

**STUDI TAHANAN KAPAL FERI CEPAT BERLAMBUNG DUA
TANGGA**

*Diajukan guna memenuhi persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*

MUHAMAD TORARAY DELO
D311 16 518



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA 2021

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti seminar dan ujian akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

Judul Skripsi :

“ STUDI TAHANAN KAPAL FERI CEPAT BERLAMBUNG DUA TANGGA ”

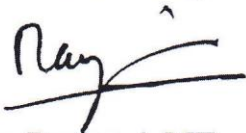
Disusun Oleh :

**MUHAMAD TORARAY DELO
D311 16 518**

Gowa, Juni 2021

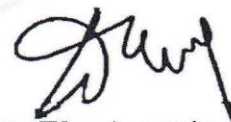
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I



Ir. Rosmani, MT.
Nip. 19600620 198802 2 001

Pembimbing II

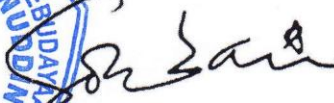


A. Dian Eka Anggriani, ST., MT.
Nip. 19870824 201903 2 009

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin




Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.
Nip. 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhamad Toraray Delo

NIM : D311 16 518

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Studi Tahanan pada Kapal Feri Cepat Berlambung Dua Tangga

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 orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 11 Juni 2021

Yang menyatakan


Muhamad Toraray Delo

ABSTRAK

Muhamad Toraray Delo/D311 16 518. "STUDI TAHANAN KAPAL FERI CEPAT BERLAMBUNG DUA TANGGA".

(Dibimbing oleh Ir. Rosmani, M.T. dan Andi Dian Eka Anggriani, ST., M.T.)

Dewasa ini, tren desain kapal cepat mengalami perubahan atau modifikasi guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar di lautan, salah satunya modifikasi pada lambung. Salah satu bentuk modifikasi lambung adalah penambahan bentuk tangga pada lambung atau *Stepped hull*. Prinsip dari pengguna *Stepped hull* adalah mengurangi permukaan basah (*wetted surface area*) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal. Desain bentuk *Stepped* pada awalnya didasarkan pada fitur geometri 2D (dimensi) yaitu bentuk V dan W dan geometri segmen 2 Dimensi yaitu bentuk U dan 2-U. Luas penampang setiap *Stepped* V, U, W, dan 2-U adalah sama yaitu sekitar 4,1899 m². Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan besaran perubahan nilai tahanan yang terjadi pada masing masing kondisi trim dan mengetahui besar nilai tahanan model kapal semi planing hull menggunakan bentuk 2 tangga V, U, W, dan 2U berdasarkan analisis *software maxsurf*. Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen yang dilakukan dilab o Hidrodinamika kapal untuk mendapatkan kecepatan dan derajat trim model kapal, yang selanjutnya akan menjadi data dalam penentuan nilai tahanan menggunakan *software maxsurf*. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bagaimana pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat dengan menggunakan desain bentuk *Stepped* V, U, W, dan 2-U pada setiap kecepatan yang berbeda. Dimana hasilnya adalah nilai tahanan model kapal 2 *Stepped* V, U, W dan 2-U yang terbesar terjadi pada kondisi trim 2° dengan rata-rata *Froude number* volume 1,9-2,4 sebesar 0,29% Perubahan kenaikan tahanan yang menurun terjadi pada kondisi trim kapal 3° dengan rata-rata *Froude number* volume 2,7-3,9 sebesar 0,14 %. Dan untuk model kapal 2 *Stepped* dengan bentuk W lebih kecil dibandingkan bentuk *Stepped* V, U dan 2-U berdasarkan *Froude Number* volume. Dimana pada *Froude Number* volume 2,4 sampai dengan 4,08 mengalami penurunan akibat perubahan luas bidang basah yang semakin kecil karena kecepatan tinggi dan kondisi trim yang besar. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar kondisi trim akibat kecepatan tinggi maka nilai tahanan kapal berkurang karena pengurangan luas bidang basah kapal.

Kata Kunci : *Stepped*, Eksperimen, Tahanan, *Software Maxsurf*.

