

SKRIPSI

**STUDI TAHANAN BERBAGAI VARIASI BENTUK STEPPED SEMI
PLANING HULL**

Disusun dan diajukan oleh

MUH. FACHREZA RAHMAN

D311 16 502



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI TAHANAN BERBAGAI VARIASI BENTUK STEPPED SEMI
PLANING HULL**

Disusun dan diajukan oleh
MUH. FACHREZA RAHMAN
D311 16 502

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi
Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 1 Februari 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

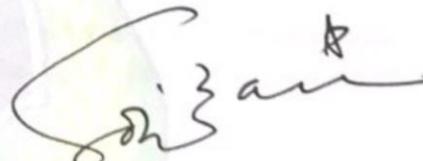
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Ir. Rosmani, M.T.

Nip. 19600620 198802 2 001



Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T.

Nip. 19730206 200012 1 002

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 : Muh Fachreza Rahman

NIM : D311 16 502

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“STUDI TAHANAN BERBAGAI BENTUK STEPPED SEMI PLANING HULL”

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, 01 Februari 2021

Yang Menyatakan



Muh. Fachreza Rahman

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 BERBAGAI VARIASI BENTUK STEPPED SEMI PLANING HULL

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 Rahman dan Ibunda Suraedah 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: Rezky Izzati, Nurul Fauziah dan adik tercinta Anis Amirah atas perhatian dan dukungannya.
2. Ibu Ir. Rosmani, MT selaku pembimbing I sekaligus Kepala Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan dan Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku pembimbing II sekaligus Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin 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 Dr. A. Sitti Chairunnisa M., ST., 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 Otw Lejja, 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 (Awalia, Mila, Ainun, Trias, Wandu, Taslim, Sunar, Tora), 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 Seperantauan, Pulman 16 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala kebaikannya selama ini.
11. Kepada saudara-saudara Cruizer, terima kasih telah memberi pengalaman tentang persahabatan dan persaudaraan selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Teknik Perkapalan.
12. Kepada teman teman KKN Posko Cinnong dan Posko Apala yang telah mewarnai hari-hari saya selama ber-KKN di Kabupaten Bone.
13. Yang terakhir penulis ucapkan terima kasih untuk seluruh pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

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

Makassar, Januari, 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Kapal	5
2.2 Kapal Cepat (<i>High Speed Craft</i>).....	6
2.3 Karakteristik Kapal Cepat	9
2.4 Stepped Hull.....	10
2.5 Trim Kapal	13
2.6 Tahanan Kapal.....	14
2.7 Metode <i>Wyman</i>	16
2.8 <i>Maxsurf Pro</i>	19
2.8.1 <i>Maxsurf Modeller</i>	20
2.8.2 <i>Maxsurf Resistance</i>	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	25

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	25
3.2 Jenis Penelitian	25
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	25
3.4 Metode Pengolahan Data.....	25
3.4.1 Data Kapal.....	26
3.4.2 Pemodelan Kapal Cepat dengan Stepped.....	27
3.4.3 Pengkondisian Trim model kapal	32
3.4.4 Menghitung Tahanan Model Kapal dengan Maxsurf Resistance.....	33
3.4.5 Penarikan Kesimpulan	36
3.5 Kerangka Pemikiran.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Bentuk Hidrostatik Model Kapal.....	38
4.2 Kondisi Trim Model Kapal	42
4.3 Perhitungan Tahanan Kapal Cepat dengan Variasi Bentuk Stepped	43
4.3.1 Perhitungan Tahanan Model Kapal 1 Stepped V.....	43
4.3.2 Perhitungan Tahanan Model Kapal 1 Stepped U	45
4.3.3 Perhitungan Tahanan Model Kapal 1 Stepped W	47
4.3.4 Perhitungan Tahanan Model Kapal 1 Stepped 2-U	49
4.3.5 Perhitungan Tahanan Model Kapal 2 Stepped V	51
4.3.6 Perhitungan Tahanan Model Kapal 2 Stepped U	53
4.3.7 Perhitungan Tahanan Model Kapal 2 Stepped W	55
4.3.8 Perhitungan Tahanan Model Kapal 2 Stepped 2-U	57
4.3.9 Perhitungan Tahanan Model Kapal 3 Stepped V.....	59
4.3.10 Perhitungan Tahanan Model Kapal 3 Stepped U	61
4.3.11 Perhitungan Tahanan Model Kapal 3 Stepped W	63
4.3.12 Perhitungan Tahanan Model Kapal 3 Stepped 2-U	65
4.4 Perbandingan Hasil antara bentuk variasi Stepped	67
4.4.1 Perbandingan hasil tahanan bentuk kapal 1 Stepped.....	67
4.4.2 Perbandingan hasil tahanan bentuk kapal 2 Stepped.....	70

