan tambahan (*Added Resistance*)

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi.

Komponen tahanan tambahan terdiri dari :

1.) Tahanan anggota badan (*Appendages Resistance*)

Yaitu tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi dan sebagainya.

2.) Tahanan kekasaran

Yaitu terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada badan kapal, dan tumbuhan laut.

3.) Hambatan kemudi (*Steering Resistance*)

Yaitu akibat pemakaian kemudi mengakibatkan timbulnya hambatan kemudi. (Arwini, 2018)

C. Tahanan Total (*Total Resistance*)

Tahanan total kapal terdiri dari beberapa komponen tahanan. Menurut Guldhammer dan Harvald (harvald, 1983), komponen tahanan dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan di bawah ini:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T S v^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

R_T = Tahanan Total (N)

ρ = Massa jenis fluida (Kg.det²/m)

C_T = Koefisien tahanan total

S = Luas bidang basah (m²)

v = Kecepatan (det/s)

2.8 Perbandingan Model

Zohuri B (2015) menuliskan bahwa dalam pembuatan model kapal harus memenuhi Hukum perbandingan sebagai berikut:

a. Kesamaan Geometris

Pada dasarnya kesamaan geometri antara model dan kapal dapat diperoleh jika rasio semua dimensi model dan kapal adalah sama. Secara matematika maka dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$L_{\text{ratio}} = \frac{L_{\text{model}}}{L_{\text{ship}}} \text{ atau } \frac{L_M}{L_S} = L_r \quad (2.7)$$

dimana,

L_r = skala model

L_m = panjang model (m)

L_p = panjang Kapal (m)

b. Kesamaan Kinematis

Kesamaan kinematis merujuk pada persamaan gerakan. Karena gerakan dideskripsikan oleh jarak dan waktu, itu menunjukkan kesamaan panjang (kesamaan geometri) dan kesamaan interval waktu. Jika panjang model dan prototipe memiliki rasio tetap kecepatannya harus memiliki rasio tetap terhadap interval waktu. Kesamaan kinematis dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$\frac{V_M}{\sqrt{gL_M}} = \frac{V_S}{\sqrt{gL_S}} \quad (2.8)$$

dimana,

V_M = kecepatan model (m/det)

V_S = kecepatan kapal (m/det)

c. Kesamaan Dinamis

Kesamaan dinamis adalah kesamaan gaya. Perbedaan gaya antara kapal dan model harus memiliki rasio skala yang sama. Gaya yang dimaksud adalah tekanan, gaya grafitasi, viskositas, elastisitas dan tegangan permukaan. Selain itu, sifat fisik yang mempengaruhi adalah massa jenis, viskositas, elastisitas, dan lainnya. Sebagai contoh, gaya yang bekerja pada inersia $f_i = \rho V^2 l^2$ dan yang bekerja pada viskositas $f_v = \mu V l$, dan memiliki rasio konstan pada semua *homologous points* model dan prototipe, memberikan persamaan berikut:

$$\frac{(f_i)_{\text{model}}}{(f_i)_{\text{prototype}}} = \frac{(f_v)_{\text{model}}}{(f_v)_{\text{prototype}}} \quad (2.9)$$

Atau

$$\left(\frac{f_i}{f_v}\right)_{\text{model}} = \left(\frac{f_i}{f_v}\right)_{\text{prototype}} = \left(\frac{Vl\rho}{\mu}\right)_{\text{model}} = \left(\frac{Vl\rho}{\mu}\right)_{\text{prototype}}$$

$$(Re)_{\text{model}} = (Re)_{\text{prototype}}$$

Dimana:

Re = *Reynold number*, Vl/v

V = Kecepatan

l = Panjang

v = Viskositas kinematis (m^2/det)

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

Untuk menghindari terjadinya ombak pada dinding tangki atau biasa disebut dengan *blockage effect* maka ukuran model harus disesuaikan dengan

ukuran tangki serta tinggi air dalam tangki dengan sarat model. Menurut harvald, penentuan lebar model (Bm) adalah sebagai berikut:

$$B_m < 1/10 B \text{ tangki}$$

2.9 Metode Wyman

Formula universal yang digunakan untuk menghitung hambatan lambung mode lambung planning dan displamen. Metode seperti ini ditetapkan oleh wyman untuk menghasilkan power engine yang sedang dihitung. Dengan demikian untuk menghitung hambatan, maxsurf secara akurat memprediksi hambatan lambung, efisiensi keseluruhan harus ditambahkan pada pemilihan efisien power.