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 TAHANAN KAPAL FERI CEPAT BERLAMBUNG DUA TANGGA

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 Ir. Nestor Jono, M.Si dan Ibunda Wa Ode Mardiana atas kesabaran, pengorbanan, nasehat dan yang terutama doa yang tak putus – putusnya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
2. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis selama menjalani proses perkuliahan ini.
3. Ibu Ir. Rosmani, MT. selaku pembimbing I dan Ibu Andi Dian Eka Anggriani., ST., MT., selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan

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

4. Bapak Ir. Lukman Bochary, MT. dan Bapak Haris Djlante., ST., MT selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini.
5. Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl-Ing 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, 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 teman-teman Program Studi Teknik Perkapalan Angkatan 2016 terkhusus untuk saudara-saudara Cruizer, terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami bersama yang menjadikan penulis bisa tumbuh dewasa dalam pikiran dan perbuatan.
9. Kepada teman-teman seperjuangan skripsi (Awaliyah, Fahreza, Ainun, Trias, Wanda, Sape Sunar, Mila), untuk memperoleh gelar sarjana memang tidak mudah kawan tapi kita dapat melewatinya.
10. Kepada kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.
11. Saudara Seperjuangan, yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala kebaikannya selama imi.
12. 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, April , 2021

MUHAMAD TORARAY DELO

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
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 Mamfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kapal	5
2.2 Kapal Cepat (High Speed Craft)	6
2.3 Karakteristik Kapal Cepat	9
2.4 Tahanan kapal	10
2.5 Komponen Tahanan	11
2.6 Semi-Displacement Ship / Semi-planing Hull `	14
2.7 Karakteristik Semi <i>Planing Hull</i>	15
2.8 Gambaran Umum Stephull / <i>Stepped</i>	16
2.9 Teori Stephull / <i>Stepped</i>	17
2.10 Tangki Percobaan (<i>Towing Tank</i>)	18
2.11 Pebandingan Model.....	18
2.12 Metode Wyman.....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.2 Jenis Penelitian.....	23
3.3 Metode Pengumpulan Data	23
3.4 Metode Pengolahan Data	23
3.4.1 Data Kapal.....	24

3.5 Pembuatan Model Kapal	24
3.6 Persiapan Pengujian	30
3.7 Matriks Waktu Pengujian.....	30
3.7.1 Matriks Kebutuhan Pengujian	30
3.7.2 Sop Pengujian	33
3.8 Analisis data	34
3.8.1 Analisis Kecepatan dan Derajat Trim 2 <i>Stepped</i>	34
3.8.2 Pemodelan Kapal Berlambung Dua Tangga Menggunakan <i>Maxsurf</i>	34
3.8.3 Pengkondisian Trim Model Kapal.....	35
3.8.4 Menghitung Tahanan Kapal Dengan <i>Maxsurf Resistance</i>	40
3.8.5 Membandingkan Nilai Tahanan Kapal Berbagai Kondisi	43
3.8.6 Penarikan Kesimpulan.....	43
3.9 Kerangka Pemikiran.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Bentuk Hidrostatik Model Kapal	43
4.2 Bentuk Model Kapal	43
4.3 Analisi Kecepatan dan Derajat Trim Model Kapal.....	44
4.3.1 Analisis Kecepatan dan Derajat Trim 2 <i>Stepped</i> V, U, W, dan 2U...44	
4.4 Kondisi Trim Kapal.....	45
4.5 Perhitungan Tahanan Kapal Feri Cepat Berlambung 2 Tangga.....	45
4.5.1 Perhitungan Tahanan Model Kapal 2 <i>Stepped</i> V.....	46
4.5.2 Perhitungan Tahanan Model Kapal 2 <i>Stepped</i> U.....	47
4.5.3 Perhitungan Tahanan Model Kapal 2 <i>Stepped</i> W.....	49
4.5.4 Perhitungan Tahanan Model Kapal 2 <i>Stepped</i> 2U.....	50
4.6 Perbandingan Nilai Tahanan Total Kapal Untuk Setiap Tipe <i>Stepped</i>	52
4.6.1 Perbandingan Nilai Tahanan Total dan Kondisi Trim Kapal Untuk Setiap Tipe <i>Stepped</i>	52
BAB V KESIMPULAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	54

