

**STUDI PREDIKSI TAHANAN SEMI PLANING HULL DENGAN
BENTUK STEPPED MELALUI PENGUJIAN MODEL**

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

Disusun dan diajukan oleh

MILA KARMILA

D311 16 013



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA 2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI PREDIKSI TAHANAN SEMI PLANING HULL DENGAN
BERBAGAI BENTUK STEPPED MELALUI PENGUJIAN MODEL**

Disusun dan diajukan oleh

MILA KARMILA

D311 16 013

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi

Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

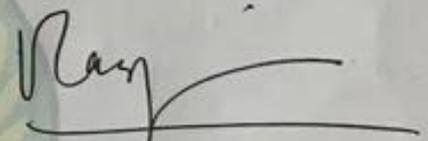
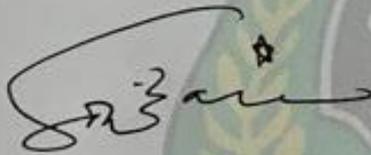
Pada tanggal 26 Februari 2021

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.Hj.Rosmani, MT.

Nip. 19600620 198802 2 001

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 : Mila Karmila
NIM : D311 16 013
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“STUDI PREDIKSI TAHANAN SEMI PLANING HULL DENGAN
BERBAGAI BENTUK STEPPED 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


Mila Karmila

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 SEMI PLANING HULL DENGAN BENTUK STEPPED MELALUI PENGUJIAN MODEL

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 Amrullah dan Ibunda Ida Diawati atas kesabaran, pengorbanan, nasehat dan yang terutama doa yang tak putus – putusnya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik dan untuk saudara tercinta yang telah memberikan support dan semangat tiada henti: Teknik09 (Awalend, Inun, Ira, Ica dan Yunan) atas perhatian dan dukungannya.
2. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku pembimbing I sekaligus Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin dan Ibu Ir. Rosmani, MT selaku pembimbing II sekaligus Kepala Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan yang telah banyak memberikan bimbingan

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

3. Ibu Dr. Eng. A. Ardianti, ST., MT dan Ibu Andi Dian Eka Anggriani., ST., MT selaku dosen laboratorium hidrodinamika sekaligus penguji dalam tugas akhir ini.
4. Ibu Ir. Rosmani, MT selaku Penasehat Akademik yang selalu membimbing dan mendidik penulis selama masa perkuliahan ini..
5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
6. 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.
7. Kepada teman-teman Program Studi Teknik Perkapalan Angkatan 2016 terkhusus untuk teman-teman seperjuangan Eror, terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami bersama yang menjadikan penulis bisa tumbuh dewasa dalam pikiran dan perbuatan.
8. Kepada teman-teman seperjuangan skripsi (Awaliyah, Fahreza, Ainun, Trias, Wandu, Taslim, Sunar, Tora Delo), untuk memperoleh gelar sarjana memang tidak mudah kawan tapi kita dapat melewatinya.
9. Kepada kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.
10. Saudara Seperjuangan, yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala kebaikannya selama ini.
11. 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, 26 Februari, 2021