4.4.3 Perbandingan hasil tahanan bentuk kapal 3 Stepped.....	72
BAB IV KESIMPULAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran.....	76
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
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)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ukuran Utama Kapal	26
Tabel 3.2 Data Offset Linesplan kapal ferry cepat	26
Tabel 4.1 Luas bidang basah berbagai kondisi kemiringan	42
Tabel 4.2 Nilai tahanan kapal 1 stepped V pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	44
Tabel 4.3 Nilai tahanan kapal 1 Stepped U pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	46
Tabel 4.4 Nilai tahanan kapal 1 Stepped W pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan.....	48
Tabel 4.5 Nilai tahanan kapal 1 Stepped 2-U pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	50
Tabel 4.6 Nilai tahanan kapal 2 Stepped V pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	52
Tabel 4.7 Nilai tahanan kapal 2 stepped U pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	54
Tabel 4.8 Nilai tahanan kapal 2 stepped W pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan.....	56
Tabel 4.9 Nilai tahanan kapal 2 Stepped 2-U pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	58
Tabel 4.10 Nilai tahanan kapal 3 stepped V pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	60
Tabel 4.11 Nilai tahanan kapal 3 stepped U pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	62
Tabel 4.12 Nilai tahanan kapal 3 Stepped W pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan	64
Tabel 4.13 Nilai tahanan kapal 3 stepped 2-U pada berbagai kondisi trim setiap variasi kecepatan.....	66
Tabel 4.14 Nilai tahanan total setiap bentuk 1 stepped pada kondisi	

kemiringan untuk tiap kenaikan kecepatan	67
Tabel 4.15 Nilai tahanan total setiap bentuk 2 stepped pada kondisi kemiringan untuk tiap kenaikan kecepatan	70
Tabel 4.16 Nilai tahanan total setiap bentuk 3 stepped pada kondisi kemiringan untuk tiap kenaikan kecepatan	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal penumpang cepat	7
Gambar 2.2. Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori displacement hull, planing hull, semi-planing hull	9
Gambar 2.3 Visualisasi Kapal dengan Stepped	12
Gambar 2.4 Kapal dengan Stepped hull.....	12
Gambar 2.5 Kapal Kondisi Even Keel.....	13
Gambar 2.6 Kapal Kondisi Trim by Stern	13
Gambar 2.7 Kapal Kondisi Trim by Head	13
Gambar 2.8. Sistem koordinat 3D model maxsurf	20
Gambar 2.9 Tampilan Workspace pada Maxsurf Modeller	22
Gambar 2.10 Tampilan Workspace pada Maxsurf Resistance	24
Gambar 3.1 Linesplan kapal pada software autocad	27
Gambar 3.2 Pemodelan 3D (dimensi) kapal ferry cepat tanpa stepped..	27
Gambar 3.3 Sketsa peletakan Stepped kapal.....	28
Gambar 3.4 Tampilan awal model kapal tanpa stepped pada Maxsurf Modeller.....	28
Gambar 3.5 Tampilan awal model kapal tanpa stepped pada Maxsurf Modeller.....	29
Gambar 3.6 Tampak atas kapal dengan penampang 1 stepped V.....	29
Gambar 3.7 Tampak samping kapal dengan 1 stepped V.....	30
Gambar 3.8 Proses trim kapal untuk membuat stepped V.....	30
Gambar 3.9 Tampak kapal dengan 1 stepped V.....	31
Gambar 3.10 Proses koreksi luasan penampang pada aplikasi AutoCad	31
Gambar 3.11 Tampilan menu rotate surface.....	32
Gambar3.12 Tampilan profile model kapal 1 stepped V.....	33
Gambar 3.13 Tampilan awal Maxsurf Resistance.....	33
Gambar 3.14 Tampilan pemilihan surface.....	34
Gambar 3.15 Pemilihan Metode Wyman.....	34
Gambar 3.16 Pemilihan kecepatan model kapal.....	35

Gambar 3.17 Pemilihan efficiency.....	35
Gambar 3.18 Data nilai tahanan hasil perhitungan dengan metode Wyman	36
Gambar 3.19 Kurva nilai tahanan.....	36
Gambar 3.20 Diagram alur penelitian.....	37
Gambar 4.1 Desain model kapal 1 stepped tampak bawah dan tampak samping.....	39
Gambar 4.2 Desain model kapal 2 stepped tampak bawah dan tampak samping.....	40
Gambar 4.3 Desain model kapal 3 stepped tampak bawah dan tampak samping.....	41
Gambar 4.4 Kondisi kapal 1 stepped saat trim buritan.....	42
Gambar 4.5 Kondisi kapal 2 stepped saat trim buritan.....	43
Gambar 4.6 Kondisi kapal 3 stepped saat trim buritan.....	43
Gambar 4.7 Kurva tahanan model kapal 1 Stepped V untuk setiap kenaikan kecepatan.....	44
Gambar 4.8 Kurva tahanan model kapal 1 Stepped U untuk setiap kenaikan kecepatan.....	46
Gambar 4.9 Kurva tahanan model kapal 1 Stepped W untuk setiap kenaikan kecepatan.....	48
Gambar 4.10 Kurva tahanan model kapal 1 Stepped 2-U untuk setiap kenaikan kecepatan.....	50
Gambar 4.11 Kurva tahanan model kapal 2 Stepped V untuk setiap kenaikan kecepatan.....	52
Gambar 4.12 Kurva tahanan model kapal 2 Stepped U untuk setiap kenaikan kecepatan.....	54
Gambar 4.13 Kurva tahanan model kapal 2 Stepped W untuk setiap kenaikan kecepatan.....	56
Gambar 4.14 Kurva tahanan model kapal 2 Stepped 2-U untuk setiap kenaikan kecepatan.....	58
Gambar 4.15 Kurva tahanan model kapal 3 Stepped V untuk setiap kenaikan kecepatan.....	60