Daftar Pustaka

Lampiran

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
Cb	= Koefisien blok
Ct	= Koefisien tahanan
Rt	= Tahanan total (Kn)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kebutuhan / material pembuatan model.	25
Tabel 3.2. Matriks waktu pengujian.....	30
Tabel 4.1. Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 2 <i>Stepped V Maxsurf</i>	46
Tabel 4.2. Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 2 <i>Stepped U</i>	48
Tabel 4.3. Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 2 <i>Stepped W</i>	49
Tabel 4.4. Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 2 <i>Stepped 2-U</i>	51
Tabel 4.5. Nilai Tahanan Total Maxsurf Kapal Berlambung 2 Tangga	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hovercraft.....	7
Gambar 2.2	Hidrofoil	8
Gambar 2.3	Catamaran Sumber (Aero-Hydrodynamics of Sailing).....	8
Gambar 2.4	Monohull	9
Gambar 2.5	Displacement Ship.....	15
Gambar 2.6.	Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori displacement hull, planing hull, semi-planing hull	15
Gambar 2.7.	Visualisasi Stephull.....	16
Gambar 2.8.	Kapal planning dengan <i>Stepped</i> melintang.	16
Gambar 2.9.	Perhitungan perbandingan antara sudut tirm dan kecepatan.	17
Gambar 2.10	Posisi stphull di midship lebih optimal dibanding dengan posisi yang lebih ke haluan.	17
Gambar 2.11	Tangki Percobaan.....	18
Gambar 3.1	Lines plan kapal pada software autocad.....	24
Gambar 3.2	section pada material frame.....	26
Gambar 3.3	frame direkatkan pada pola waterline.	26
Gambar 3.4	Proses pendempulan model.....	27
Gambar 3.5	Pemasangan <i>Stepped</i>	27
Gambar 3.6	Pengaplikasian serat met kecetakan.	28
Gambar 3.7	Pelepasan model dari cetakan.	28
Gambar 3.8	Proses pendempulan dan pengamplasan.	29
Gambar 3.9	Proses pengecetan model.	29
Gambar 3.10	Proses menghubungkan penggerak model.	29
Gambar 3.11	ESC(Elekctronic speed control).....	31
Gambar 3.12	Remote Control	31
Gambar 3.13	Receiver.....	31
Gambar 3.14	Baterai	32
Gambar 3.15	Motor DC brushless	32
Gambar 3.16	Profeller 3 blade	32
Gambar 3.17	Shaft dan Universal Joint	33
Gambar 3.18	Tampilan awal model kapal tanpa <i>Stepped</i> pada Maxsurf Modeller	35
Gambar 3.19	Tampilan awal model kapal tanpa <i>Stepped</i> pada Maxsurf Modeller	36
Gambar 3.20	Tampak atas kapal dengan penampang 2 <i>Stepped</i> v	36
Gambar 3.21	Tampak samping kapal dengan 2 <i>Stepped</i> v	37
Gambar 3.22	Proses trim kapal untuk membuat <i>Stepped</i> v	37
Gambar 3.23	Tampak kapal dengan 2 <i>Stepped</i> v	38
Gambar 3.24	Proses koreksi luasan penampang pada aplikasi AutoCad.....	38
Gambar 3.25	Tampilan menu rotate surface	39
Gambar 3.26	Tampilan profile model kapal 2 <i>Stepped</i> v.....	40
Gambar 3.27	Tampilan awal Maxsurf Resistance	40
Gambar 3.28	Tampilan pemilihan surface	41
Gambar 3.29	Pemilihan Metode Wyman.....	41