Mila karmila

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Kapal Feri	5
2.2 Kapal Cepat (<i>High Speed Craft</i>).....	6
2.3 Karakteristik Kapal Cepat.....	9
2.4 Tahanan Kapal.....	10
2.5 <i>Semi Planing Hull</i>	14
2.6 Karakteristik <i>Semi Planning Hull</i>	15
2.7 <i>Stephull / Stepped</i>	15
2.8 Trim Kapal.....	17
2.9 Tangki Percobaan	18
2.10 Perbandingan Model.....	19
2.11 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 Kajian Pustaka	24
3.4.2 Data Kapal	24
3.5 Pembuatan Model Kapal	24
3.6 Persiapan Pengujian.....	30
3.6.1 Matriks Waktu Pengujian	31
3.6.2 Matriks Kebutuhan Pengujian	32
3.6.3 Sop Pengujian.....	32
3.7 Analisis Data.....	33
3.8 Kerangka Pemikiran	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Bentuk Hidrostatik Model Kapal.....	37
4.2 Bentuk Model Kapal.....	38
4.3 Perhitungan <i>Coefficient</i> Tahanan Variasi Bentuk <i>Stepped</i>	39
4.3.1 Perhitungan <i>Coefficient</i> Tahanan Kapal 1 <i>Stepped V</i>	39
4.3.2 Perhitungan <i>Coefficient</i> Tahanan Kapal 1 <i>Stepped U</i>	43
4.3.3 Perhitungan <i>Coefficient</i> Tahanan Kapal 1 <i>Stepped W</i>	47
4.3.4 Perhitungan <i>Coefficient</i> Tahanan Kapal 1 <i>Stepped 2-U</i>	51
4.4 Perhitungan Tahanan Model Kapal dengan Variasi Bentuk <i>Stepped</i>	55
4.4.1 Perhitungan Tahanan Model Kapal 1 <i>Stepped V</i>	55
4.4.2 Perhitungan Tahanan Model Kapal 1 <i>Stepped U</i>	56
4.4.3 Perhitungan Tahanan Model Kapal 1 <i>Stepped W</i>	58
4.4.4 Perhitungan Tahanan Model Kapal 1 <i>Stepped 2-U</i>	59
4.5 Hasil Analisa.....	61
4.5.1 Perbandingan Nilai Tahanan Maxsurf dan Tahanan Model Kapal 1 <i>Stepped V</i>	61
4.5.2 Perbandingan Nilai Tahanan Maxsurf dan Tahanan Model Kapal 1 <i>Stepped U</i>	63

4.5.3 Perbandingan Nilai Tahanan Maxsurf dan Tahanan	
Model Kapal 1 <i>Stepped W</i>	64
4.5.4 Perbandingan Nilai Tahanan Maxsurf dan Tahanan	
Model Kapal 1 <i>Stepped 2-U</i>	66
4.5.5 Hasil Nilai Tahanan Total Model Kapal Desain 4 Bentuk	
<i>Stepped</i>	67
BAB IV KESIMPULAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
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
FnV	= Froude Number Volume
Cw	= Koefisien Wyman
Cb	= Koefisien blok
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)
L_r	= Skala model
L_m	= Panjang model (m)
L_p	= Panjang Kapal (m)
V_m	= Kecepatan model (m/s)
V_p	= Kecepatan Kapal (m/s)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kebutuhan / material pembuatan model	22
Tabel 3.2 Matriks waktu pengujian.....	28
Tabel 3.3 Matriks kebutuhan pengujian.....	29
Tabel 4.1 Ukuran utama kapal dan ukuran utama model.....	37
Tabel 4.2 Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal 1 <i>stepped V</i>	42
Tabel 4.3 Coefficient Tahanan kapal 1 <i>stepped V</i>	42
Tabel 4.4 Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal 1 <i>stepped U</i>	46
Tabel 4.5 Coefficient Tahanan kapal 1 <i>stepped U</i>	46
Tabel 4.6 Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal 1 <i>stepped W</i>	50
Tabel 4.7 <i>Coefficient</i> Tahanan kapal 1 <i>stepped W</i>	50
Tabel 4.8 Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal 1 <i>stepped 2-U</i>	54
Tabel 4.9 <i>Coefficient</i> Tahanan kapal 1 <i>stepped 2-U</i>	54
Tabel 4.10 Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 1 <i>stepped V</i>	55
Tabel 4.11 Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 1 <i>stepped U</i>	57
Tabel 4.12 Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 1 <i>stepped W</i>	58
Tabel 4.13 Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 1 <i>stepped 2-U</i>	60
Tabel 4.14 Perbandingan nilai Tahanan <i>Maxsurf</i> dan Tahanan Model kapal 1 <i>stepped V</i>	62
Tabel 4.15 Perbandingan nilai Tahanan <i>Maxsurf</i> dan Tahanan Model kapal 1 <i>stepped U</i>	63
Tabel 4.16 Perbandingan nilai Tahanan <i>Maxsurf</i> dan Tahanan Model kapal 1 <i>stepped W</i>	65
Tabel 4.17 Perbandingan nilai Tahanan <i>Maxsurf</i> dan Tahanan Model kapal 1 <i>stepped 2-U</i>	66
Tabel 4.18 Nilai Tahanan Total Model Kapal 1 varian <i>Stepped</i>	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Hovercraft</i>	6
Gambar 2.2. <i>Hidrofoil</i>	7
Gambar 2.3 <i>Catamaran</i>	8
Gambar 2.4 <i>Monohull</i>	9
Gambar 2.5 <i>Displacement Ship</i>	14
Gambar 2.6 Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori <i>displacement hull, planing hull, semi-planing hull</i>	15
Gambar 2.7 Visualisasi <i>Stephull</i>	16
Gambar 2.8 Kapal planning dengan step melintang	16
Gambar 2.9 Perhitungan perbandingan antara sudut tirm dan kecepatan	17
Gambar 2.10 Posisi stephull di midship lebih optimal disbanding dengan posisi yang lebih ke haluan.....	17
Gambar 2.11 Kapal Kondisi Even Keel.....	18
Gambar 2.12 Kapal Kondisi Trim by Stern.....	19
Gambar 2.13 Kapal Kondisi Trim by Head.....	19
Gambar 2.14 Kolam uji.....	18
Gambar 3.1 Gambar <i>lines plan</i> kapal.....	21
Gambar 3.2 Gambar section pada material frame.....	23
Gambar 3.3 Gambar frame direkatkan pada pola waterline	23
Gambar 3.4 Pemasangan kulit.....	24
Gambar 3.5 Proses pendempulan model.....	24
Gambar 3.6. Pemasangan <i>Stepped</i>	25
Gambar 3.7. Pengaplikasian serat met ke cetakan	25
Gambar 3.8. Pelepasan model dari cetakan	25
Gambar 3.9. Proses pendempulan dan pengamplasan	26
Gambar 3.10 Proses pengecetan model	26
Gambar 3.11 Proses pengecetan model	26
Gambar 3.12 Pemasangan shaft dan mesin pada model	27
Gambar 3.13 Pemasangan propeller	27