Gambar 4.16 Kurva tahanan model kapal 3 Stepped U untuk setiap kenaikan kecepatan.....	62
Gambar 4.17 Kurva tahanan model kapal 3 Stepped W untuk setiap kenaikan kecepatan.....	64
Gambar 4.18 Kurva tahanan model kapal 3 Stepped 2-U untuk setiap kenaikan kecepatan.....	66
Gambar 4.19 Kurva perbandingan nilai tahanan model 1 stepped dengan kenaikan kecepatan pada beberapa kondisi trim.....	69
Gambar 4.20 Kurva perbandingan nilai tahanan model 2 stepped dengan kenaikan kecepatan pada beberapa kondisi trim.....	72
Gambar 4.21 Kurva perbandingan nilai tahanan model 3 stepped dengan kenaikan kecepatan pada beberapa kondisi trim.....	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis Tahanan Kapal

ABSTRACT

Muh Fachreza Rahman/D311 16 502. **”RESISTANCE STUDY OF VARIOUS STEPPED SEMI PLANING HULL FORMS”**. (Supervised by Rosmani and Suandar Baso)

Today, the trend of fast boat design is undergoing changes or modifications to get a ship design that guarantees performance and safety while sailing in the ocean, one of which is the modification of the hull. One way to modify the hull is to add a stepped hull shape. The principle of using the stepped hull is to reduce the wet surface area due to turbulence under the hull. The stepped shape design studied was the stepped V, U, W, and 2-U models with the same cross-sectional area of 4.1899 m². The number of stepped hulls being modeled is categorized as one, two, and three stepped hulls. Three hull conditions are assumed to be 4 levels of tilt, namely even keel (0 °), 1 ° stern trim condition, 2 ° stern trim, 3 ° stern trim, and 4 ° stern trim. The method used in this study is the numerical simulation with the help of Maxsurf Modeller software to model ships and Maxsurf Resistance to analyze the value of ship resistance. The largest increase in the value of ship model resistance occurred in even keel conditions at a speed of 10 - 15 knots with a difference in the resistance value of 11.5 kN or by 55%. A significant decrease in resistance value occurs at a speed of 40 knots at changes in even keel conditions to 1 ° aft trim condition. The Stepped W shape has the smallest resistance value compared to other models with the same wet area. The total resistance of the ship tends to decrease with the addition of a stepped hull from 1 stepped to 3 stepped hull forms and the higher the degree of trim, the value of the ship resistance will decrease due to the reduced length of the waterline even at the same speed.

Keyword: Semi Planing Hull, Stepped, Stren Trim, Resistance, Wyman Method

ABSTRAK

Muh Fachreza Rahman/D311 16 502. "STUDI TAHANAN BERBAGAI BENTUK STEPPED SEMI PLANING HULL". (Dibimbing oleh Rosmani dan Suandar Baso)

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 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 yang diteliti yaitu model stepped V, U, W, dan 2-U dengan luas penampang yang sama yaitu sekitar 4,1899 m². Jumlah dari stepped yang dimodelkan dikategorikan satu, dua dan tiga stepped hull. Tiga kondisi lambung diasumsikan menjadi 4 tingkatan kemiringan yaitu even keel (0°), kondisi trim buritan 1°, trim buritan 2°, trim buritan 3° dan trim buritan 4°. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu simulasi numerik dengan bantuan software *Maxsurf Modeller* untuk melakukan pemodelan kapal serta *Maxsurf Resistance* untuk melakukan proses analisa nilai tahanan kapal. Kenaikan nilai tahanan model kapal yang terbesar terjadi pada kondisi even keel pada kecepatan 10 – 15 knot dengan selisih nilai tahanan sebesar 11,5 kN atau sebesar 55%. Perubahan penurunan nilai tahanan yang signifikan terjadi pada kecepatan 40 knot pada perubahan kondisi even keel ke kondisi trim buritan 1°. Bentuk Stepped W memiliki nilai tahanan terkecil dibandingkan dengan model lainnya dengan luasan bidang basah yang sama. Tahanan total kapal cenderung mengecil seiring dengan penambahan stepped dari bentuk lambung 1 stepped sampai bentuk lambung 3 stepped serta semakin tinggi derajat trim maka nilai dari tahanan kapal akan berkurang disebabkan oleh panjang garis air berkurang walaupun pada kecepatan yang sama.

Kata Kunci : Semi Planing Hull, Stepped, Trim Buritan, Tahanan, Metode Wyman

BAB 1

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.