Metode perhitungan ini ditemukan oleh David B. Wyman pada tahun 1998. David B. Wyman adalah seorang *naval architecture* yang saat ini tinggal di *Maine*, Amerika Serikat. Beliau pernah mengenyam pendidikan di *US Merchant Marine Academy* dan saat ini menjadi tenaga pengajar di *Maine Maritime Academy* (Eric W. Sponberg, 2010). Koefisien Wyman dijabarkan sebagai berikut :

.....(2.6)

$$C_w = 0,8 + \left(0,17 \times \frac{v}{\sqrt{Lwl}} \right)$$

Dimana :

- Cw : Koefisien *Wyman*
- v : Kecepatan (m/s)
- Lwl : Panjang garis air (m)

Koefisien Cw digunakan untuk mencari nilai *SHP (Shaft Horse Power)* kapal.

$$SHP = \left(\frac{Displ.}{1000} \right) \times \left(\frac{v}{C_w \times \sqrt{Lwl}} \right)^3 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- Displ. : Displacement (ton)
- v : kecepatan (m/s)
- Cw : Koefisien *Wyman*
- Lwl : Panjang garis air (m)
- SHP : *Power Shaft* (HP)

Dalam hubungannya dengan perhitungan tahanan kapal menggunakan metode *Wyman*, nilai SHP (*Shaft Horse Power*) atau disebut juga dengan PS (*Power Shaft*) adalah daya yang terukur hingga daerah di depan bantalan tabung poros (*stern tube*) dari sistem perporosan penggerak kapal. Sedangkan DHP (*Delivery Horse Power*) atau PD (*Power Delivery*) adalah daya yang diserap oleh baling-baling kapal guna menghasilkan gaya dorong atau dengan kata lain *Power Delivery* merupakan daya yang disalurkan oleh motor penggerak ke baling-baling kapal (*propeller*) yang kemudian dirubah menjadi gaya dorong kapal. Adapun untuk persamaannya dijabarkan sebagai berikut:

$$DHP = SHP \times \eta_s \eta_b \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

- DHP : *Power Delivery* (HP)
- $\eta_s \eta_b$: Efisiensi poros dan baling-baling

Selanjutnya setelah nilai dari *Power Delivery* sudah didapatkan kemudian nilai *Power Delivery* digunakan untuk mencari nilai EHP (*Effective Horse Power*) atau biasa juga disebut *Power Effective* (PE) adalah besarnya daya yang

dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat (*resistance*), agar kapal dapat bergerak. Adapun persamaannya diuraikan sebagai berikut:

$$EHP = DHP \times P_c \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk nilai P_c atau koefisien propulsif dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_o \times \eta \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- η_{rr} : Efisiensi relatif rotatif (1,02-1,05)
- η_o : Efisiensi propeller saat *open water test* (40% - 70%)
- η_h : Efisiensi lambung kapal

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- t : Thrust deduction power ($t = k \times w$)
- w : Wake friction ($w = [0,5Cb] \times 0,05$)
- Cb : Koefisien blok

Karena *Power Effective* (PE) adalah daya yang digunakan untuk menggerakkan badan kapal, maka terdapat hubungan antara tahanan total (Rt) dengan PE. Maka persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$R_t = \frac{EHP}{v} \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

EHP : *Power Effective* (HP)

R_t : Tahanan total (kN)

v : Kecepatan (m/s)

2.10 Tangki Percobaan (*Towing Tank*)

Towing tank adalah tangki percobaan yang berisikan air tawar (tidak digunakan air asindengan alasan kerusakan alat / model), berbentuk persegi panjang.*Towing tank* umumnya digunakan untuk mengetes tahanan dengan menggunakan model yang bergerak dalam tangki pada kecepatan tertentu sepanjang tangki. Ada beberapa tipe *towing tank* yang biasa digunakan dalam percobaan model, yakni sebagai berikut : (Djabbar, 2011)



Gambar 2.9. Kolam uji