Gambar 3.14 Proses menghubungkan penggerak model	27
Gambar 3.15 Kerangka pikir penelitian	32
Gambar 4.1. Tampak bawah kapal dan Tampak prespektif kapal 1 <i>stepped</i> V	38
Gambar 4.2 Tampak bawah kapal dan Tampak prespektif kapal 1 <i>stepped</i> U	38
Gambar 4.3 Tampak bawah kapal dan Tampak prespektif kapal 1 <i>stepped</i> W	38
Gambar 4.4 Tampak bawah kapal, Tampak prespektif kapal 1 <i>stepped</i> 2-U	38
Gambar 4.5 Model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan fnV sebesar 0.99	39
Gambar 4.6 Model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan fnV sebesar 1.140	39
Gambar 4.7 Model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan fnV sebesar 2.124	39
Gambar 4.8 Model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan fnV sebesar 3.098	39
Gambar 4.9 Model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan fnV sebesar 3.539	39
Gambar 4.10 Model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan fnV sebesar 3.602	40
Gambar 4.11 Kondisi trim 1° model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan FnV 0.999	40
Gambar 4.12. Kondisi trim 1° model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan FnV 1.140....	40
Gambar 4.13. Kondisi trim 2° model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan FnV 2.124....	40
Gambar 4.14 Kondisi trim 2° model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan FnV 3.098	41
Gambar 4.15 Kondisi trim 3° model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan FnV 3.539	41
Gambar 4.16 Kondisi trim 3° model kapal 1 <i>stepped</i> V dengan FnV 3.602	41
Gambar 4.17 Model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan fnV sebesar 0.428	43
Gambar 4.18 Model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan fnV sebesar 0.435	43
Gambar 4.19 Model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan fnV sebesar 1.786	43
Gambar 4.20 Model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan fnV sebesar 2.181	43
Gambar 4.21 Model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan fnV sebesar 3.539	43
Gambar 4.22 Model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan fnV sebesar 3.577	44
Gambar 4.23 Kondisi trim 1° model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan FnV 0.428	44
Gambar 4.24 Kondisi trim 1° model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan FnV 0.435	44
Gambar 4.25 Kondisi trim 2° model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan FnV 1.786	44
Gambar 4.26 Kondisi trim 2° model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan FnV 2.181	45