Pada daerah yang banyak dialiri sungai, laut, maupun danau yang mempunyai pulau-pulau yang dipisahkan oleh air, transportasi laut merupakan suatu alternatif yang sangat dominan dan masih sangat efektif. Dengan adanya lautan yang memisahkan antar daerah maka di perlukan transportasi laut sebagai penghubung antar daerah yaitu dengan menggunakan moda transportasi kapal.

Ketersediaan moda transportasi sebagai penghubung antar daerah menjadi trend dan populer belakangan ini, 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 disini berfungsi untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya.

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.

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. Karena kecepatan kapal cepat tergolong tinggi maka dalam merencanakan desain lambung harus memperhatikan aspek tahanan yang

dihasilkan oleh kapal cepat. Namun, kecelakaan dikarenakan performa dari kapal cepat masih sering terjadi dan menjadi perhatian serius. Sehingga dalam mendesain kapal berkecepatan tinggi harus mempertimbangkan aspek-aspek yang berkaitan dengan keselamatan dan performa kapal. Dalam perencanaan lambung kapal cepat dikenal 3 jenis rancangan bentuk kapal, yaitu planing hull ship, semi planing hull dan displacement hull.

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 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.

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. 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 *stepped* dengan judul:

“STUDI TAHANAN BERBAGAI VARIASI BENTUK STEPPED SEMI PLANING HULL”

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa besar perubahan kenaikan nilai tahanan model kapal stepped V, U, W, 2U pada kondisi kemiringan even keel sampai trim buritan 4 derajat setiap kenaikan kecepatan menggunakan Software Maxsurf?
2. Bagaimana perbandingan tahanan model kapal antara stepped V, U, W, 2U berdasarkan analisis software maxsurf ?
3. Apa pengaruh kondisi trim terhadap perubahan nilai tahanan kapal?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa hal yang menjadi batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Kapal yang digunakan adalah kapal feri penumpang cepat.
2. Perhitungan nilai tahanan menggunakan Software Maxsurf Resistance.
3. Bentuk stepped yang akan disimulasikan yaitu bentuk V, U, W dan 2U.
4. Dilakukan pada kondisi air tenang.
5. Perhitungan nilai tahanan kapal tidak mempertimbangkan komponen tahanan tambahan.
6. Kecepatan yang digunakan yaitu 0 sampai 40 Knot.
7. Berbagai kondisi digunakan mulai dari even keel sampai trim buritan 4 derajat.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui besar perubahan kenaikan nilai tahanan model kapal stepped V, U, W, 2U pada kondisi kemiringan even keel sampai trim buritan 4 derajat setiap kenaikan kecepatan menggunakan Software Maxsurf
2. Mengetahui perbandingan tahanan model kapal antara stepped V, U, W, 2U berdasarkan analisis software maxsurf
3. Mengetahui pengaruh kondisi trim terhadap perubahan nilai tahanan kapal

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi mengenai pengaruh bentuk stepped dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat

2. Sebagai masukan bagi perancang kapal dalam merancang kapal cepat yang efisien saat beroperasi.
3. Untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan nilai tahanan kapal cepat.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan uraian mengenai pembahasan permasalahan yang diteliti yaitu hubungan antara penggunaan stepped pada kapal dengan nilai tahanan yang dihasilkan kapal penumpang cepat menggunakan *software maxsurf*.

BAB V : PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

LANDASAN TEORI

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 penggerakannya 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).

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. Dengan adanya lautan yang memisahkan antar daerah maka di perlukan transportasi laut sebagai penghubung antar daerah yaitu dengan menggunakan moda transportasi kapal. 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 feri internasional yang melayani Selat Malaka antara Sumatra dan Malaysia, dan juga Singapura, dan pulau-pulau kecil Indonesia seperti Batam. (https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_feery)

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

2.2 Kapal Cepat (*High Speed Craft*)

Kapal cepat atau dalam bahasa inggrisnya disebut *high speed craft* merupakan kapal yang dirancang untuk memiliki kecepatan tinggi untuk tujuan komersil. Kapal cepat pertama yang dibangun adalah jenis *hydrofoils* atau *hovercraft*, tetapi pada tahun 1990-an jenis kapal cepat katamaran dan monohull menjadi lebih populer. Kebanyakan kapal berkecepatan tinggi berfungsi sebagai kapal feri penumpang,

tetapi untuk jenis katamaran dan monohull yang terbesar juga membawa mobil, bus, truk besar, dan lain lain (Wikipedia.org).



Gambar 2.1 Kapal penumpang cepat

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

Adapun bentuk bentuk lambung kapal cepat dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

a. Planing Hull

Planing Hull merupakan tipe kapal yang cocok digunakan untuk pelayaran dengan kecepatan tinggi. *Planing Hull* adalah jenis kapal yang dapat mengangkat kapal dengan meningkatkan komponen *hydrostatic lift* yang berarti pada kecepatan lebih rendah kapal bekerja seperti kapal displacement dan secara bertahap mulai '*ploughing water*' dengan meningkatkan kecepatan dan kekuatan.