Gambar 3.30 Pemilihan kecepatan model kapal	42
Gambar 3.31 Pemilihan efficiency	42
Gambar 3.32 Data nilai tahanan hasil perhitungan dengan metode Wyman	43
Gambar 3.33 Kurva nilai tahanan	43
Gambar 3.34 Kerangka pikir penelitian	44
Gambar 4.1 Tampak bawah kapal dan Tampak prespektif kapal 2 <i>Stepped V</i>	44
Gambar 4.2 Tampak bawah kapal dan Tampak prespektif kapal 2 <i>Stepped U</i>	44
Gambar 4.3 Tampak bawah kapal dan Tampak prespektif kapal 2 <i>Stepped W</i>	44
Gambar 4.4 Tampak bawah kapal dan Tampak prespektif kapal 2 <i>Stepped 2U</i>	44
Gambar 4.5 Kondisi kapal 2 <i>Stepped</i> pada kondisi trim	45
Gambar 4.6 Kurva tahanan model kapal 2 <i>Stepped V</i> maxsurf untuk setiap kenaikan Froude number Volume.....	47
Gambar 4.7 Kurva tahanan model kapal 2 <i>Stepped U</i> untuk setiap kenaikan Froude number Volume.....	48
Gambar 4.8 Kurva tahanan model kapal 2 <i>Stepped W</i> untuk setiap kenaikan Froude number Volume.....	50
Gambar 4.9 Kurva tahanan model kapal 2 <i>Stepped 2-U</i> untuk setiap kenaikan Froude number Volume.....	51
Gambar 4.10 Kurva Tahanan Model Kapal dengan varian bentuk <i>Stepped</i> untuk setiap kenaikan trim buritan.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel *offset lines plan* kapal *semi palning* SS 4

Lampiran 2. Penentuan skala model

Lampiran 3. Ukuran utama model

Lampiran 4. Tabel Kecepatan Model Kapal Bentuk 2 *Stepped* V, U, W dan 2-U

Lampiran 5. Bentuk model kapal *stepeed* V, U, W, dan 2U dengan enam variasi kecepatan yang berbeda berdasarkan kondisi trim buritan yang telah didapatkan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan Negara maritim terbesar di dunia. Hampir dua per tiga wilayah Indonesia terdiri dari laut dan sisanya adalah pulau. Sehingga Indonesia menyanggah predikat Negara Maritim atau Negara Kepulauan. Sifat maritime itu sendiri mengarah pada terwujudnya aktifitas di wilayah perairan Indonesia, diantaranya eksploritasi, pelayaran, pengangkutan barang, penelitian ekosistem laut, dan penyebrangan. Maka sangat diperlukan alat transportasi jalur laut yang memadai, yaitu kapal.

Ada berbagai jenis type kapal yang berlayar di Indonesia, salah satunya adalah kapal feri. Kapal feri digunakan sebagai moda transportasi penyeberangan antar pulau, diantaranya melalui kapal penyeberangan berupa feri roll on roll off atau yang lebih dikenal dengan kapal ro-ro atau feri ro-ro. Kapal feri ro-ro berfungsi untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya dalam melayani penyebrangan antar. Tetapi ada juga kapal penumpang cepat (high speed feri) yang memberikan alternatif pilihan moda transportasi kapal laut kepada calon penumpang yang digunakan sebagai transportasi penyeberangan antara pulau-pulau kecil yang tidak terjangkau oleh kapal feri ro-ro. Kapal penumpang cepat (high speed feri) ini memiliki kecepatan yang relatif lebih besar dibanding kapal yang lain, ini disebabkan karena model rancangan dari kapal ini di rancang untuk meminimalisir tahanan yang dihasilkan sehingga kecepatan kapal dapat optimal secara signifikan. Tentunya dalam memenuhi tujuan dari kapal feri cepat tadi, maka dalam merencanakan desain lambung harus memperhatikan aspek tahanan yang dihasilkan oleh kapal untuk mendapatkan kecepatan kapal yang diinginkan.

Dewasa ini, trend desain kapal cepat mengalami perubahan atau modifikasi pada hull khususnya, guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa. Salah satu cara pada modifikasi hull ialah penambahan bentuk *Stepped hull*. Prinsip dari penggunaan *Stepped hull* adalah

mengurangi permukaan basah (wetted surface area) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal dan akan menambah gaya tekan keatas yang akan mengurangi tahanan kapal serta menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi. Garland, W. R. (2010) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui besar hambatan pada kapal dengan membandingkan antara kapal tipe lambung yang menggunakan desain *Stepped* dengan tipe kapal tanpa *Stepped*.