Gambar 4.27 Kondisi trim 3° model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan FnV 3.539	45
Gambar 4.28 Kondisi trim 3° model kapal 1 <i>stepped</i> U dengan FnV 3.577	45
Gambar 4.29 Model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan fnV sebesar 0.953	47
Gambar 4.30 Model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan fnV sebesar 1.055	47
Gambar 4.31 Model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan fnV sebesar 1.945	47
Gambar 4.32 Model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan fnV sebesar 2.151	47
Gambar 4.33 Model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan fnV sebesar 3.016	47
Gambar 4.34 Model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan fnV sebesar 3.641	48
Gambar 4.35 Kondisi trim 1° model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan FnV 0.953....	48
Gambar 4.36 Kondisi trim 1° model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan FnV 1.055....	48
Gambar 4.37 Kondisi trim 2° model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan FnV 1.945....	48
Gambar 4.38 Kondisi trim 2° model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan FnV 2.151....	49
Gambar 4.39 Kondisi trim 3° model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan FnV 3.016....	49
Gambar 4.40 Kondisi trim 3° model kapal 1 <i>stepped</i> W dengan FnV 3.641....	49
Gambar 4.41 Model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan fnV sebesar 0.826.....	51
Gambar 4.42 Model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan fnV sebesar 0.906.....	51
Gambar 4.43 Model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan fnV sebesar 1.759.....	51
Gambar 4.44 Model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan fnV sebesar 2.169.....	51
Gambar 4.45 Model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan fnV sebesar 2.938.....	51
Gambar 4.46 Model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan fnV sebesar 3.552.....	51
Gambar 4.47 Kondisi trim 1° model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan FnV 0.826 .	52
Gambar 4.48 Kondisi trim 1° model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan FnV 0.906 .	52
Gambar 4.49 Kondisi trim 2° model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan FnV 1.759 .	52
Gambar 4.50 Kondisi trim 2° model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan FnV 2.169 .	53
Gambar 4.51 Kondisi trim 3° model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan FnV 2.938 .	53
Gambar 4.52 Kondisi trim 3° model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U dengan FnV 3.552 .	53
Gambar 4.53 Kurva tahanan model kapal 1 <i>stepped</i> V untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.	56
Gambar 4.54 Kurva tahanan model kapal 1 <i>stepped</i> U untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.	57
Gambar 4.55 Kurva tahanan model kapal 1 <i>stepped</i> W untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.	59

Gambar 4.56 Kurva tahanan model kapal 1 <i>stepped</i> 2-U untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.	61
Gambar 4.57 Kurva Perbandingan Nilai Tahanan Total <i>Maxsurf</i> dengan Tahanan Total Model Kapal 1 <i>stepped</i> V untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.....	62
Gambar 4.58 Kurva Perbandingan Nilai Tahanan Total <i>Maxsurf</i> dengan Tahanan Total Model Kapal 1 <i>stepped</i> U untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.....	64
Gambar 4.59 Kurva Perbandingan Nilai Tahanan Total <i>Maxsurf</i> dengan Tahanan Total Model Kapal 1 <i>stepped</i> W untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.....	65
Gambar 4.60 Kurva Perbandingan Nilai Tahanan Total <i>Maxsurf</i> dengan Tahanan Total Model Kapal 1 <i>stepped</i> W untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.....	67
Gambar 4.61 Kurva Tahanan Model Kapal dengan varian bentuk <i>stepped</i> untuk setiap kenaikan <i>Froude number</i> Volume.	68

DAFTAR LAMPIRAN

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

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

Lampiran 3. Gambar detail keterangan sudut trim.

ABSTRACT

Mila Karmila / D311 16 013. " STUDY ON PREDICTION OF SEMI PLANING HULL RESISTANCE WITH STEPPED FORMS THROUGH MODEL TESTING". (Supervised by Suandar Baso and Rosmani)