Kapal dengan *Planing Hull* meluncur di sepanjang permukaan air dengan kecepatan tinggi, dan akan naik di atas permukaan air dan akan menghempas permukaan air (seperti halnya dengan kapal berkecepatan sangat tinggi). Lambung kapal tipe ini disesuaikan dengan sudut lambung pada saat pelayaran dengan kecepatan tinggi dan secara efektif lambung bagian bawah kapal mendukung tekanan air dinamis (*dynamic water pressure*), bentuk lambung, lebar permukaan pada lambung bagian bawah, bentuk transom vertikal di bagian bagian belakang kapal. Luas penampang melintang pada lambung bagian bawah air dijaga secara tetap sepanjang setengah lambung kapal.

Lambung berbentuk datar dan V adalah contoh dari *Planing Hull*. Di-Indonesia, kapal tipe *planing hull* umumnya difungsikan sebagai kapal patroli perairan dan penjagaan pantai. Lambung dengan alas rata serta garis muat (sarat) yang rendah sangat mendukung kapal tipe *planing hull* dapat berkecepatan tinggi serta memiliki stabilitas yang baik.

b. Semi-Planing Hull

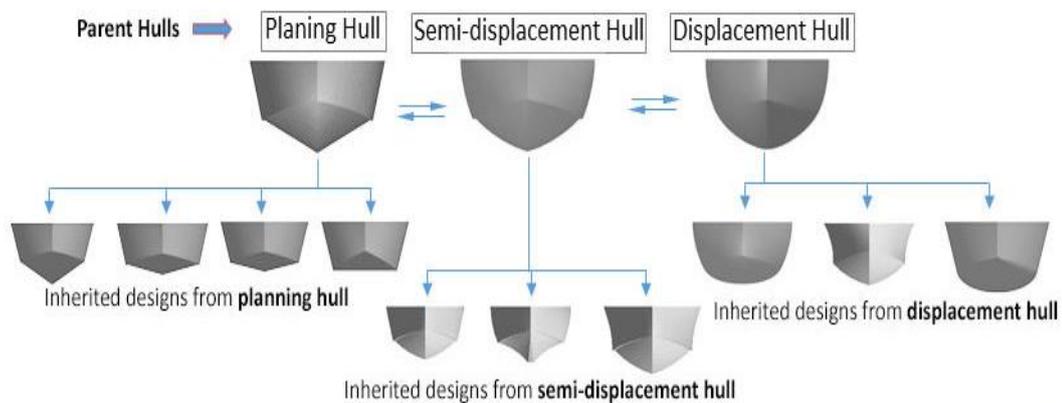
Semi-Planing Hull adalah lambung kapal yang mampu mencapai kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lambung kapal displacement namun lebih rendah kecepatannya dibandingkan dengan lambung kapal *planing hull*. Artinya, kapal semi *planing hull* memiliki kecepatan berkisar antara tipe lambung *planing hull* dan *displacement hull*. Kapal-kapal ini menggunakan gaya apung (yang juga disebut *hydrostatic lift*) hampir sama dengan mode-angkat hidrodinamik. Tipe *Semi-planing Hull* memberikan tumpangan yang nyaman dengan kecepatan yang tinggi. Kelebihan dari tipe lambung ini adalah sifat *seakeeping* mereka dan kemampuan untuk melampaui rasio panjang dengan kecepatan yang mungkin ingin Anda pertimbangkan dari sudut pandang komersial.

Bentuk lambung *Semi-planing* digunakan pada *trawler* dan *yacht*. Lambung kapal ini menawarkan jarak tempuh yang unggul, memiliki jangkauan stabilitas positif dan tingkat bertahan tertinggi dalam kondisi laut yang sangat sulit.

c. Displacement Hull

Tipe lambung dengan *Displacement Hull* sering digunakan untuk pelayaran dengan kecepatan relatif rendah. Ketika sebuah kapal diturunkan ke air akan ada volume air yang akan digeser oleh lambung kapal. Jika ditimbang air yang digeser oleh lambung kapal yang sedang berada di air akan menentukan berat kapal yang sedang kita bahas. Berat itu adalah prinsip Displacement-Archimedes dari kapal seperti yang kita semua ketahui. Ini adalah prinsip umum dari beberapa kapal yang secara harfiah menjadi tulang punggung perekonomian saat ini. *Displacement Hull* yang terlihat di kapal, yang bergerak

di air dengan propulsi yang sangat kecil. *Displacement Hull* ini membatasi kapal untuk menurunkan kecepatan. Kecepatan perpindahan maksimum ditentukan sebagai fungsi garis air. Pada umumnya dikenal dengan rasio kecepatan dengan panjang. Sederhananya, panjang kapal menentukan kecepatan maksimum yang dapat dicapai. Bentuk round-bottomed adalah contoh dari *displacement hull* yang banyak digunakan pada kapal.