Perubahan nilai tahanan sebuah kapal dipengaruhi oleh luas permukaan kapal yang terendam ke dalam air. Semakin besar pengurangan luasan permukaan kapal yang terendam air, maka semakin kecil nilai tahanan yang di hasilkan. Hal ini dibuktikan dengan semakin tinggi derajat trim maka nilai dari tahanan kapal akan berkurang disebabkan oleh panjang garis air berkurang walaupun pada kecepatan yang sama.

Berdasarkan uraian diatas, sehingga pada penelitian ini penulis tertarik untuk mengkaji tentang *tahanan kapal*, pada tipe lambung kapal *semi planing hull* dengan berbagai variasi bentuk 2 *Stepped* dengan judul:

“STUDI TAHANAN KAPAL FERI CEPAT BERLAMBUNG DUA TANGGA”

1.2 Rumusan Masalah

Sebagaimana diuraikan pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir (skripsi) ini adalah:

1. Berapa besar perubahan nilai tahanan model kapal feri cepat berlambung dua tangga V, U, W, dan 2U berdasarkan analisis software maxsurf ?
2. Bagaimana pengaruh kondisi trim terhadap perubahan nilai tahanan kapal feri cepat berlambung dua tangga ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang di berikan dalam penelitian ini adalah :

1. Kapal yang digunakan adalah kapal ferry cepat.
2. Model *Stepped* kapal yang digunakan dalam 4 desain bentuk V, U, W dan 2-U.
3. Pengujian model kapal feri cepat berlambung dua tangga dilakukan di tangki percobaan (towing tank) untuk mendapatkan kecepatan model kapal dan kondisi trim.
4. Pengujian di lakukan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Unhas.
5. Perhitungan tahanan model kapal feri cepat berlambung dua tangga menggunakan Software Maxsurf Resistance.
6. Daya propeller dan daya mesin kapal diabaikan.
7. Skala model kapal yakni 1:15.
8. Kecepatan dan kondisi trim yang digunakan berdasarkan hasil pengujian.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat dari tugas akhir (skripsi) ini adalah:

1. Menentukan besar perubahan nilai tahanan model kapal feri cepat berlambung 2 tangga pada masing-masing kondisi trim menggunakan Software Maxsurf Resistance.
2. Menentukan pengaruh kondisi trim terhadap perubahan nilai tahanan pada masing-masing variasi *Stepped* kapal feri cepat berlambung dua tangga.

1.5 Mamfaat Penelitian

Mamfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan rujukan dalam pengembangan kajian tentang penggunaan dua stephull/*Stepped* pada lambung kapal.
2. Sebagai masukan bagi perancang kapal dalam merancang kapal cepat yang efisien saat beroperasi.

3. Sebagai informasi mengenai pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan kapal.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir (skripsi) ini meliputi sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang permasalahan yang mendasari dalam melakukan penelitian dengan judul “Investigasi Secara Eksperimen Tahanan Kapal Feri Cepat Berlambung Dua Tangga”. Selain itu berisi juga mengenai rumusan masalah yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini, batasan masalah yang meliputi batasan kegiatan dalam tugas akhir (skripsi) ini, tujuan dan manfaat dari penelitian serta sistematika penulisan tugas akhir (skripsi).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori dasar yang mendukung permasalahan dan digunakan dalam membahas penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode yang akan digunakan dalam penelitian berupa waktu dan tempat pelaksanaan, objek penelitian, sumber data penelitian dan kerangka alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan uraian mengenai pembahasan permasalahan yang diteliti yaitu hubungan antara penggunaan *Stepped* pada kapal dengan nilai tahanan yang dihasilkan kapal feri cepat berlambung dua tangga melalui pengujian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan atau hasil akhir dari penulisan tugas akhir (skripsi) serta masukan berupa saran-saran yang akan menyempurnakan tugas akhir (skripsi) ini selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut (sungai dsb) seperti halnya sampan atau perahu yang lebih kecil. Kapal biasanya cukup besar untuk membawa perahu kecil seperti sekoci. Sedangkan dalam istilah Inggris, dipisahkan antara ship yang lebih besar dan boat yang lebih kecil. Secara kebiasaannya kapal dapat membawa perahu tetapi perahu tidak dapat membawa kapal. Ukuran sebenarnya di mana sebuah perahu disebut kapal selalu ditetapkan oleh undang-undang dan peraturan atau kebiasaan setempat.