Nowadays, the trend of ship design is undergoing changes or modifications in order to get a ship design that guarantees performance and safety while sailing in the oceans, one of which is the modification of the ship's hull. One way to modify the hull is the addition of a stepped hull. The principle of using the stepped hull is to reduce the wetted surface area due to turbulence under the hull. Initially, the stepped shape design was based on 2D geometric features (dimensions), namely the V and W shape, and 2-dimensional segment geometry, namely the U and 2-U shapes. The cross-sectional area of each stepped V, U, W, and 2-U is the same, which is about 4.1899 m². With the aim of knowing the changes in the value of ship resistance that occur at each trim condition and knowing the resistance value of semi planing hull ship model using the stepped form based on experiments. This research was conducted through experiments in the ship hydrodynamics lab. Based on the experimental results, it can be known how the effect of the increase in trim and its relationship with the ship resistance by using the V, U, W, and 2-U stepped shape designs at each different speed. Where the result is the value of 1 stepped ship model resistance V, U, W, and 2-U, the largest occurs in 2 ° trim conditions with an average Froude Number volume of 1.5 to 2.5 of 0.147% while in 3 ° trim conditions. with an average Froude Number volume of 2.5 to 3.5 experiencing a decrease of 0.04%. And for the 1 stepped ship model with the W shape is smaller than the V, U, and 2-U stepped shapes based on the volume Froude Number. Where the average Froude Number volume from 2.5 to 3.5 has decreased due to changes in the wetted surface area which is getting smaller due to high speed and large trim conditions. So that it can be concluded that the greater the trim condition due to high speed, the value of ship resistance decreases due to the reduction in the wetted surface area of the ship.

Keywords: Semi Planing Hull, Stepped, Speed, Trim, Resistance, Experiment, Guldhammer and Harvald Methods.

ABSTRAK

Mila Karmila/D311 16 013. ” **STUDI PREDIKSI TAHANAN SEMI PLANING HULL DENGAN BENTUK STEPPED MELALUI PENGUJIAN MODEL**”. (Dibimbing oleh Suandar Baso dan Rosmani)

Dewasa ini, trend desain kapal cepat mengalami perubahan atau modifikasi guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar di lautan, salah satunya pada modifikasi hull. 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. 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 $4,1899 \text{ m}^2$. Dengan tujuan mengetahui perubahan nilai tahanan yang terjadi pada masing masing kondisi trim dan mengetahui besar nilai tahanan model kapal semi planing hull menggunakan bentuk stepped berdasarkan eksperimen. Penelitian ini dilakukan melalui eksperimen yang dilakukan dilabo Hidrodinamika kapal. Berdasarkan hasil eksperiment 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 1 stepped V, U, W dan 2-U yang terbesar terjadi pada kondisi trim 2° dengan rata-rata *Froude Number* volume 1,5 sampai dengan 2,5 sebesar 0,147% sedangkan pada kondisi trim 3° dengan rata-rata *Froude Number* volume 2,5 sampai dengan 3,5 mengalami penurunan sebesar 0,04%. Dan untuk model kapal 1 *stepped* dengan bentuk W lebih kecil dibandingkan bentuk stepped V, U dan 2-U berdasarkan *Froude Number* volume. Dimana pada rata-rata *Froude Number* volume 2,5 sampai dengan 3,5 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 : Semi Planing Hull, Stepped, Kecepatan, Trim, Tahanan, Eksperimen, Metode Guldahammer dan Harvald.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan membawa konsekuensi logis yaitu timbulnya lalu lintas pergerakan antar pulau untuk pemenuhan kebutuhan barang dan jasa. Jaringan transportasi laut diperlukan untuk dapat menghubungkan pelabuhan-pelabuhan dari satu pulau dengan pulau lainnya. Sehingga sistem transportasi yang efisien dan efektif sangat berperan penting untuk wilayah negara kepulauan Indonesia.

Transportasi antar pulau tidak bisa lepas dari transportasi yang menghubungkan pulau-pulau tersebut sebagai jembatan, diantaranya yang sangat penting adalah pergerakan melalui kapal penyeberangan berupa feri atau yang juga biasa dikenal dengan kapal penyebrangan atau sebuah kapal transportasi jarak dekat yang memenuhi syarat-syarat pelayaran di laut yang digunakan untuk menyelenggarakan perhubungan tetap misalnya saja pelayaran antar pulau. Kapal Feri memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem pengangkutan terutama bagi kota-kota yang berada di pesisir pantai. Selain itu juga dengan adanya kapal Feri memungkinkan kita untuk dapat transit secara langsung diantara kedua tempat tujuan kita dengan biaya yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan jembatan atau pun terowongan. Oleh karena itu kegunaan utama dari kapal Feri ini adalah digunakan sebagai sarana penyebrangan termasuk dalam menyeberangkan kendaraan atau alat transportasi darat, misalnya saja seperti mobil, truk, dan lain sebagainya.