Gambar 2.2. Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori *displacement hull*, *planing hull*, *semi-planing hull*

2.3 Karakteristik Kapal Cepat

Menurut *J. Lawrence* (1985), dalam jurnal Rosmani (2013), mengatakan karakteristik high speed craft dipengaruhi Froude numbernya. Froude number yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk lanning caft, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, bilangan *Froude number* (FB) sering digunakan sebagai parameternya. (Fb) didefinisikan sebagai berikut:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \times L}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- Fn = Froude Number
- V = Kecepatan (m/s)
- g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

L = Panjang kapal

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

$$P = R.V$$

$$P = k. V^3$$

Dengan demikian mengandakan daya yang terpassang, menghasilkan peningkatan kecepatan hingga 26%. Kesulitan kedua ialah dengan mencoba meningkatkan kecepatan pada kondisi *rough water*.

Dimana Bilangan *Froude* merupakan bilangan yang menunjukkan penggolongan sebuah kapal apakah tergolong kapal cepat, sedang atau kapal lambat. Penggolongan kapal menurut bilangan *Froude*:

- a. Kapal lambat : kapal berlayar dengan $F_n \leq 0,20$

$$\text{Hambatan gelombang (Rw)} = 0$$

- b. Kapal sedang : jika $0,20 < F_n < 0,35$

$$\text{Hambatan gesek (Rf)} = 70-75\% R_t$$

$$\text{Hambatan gelombang (Rw)} = 25-30\% R_t$$

- c. Kapal cepat : $F_n \geq 0,35$

$$\text{Hambatan gelombang} = 50\% R_t$$

2.4 Stepped Hull

Stepped Hull adalah bidang pada lambung kapal yang bertujuan untuk mengurangi jumlah permukaan lambung yang tercelup air, atau biasa juga berbentuk “V”. Steps memiliki bukaan yang besar pada sisi outboard pada lambung untuk memberikan udara yang bertujuan untuk menyedot kebawa. Pada umumnya, *stepped hull* dapat meningkatkan kecepatan sekitar 10-15% yang diinginkan antara memakai *stepped hull* dengan tidak memakai *stepped hull* dengan power pada mesin yang sama.

Suatu alasan mengapa *Stepped Hulls* lebih efektif adalah area/bagian yang tercelup air bias dibagi beberapa beam dibandingkan dengan panjang kapal, lebar (*high-aspect*) permukaan lebih efisien, rendah (*low-aspect*) pada saat kondisi

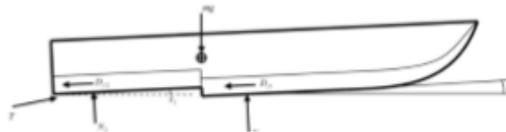
gesekan terhadap air. Jadi, dibalik sebuah ide tentang *Stepped Hull* adalah untuk mengurangi permukaan yang tercelup air seperti teori pada pesawat terbang. Banyak yang mengira bahwa *Stepped Hull* mengurangi lapisan/permukaan lambung yang terkena air, tetapi sesungguhnya pada konsep *step hull* ini adalah untuk meminimalkan bagian lambung. (Budiarto,2011).

Stepped Hull adalah sebuah alternatif untuk lambung kapal planing atau bentuk kapal berkecepatan tinggi. Lambung *stepped* memiliki diskontinuitas melintang yang terletak di beberapa titik di belakang pusat gravitasi dan titik tekan kapal. Lokasi longitudinal dari diskontinuitas melintang ini sangat penting. Untuk mengetahui alasan dalam mendesain bentuk *stepped* ini, kita harus mengetahui prinsip-prinsip hidrodinamika dari bentuk lambung planing ini.

Ketika kapal mulai terangkat, dasar lambung awalnya akan memotong permukaan air pada titik yang disebut titik stagnasi. Untuk kapal dengan deadrise, garis stagnasi akan disapu kembali sampai memotong chine keras di kedua sisi, pada titik dimana aliran akan terpisah. Wilayah di belakang garis stagnasi ini adalah bagian dari lambung bawah yang memberikan presentase yang sangat besar dari pengangkatan yang diperlukan karena tekanan dinamis besar sedang dikembangkan.

Jika diskontinuitas melintang, atau *stepped*, dari kedalaman yang memadai diletakkan di dasar lambung pada lokasi yang tepat dengan kondisi kecepatan yang tinggi, air yang mengalir disepanjang lambung kapal akan terpisah dari *forebody* pada *stepped*. Ini akan meninggalkan beberapa jumlah *afterbody* (bagian lambung belakang *stepped*) tidak tersetel asalkan dapat berventilasi memadai (akan dijelaskan kemudian). Air yang telah terpisah oleh *stepped* akan mengikuti profil permukaan bebas dan dapat menempel kembali ke *afterbody*. Kombinasi dari *lift* pada *forebody* harus dapat mendukung perpindahan kapal. Seperti yang telah dibahas, *forebody lift*, atau *lift* yang diselesaikan di pusat tekanan kapal, terhitung kasar 90% dari *lift* yang dibutuhkan. Oleh karena itu, *afterbody* harus dapat memberikan 10% sisa *lift* agar kapal menjadi stabil secara vertikal dan sekitar sumbu longitudinal melalui pusat gravitasi kapal. (Garland, 2010).