Berabad-abad kapal digunakan oleh manusia untuk mengarungi sungai atau lautan yang diawali oleh penemuan perahu. Biasanya manusia pada masa lampau menggunakan kano, rakit ataupun perahu, semakin besar kebutuhan akan daya muat maka dibuatlah perahu atau rakit yang berukuran lebih besar yang dinamakan kapal. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kapal pada masa lampau menggunakan kayu, bambu ataupun batang-batang papyrus seperti yang digunakan bangsa mesir kuno kemudian digunakan bahan bahan logam seperti besi/baja karena kebutuhan manusia akan kapal yang kuat. Untuk penggeraknya manusia pada awalnya menggunakan dayung kemudian angin dengan bantuan layar, mesin uap setelah muncul revolusi Industri dan mesin diesel serta Nuklir. Beberapa penelitian memunculkan kapal bermesin yang berjalan mengambang di atas air seperti Hovercraft dan Eakroplane. Serta kapal yang digunakan di dasar lautan yakni kapal selam (Wikipedia.org).

Indonesia yang merupakan Negara maritim terbesar di dunia. Hampir dua per tiga wilayah Indonesia terdiri dari laut dan sisanya adalah pulau. Sifat maritim itu sendiri lebih mengarah pada terwujudnya aktifitas di wilayah perairan Indonesia, diantaranya eksploritasi, pelayaran, pengangkutan barang, dan penyebrangan antar pulau. Dalam menunjang konektifitas antar pulau di Indonesia, sangat diperlukan alat transportasi jalur laut yang memadai. Kapal

yang digunakan sebagai moda transportasi penghubung antar daerah/pulau diantaranya menggunakan kapal penyeberangan berupa feri roll on roll off (roro).

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 ferry internasional yang melayani Selat Malaka antara Sumatra dan Malaysia, dan juga Singapura, dan pulau-pulau kecil Indonesia seperti Batam. (wikipedia.org)

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

Nama *hovercraft* digunakan karena kapal ini melayang di atas permukaan air karena tekanan udara . cara kerjanya sudah benar-benar mirip dengan pesawat terbang. Gaya angkat yang terjadi pada badan kapal bukan dihasilkan dari hembusan fan yang dipasang pada bagian bawah kapal. Tapi lebih karena gaya aerodinamik yang dihasilkan karena kecepatan. Gaya ini dihasilkan oleh sayap yang terpasang pada sisi kanan dan kiri kapal.



Sumber (*Majalah Teknologi dan Strategi Militer 26*)

Gambar 2.1 *Hovercraft*

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.



Sumber : (*The International Hydrofoil Society*)
Gambar 2.2 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. 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.



Gambar 2.3 Catamaran
Sumber (*Aero-Hydrodynamics of Sailing*)

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).



Sumber (*Doctoral Thesis from Delft University of Technology*)
Gambar 2.4 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:

$$F_n = \frac{V \left(\frac{m}{s} \right)}{\sqrt{g \times LWL}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

v : kecepatan kapal (m/s)

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

l : panjang kapal (m)

$F_n V$ didefinisikan sebagai berikut:

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

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-planning hull* nilai *Froude Number* (F_n) biasanya berkisar antara 0,4 sampai 1.