Untuk itu dibutuhkan tipe kapal cepat dengan lambung *Semi Planing Hull*. Kapal dengan jenis lambung ini difungsikan untuk mengangkut penumpang, barang maupun keduanya secara bersamaan dalam tempo waktu yang lebih singkat dibanding kapal jenis yang lain. Kapal cepat memiliki kecepatan yang relatif lebih besar dibanding kapal yang lain, disebabkan karena model rancangan dari kapal cepat di rancang untuk meminimalisir tahanan yang dihasilkan sehingga kecepatan kapal dapat optimal secara signifikan.

Tak hanya kapal feri ro-ro 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 penumpang cepat sering digunakan sebagai transportasi penyeberangan antara pulau-pulau kecil yang tidak terjangkau oleh kapal feri ro-ro di Indonesia.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Agung A, 2019) mengatakan bahwa perubahan nilai tahanan sebuah kapal dipengaruhi oleh luas permukaan kapal yang terendam ke dalam air. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Fahreza, 2020) mengatakan bahwa semakin tinggi derajat trim maka nilai dari tahanan kapal akan berkurang disebabkan oleh panjang garis air berkurang walaupun pada kecepatan yang sama. Maka akan didesain bentuk kapal menggunakan *stepped* guna mengurangi luas bidang basah pada kapal agar tahanan kapal akan berkurang.

Berdasarkan uraian diatas, sehingga pada penelitian ini penulis tertarik untuk mengkaji tentang *tahanan kapal*, pada tipe lambung kapal *semi planing hull* dengan variasi bentuk 1 *stepped* dengan judul:

“STUDI PREDIKSI TAHANAN SEMI PLANING HULL DENGAN BENTUK STEPPED MELALUI PENGUJIAN MODEL”

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Berapa besar kenaikan nilai tahanan model kapal menggunakan bentuk *stepped* pada masing-masing kondisi trim berdasarkan pengujian model ?
2. Berapa besar perbandingan nilai tahanan model kapal 1 *stepped* V, U, W dan 2-U berdasarkan pengujian model?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang di berikan dalam penelitian ini adalah :

1. Kapal yang digunakan adalah kapal feri cepat.
2. Prediksi tahanan model kapal *semi planing hull* dilakukan dengan percobaan model di tangki percobaan (*towing tank*) pada kondisi air tenang.
3. Model 1 *stepped* kapal yang digunakan dalam 4 desain bentuk V, U, W dan 2-U.
4. Pengujian di lakukan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Unhas.
5. Trim buritan disimulasi dalam 3 kondisi yakni trim 1 derajat, 2 derajat, 3 derajat.
6. Daya *propeller* dan daya mesin kapal diabaikan.
7. Skala model kapal yakni 1:15.
8. Kecepatan yang digunakan berdasarkan waktu pengujian.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

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

1. Mengetahui besar kenaikan nilai tahanan model kapal menggunakan bentuk *stepped* pada masing-masing kondisi trim berdasarkan pengujian model.
2. Menentukan berapa besar perbandingan nilai tahanan model kapal 1 *stepped* V, U, W dan 2-U berdasarkan pengujian model.
3. Sebagai informasi mengenai pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat.
4. Mengetahui bagaimana pengaruh perubahan nilai tahanan model kapal menggunakan *stepped*.

1.5. 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 “Studi Prediksi Tahanan Semi Planing Hull Dengan Bentuk Stepped melalui Pengujian Model”. 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 berisi tentang pembahasan hasil-hasil analisis mengenai Studi Stabilitas Kapal Semi-Displacement.

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

Tak hanya kapal feri yang di gunakan sebagai moda transportasi penyeberangan antar pulau, tetapi ada juga kapal penumpang cepat (high speed feri) 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.



Sumber : (Majalah Teknologi dan Strategi Militer 26)
Gambar2.1 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)

Gambar2.2 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, 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.



Sumber (*Aero-Hydrodynamics of Sailing*)

Gambar2.3 Catamaran

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). (marineinsight.com/boating-yachting/boats-with-a-difference-the-high-speed-crafts/).