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. (Citra Eka, 2018)



Gambar 2.3 Visualisasi Kapal dengan Stepped

Sumber: Citra Eka, 2018

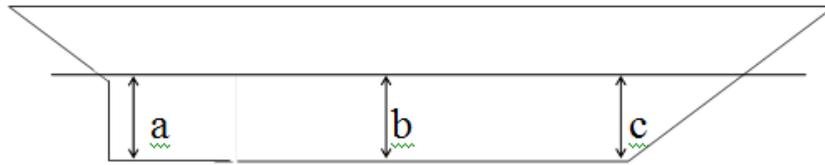


Gambar 2.4 Kapal dengan *Stepped hull*

Sumber: Citra Eka, 2018

2.5 Trim Kapal

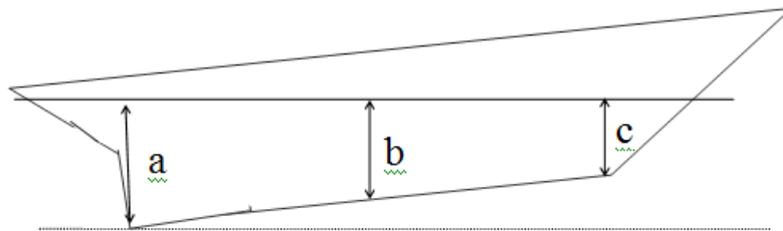
Hind (1967) menyatakan bahwa trim adalah perbedaan antara *draft* depan dan *draft* belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Trim biasanya diukur dalam ukuran inci yang dinyatakan sebagai positif dan negatif. Trim terbagi menjadi 3 bagian, yaitu *even keel*, *trim by the head*,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



Gambar 2.5 Kapal Kondisi Even Keel.
 Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

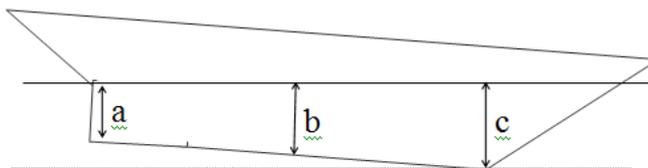
Gambar 2.5 menunjukkan kapal trim even keel yaitu *draft* depan sama dengan *draft* belakang ($a = c$) dimana $b=(a+c)/2$, hanya terjadi bilamana kapal tidak dalam keadaan hogging atau sagging.

Gambar II



Gambar 2.6 Kapal Kondisi Trim by Stern.
 Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

Gambar III



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

2.6 Tahanan Kapal

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

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

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana ;

R_T = Tahanan total (kN)

C_T = Koefisien tahanan

V = Kecepatan kapal (m/s)

S = luas bidang basah benda (m)

ρ = massa jenis

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.

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 di

lalulinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (flow pattern). Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (RV) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos.

Tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal, sebagai berikut:

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

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

Dimana :

V : Volume (m³)

L : Panjang (m)

ν : Kecepatan (m/s)

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

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

- 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 didefenisikan 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)

2.7 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 :

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

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

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

Dimana :

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

Dalam hubungannya dengan perhitungan tahanan kapal menggunakan metode *Wyman*, nilai *SHP (Shaft Horse Power)* atau disebut juga dengan *PS (Power*

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

$$DHP = SHP \times \eta_s \eta_b$$

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:

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

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

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

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

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

- 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:

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

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

2.8 Maxsurf Pro

Maxsurf Pro adalah program spesialis dalam bidang *Naval Architect*, teknologi lepas pantai dan rekayasa struktur. Program ini dapat memvisualisasikan dan mengoptimalkan desain kapal dengan pengaturan lengkap yang telah diintegrasikan. *Maxsurf Pro* terdiri dari beberapa *sub – program*, yaitu:

1. *Maxsurf Modeller*
2. *Maxsurf Motion*
3. *Maxsurf Resistance*
4. *Maxsurf Stability*
5. *Maxsurf Structure*
6. *Maxsurf Fitting*

7. *Maxsurf Link*

8. *Maxsurf VPP*

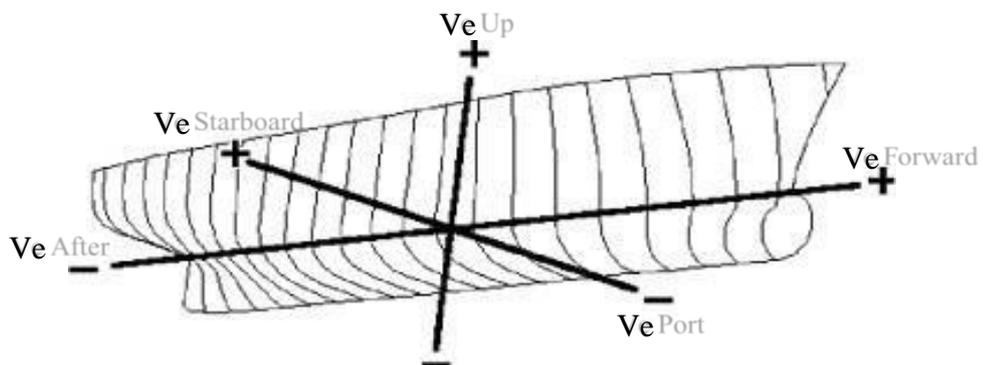
Beberapa fungsi pada program ini seperti membuat bentuk lambung yang seimbang sesuai dengan persyaratan stabilitas, tahanan kapal, seakeeping dan kekuatan kapal. Setelah data ukuran utama kapal didapatkan untuk pembuatan model *lines plan*, data ukuran dari *lines plan* akan dibuat lagi dalam bentuk model 3D (tiga dimensi) menggunakan program *Maxsurf Modeller*. *Lines plan* ini merupakan kunci utama suksesnya perancangan desain sebelum model dilakukan analisa hidrodinamika, kekuatan struktur dan pendetailan lebih lanjut, Dasar pembangunan model pada *Maxsurf Modeller* menggunakan *surface* (seperti karpet) yang dapat ditarik dan dibentangkan sehingga bias menjadi model yang utuh. (Bentley System, 2013).