2.4 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. Dimana tahanan total merupakan penjumlahan tahanan gesek (R_f) dengan hambatan sisa (R_R) sehingga, didapat persamaan $R_t = R_f + R_r = R_f + p$ (Sutiyo, 2014)

2.5 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 Reynold (*Reynold's number*, Rn)

$$Rn = \frac{V \times LWL}{\nu} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

v : Kecepatan (m/s)

LWL : Panjang garis air (m)

ν : viskositas air laut $1 \times 10^{-6} m^2/s$

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

$$Cf = 0,075 / (\log Rn - 2)^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

(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 Vs 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 di alami oleh bagian badan kapal utama yang berada diatas air dan bangunan atas (Superstruktura) 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 Guldammer 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)

2.6 Semi-Displacement Ship / Semi-planing Hull

Dalam merancang kapal diketahui 3 bentuk lambung kapal yang umum, yaitu *displacement*, *hull planning* dan *semi-displacement*. Perbedaan dari ketiga desain diatas yaitu untuk lambung yang memakai bentuk *displacement ship* adalah untuk kapal-kapal yang berukuran besar dan jarak pelayaran yang jauh. Sedangkan untuk kapal yang memakai bentuk *hull planning* adalah kapal-kapal yang memiliki bentuk lambung seperti huruf V, biasanya kapal-kapal ini memiliki kecepatan yang tinggi dan penggunaan bahan bakar yang efisien.

Kapal *semi-displacement ship* adalah bentuk kapal yang bisa dikatakan sebagai bentuk kapal yang terbaik dibanding bentuk lambung yang lain. Kapal dengan bentuk *semi-displacement* dapat mencapai kecepatan yang lebih tinggi sekitar 35% dibandingkan dengan bentuk lambung displacement dengan daya mesin yang sama. Pada kapal dengan bentuk *semi displacement* hal yang terpenting adalah berat kapal akan disangga lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik dari pada hidrostatik. Gaya angkat hidrodinamik ini timbul karena adanya suatu deviasi aliran di sekitar dasar kapal bagian buritan, sehingga mengakibatkan kapal trim. Pada fase ini titik berat kapal akan naik sehingga haluan kapal akan terus naik ke arah permukaan ,sedangkan untuk bagian pada buritannya akan berangsurangsur terbenam.

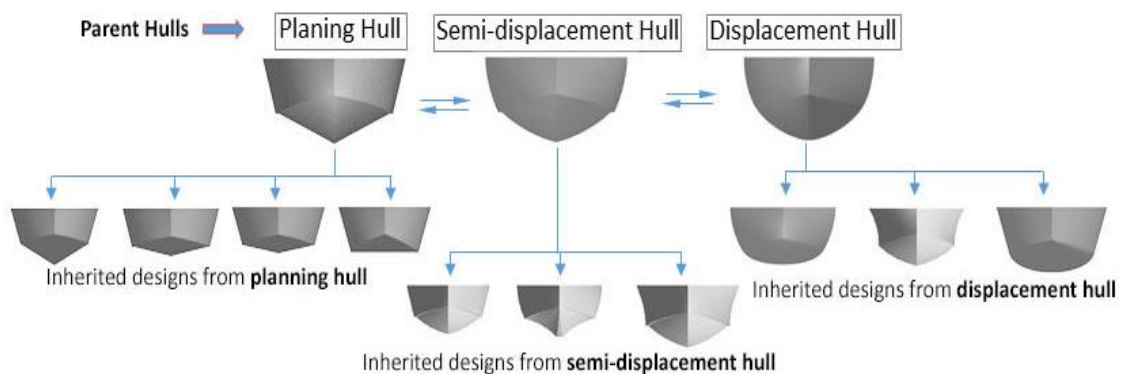


Sumber : (Oceansportstuition.co.uk/differences-planning-displacement-semi-displacement-hull/).

Gambar 2.5 Displacement Ship

2.7 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 2.6.



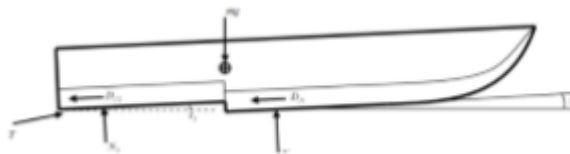
Gambar 2.6. Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori *displacement hull*, *planing hull*, *semi-planing hull*

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*.