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* (Fn) sering digunakan sebagai parameternya. (Rosmani, A. Haris Muhammad, Muh. Algan, 2013)

Fn didefinisikan sebagai berikut:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \times l}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

v : kecepatan kapal (m/s)

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

l : panjang kapal (m)

FnV didefinisikan sebagai berikut:

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

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 :

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

Untuk kapal jenis *semi-planning hull* nilai *Froude Number* (Fn) 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.

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

ini 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*)

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

Dimana :

V : Kecepatan Kapal (m/s)

L : Panjang Garis Air Konstruktif (m)

ν : viskositas kinematis air laut (m²/s)

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

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

(Merupakan formula dari ITTC)

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

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

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 (Superstruktüre) 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 (m/s)

2.5. 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 hidrostatis. Gaya angkat hidrodinamik ini timbul karena adanya 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 bagian buritannya akan berangsurangsur terbenam.

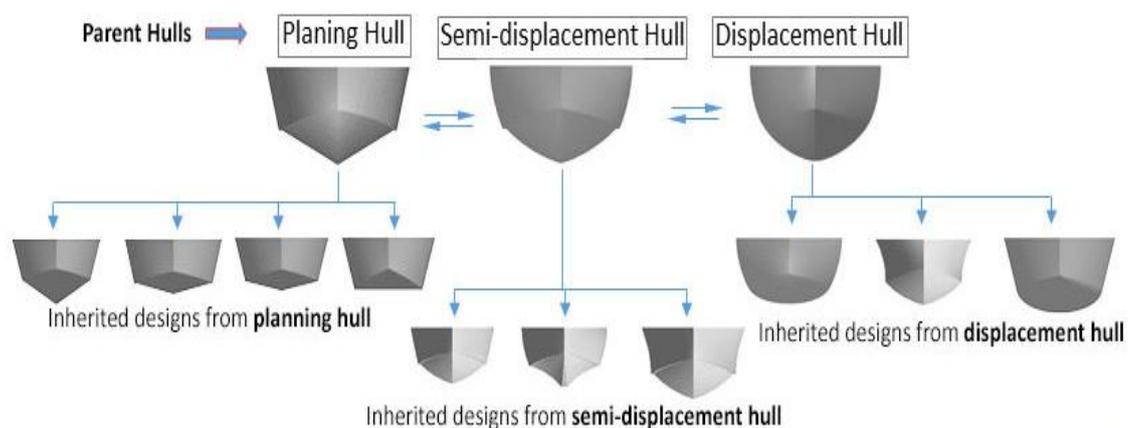


Gambar 2.5. Displacement Ship

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

2.6. 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.



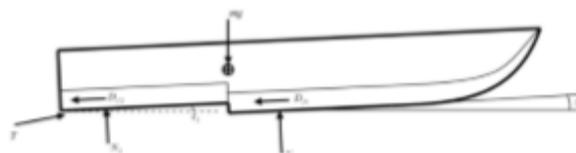
Gambar 2.6. Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori *displacement hull*, *planing hull*, *semi-planing hull*

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*.

2.7. SteppHull / 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 / <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>)



Gambar 2.7. Visualisasi Stephull

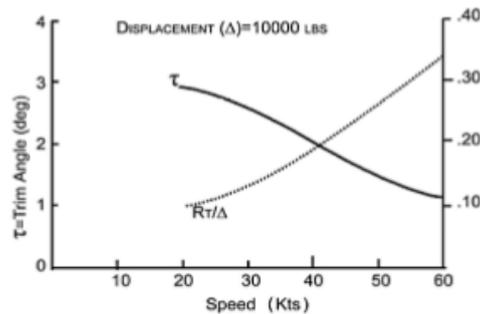


Gambar 2.8. Kapal planning dengan *stepped* melintang.

Pada kapal cepat dengan modifikasi stephull, sudut trim dari kapal monohull planing akan berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan dan

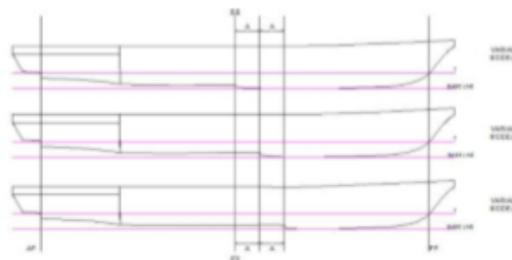
rasio hambatan/displasemen akan bertambah seiring dengan meningkatnya kecepatan.

. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018 / <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>)



Gambar 2.9. Perhitungan perbandingan antara sudut tirm dan kecepatan.

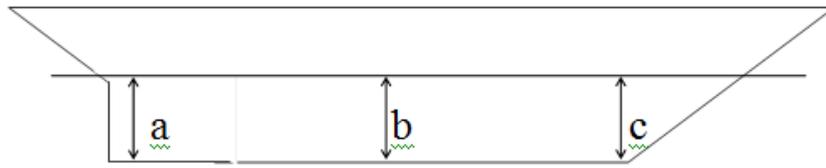
Dari hasil jurnal tentang analisa posisi stephull, posisi yang paling optimal adalah terletak pada bagian midship kapal karena memiliki nilai hambatan yang lebih rendah dibandingkan dengan posisi stephull yang berada 2-4 frame di depan midship kapal atau yang lebih ke arah haluan. . (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018 / <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>)



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

2.8. Trim Kapal

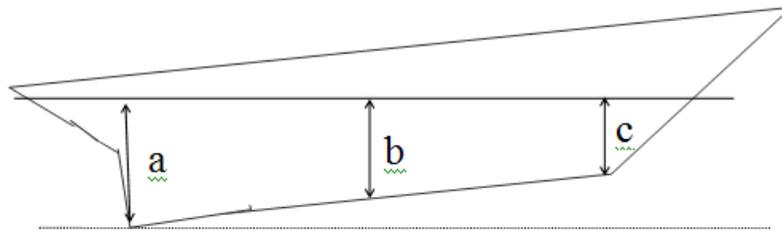
Hind (1967) menyatakan bahwa trim adalah perbedaan antara *draft* depan dan *draft* belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Trim biasanya diukur dalam ukuran inci yang dinyatakan sebagai positif dan negatif. Trim terbagi menjadi 3 bagian, yaitu *even keel*, *trim by the head*,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



Gambar 2.11 Kapal Kondisi Even Keel.
 Sumber : maritimeworld

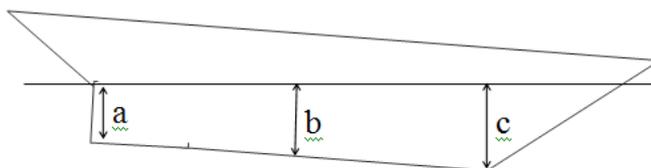
Gambar 2.11 menunjukkan kapal trim even keel yaitu *draft* depan sama dengan *draft* belakang ($a = c$) dimana $b=(a+c)/2$, hanya terjadi bilamana kapal tidak dalam keadaan hogging atau sagging.

Gambar II



Gambar 2.12 Kapal Kondisi Trim by Stern.
 Sumber : maritimeworld

Gambar III



Gambar 2.13 Kapal Kondisi Trim by Head.
 Sumber : maritimeworld

2.9. Tangki Percobaan (Towing Tank)

Towing tank adalah tangki percobaan yang berisikan air tawar (tidak digunakan air asin/dengan 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 2.14. Kolam uji.

2.10. 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:

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

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)

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 (B_m) adalah sebagai berikut:

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

2.11. Metode Wyman

Formula universal yang digunakan untuk menghitung hambatan lambung mode lambung planning dan displasmen. 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 :

$$C_w = 0,8 + \left(0,17 \times \frac{v}{\sqrt{Lwl}}\right) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- C_w : Koefisien Wyman
- v : Kecepatan (m/s)
- L_{wl} : Panjang garis air (m)

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

$$SHP = \left(\frac{Displ.}{1000}\right) \times \left(\frac{v}{C_w \times \sqrt{Lwl}}\right)^3 \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

- Displ. : Displacement (ton)
- v : kecepatan (m/s)
- C_w : 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:

$$DHP = SHP \times \eta_s \eta_b \dots\dots\dots(2.13)$$

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:

$$EHP = DHP \times P_c \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_o \times \eta \dots\dots\dots(2.15)$$

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

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \dots\dots\dots(2.16)$$

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:

$$R_t = \frac{EHP}{v} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

- EHP : *Power Effective* (HP)
- Rt : Tahanan total (kN)
- v : Kecepatan (m/s)