2.8 Gambaran Umum Stephull / *Stepped*

Seiring dengan meningkatnya modifikasi kapal cepat, meningkat pula resistensi yang disebabkan oleh gelombang yang signifikan, sehingga pembuatan kapal membutuhkan kritisasi efektifitas yang tinggi. Desain dan analisis prosedur diperlukan untuk kapal berkecepatan tinggi dikarenakan kinerja dan karakter kecepatan tinggi menjadi sangat penting di beberapa kebutuhan. Oleh karena itu, diperlukan untuk membuat strategi perancangan bentuk lambung dalam rangka mengurangi hambatan kapal. Stephull merupakan modifikasi bentuk lambung berupa step melintang yang ditempatkan pada bawah lambung bagian midship kapal..Stephull atau transvers step atau step planing hull atau planing *Stepped* hull merupakan modifikasi pada bagian bawah lambung kapal berupa step melintang atau jika dilihat bangunan kapal dari samping, bentuk kapal seperti terpotong bagian bawahnya. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)



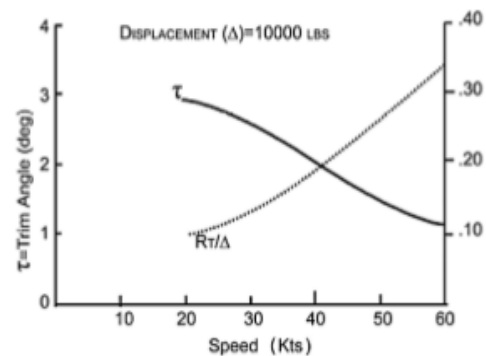
Gambar 2.7. Visualisasi Stephull



Gambar 2.8. Kapal planing dengan *Stepped* melintang.

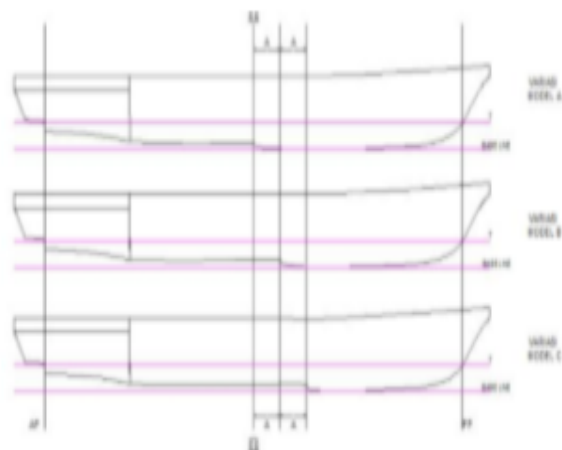
2.9 Teori Stephull / Stepped

Pada kapal cepat dengan modifikasi stephull, sudut trim dari kapal monohull planing akan berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan dan rasio hambatan/displasemen akan bertambah seiring dengan meningkatnya kecepatan. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)



Gambar 2.9. Perhitungan perbandingan antara sudut trim dan kecepatan.

Dari hasil jurnal tentang analisa posisi stephull, posisi yang paling optimal adalah terletak pada bagian midship kapal karena memiliki nilai hambatan yang lebih rendah dibandingkan dengan posisi stephull yang berada 2-4 frame di depan midship kapal atau yang lebih ke arah haluan. . (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)



Gambar 2.10. Posisi stephull di midship lebih optimal dibanding dengan posisi yang lebih ke haluan.

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 2.11 Tangki Percobaan

2.11 Pebandingan 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:

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

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:

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

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:

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

Atau

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

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

Dimana:

Re = Reynold number, Vl/v

V = Kecepatan

l = Panjang

v = Viskositas kinematis (m^2/det)

$$\rho = \text{Massa jenis (kg/m}^3\text{)}$$

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 (B_m) adalah sebagai berikut:

$$B_m < 1/10 B \text{ tangki} \dots \dots \dots (2.10)$$

2.12 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 :

$$C_w = 0,8 + \left(0,17 \times \frac{v}{\sqrt{Lwl}} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

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

Koefisien C_w 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:

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

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

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

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:

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