2.8.1 Maxsurf Modeler

Terdapat beberapa dasar pengaturan dan menu/*setup* dalam penggunaan maxsurf modeler sebagai berikut.

1. Sistem koordinat

Tampilan umum dan prinsip dasar pada pengopersian maxsurf modeler, seperti yang diilustrasikan gambar 14.



Gambar 2.8. Sistem koordinat 3D model maxsurf

Sumber: Agung Aprianto, 2019

Window	Tampak pandangan
Body plan	Tampak depan haluan sampai buritan
Profile view	Tampak samping kanan, starboard side
Plan view	Tampak dari bawah, starboard above the centerline

1. *Setting frame of refferance dan zero point*

Digunakan untuk mengatur posisi *baseline*, sarat kapal dan posisi *zero point*.

2. Pengaturan satuan

Digunakan untuk mengatur unit/satuan sebagai standar satuan ukuran desain model.

3. Pengaturan *desain grid*

Digunakan untuk menentukan jarak-jarak *section*, *buttocks lines*, *waterline* dan diagonal.

4. *View assembly dan properties*

Digunakan untuk menampilkan *assembly* dan *properties*, berfungsi untuk mempermudah saat pengoperasian *modeling*, mengatur propesties tampilan warna *surface* dan jenis kehalusan (*surface stiffness*) dll.

Sedangkan dalam desain dan pemodelan yang digunakan aplikasi masurf modeler terdiri atas beberapa langkah sebagai berikut.

a. Pemilihan jenis *surface*

Pilihan menu ini digunakan untuk memilih jenis *surface*/bentuk lambung, ada bebepa tipe surface antara lain :

- *section plane* : surface dengan bentuk melintang
- *water plane* : *surface* dengan bentuk penampang air
- *buttock plane* : *surface* dengan bentuk membujur

Jenis-jenis *surface* tersebut memiliki fungsi yang sama, dan dapat dijadikan sesuai metode pemodelan yang akan kita gunakan.

- *Size surface*

Pilihan menu ini digunakan untuk memasukan ukuran *surface*/ukuran rencana kapal.

a. *Curve* dan *extrude surface (curve)*

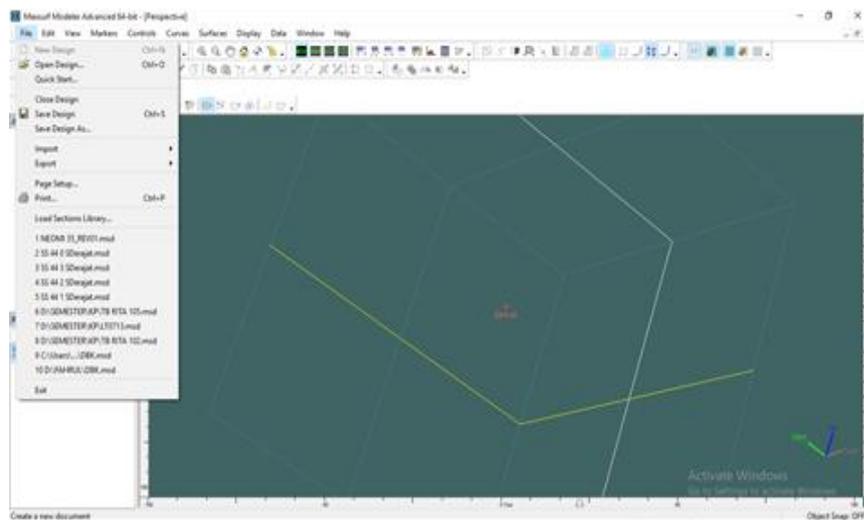
Pilihan menu ini digunakan untuk melakukan pemodelan dengan bentuk yang lebih spesifik seperti memodelkan seuah tangki atau ruangan tertentu/*compartment*.

b. *Trimming*

Pilihan menu ini digunakan pada saat kita melakukan pemodelan tangki atau ruangan tertentu/*compartment* terjadi bagian yang melebihi model lain (*overlap*). Untuk itu guna menghilangkan bagian tersebut digunakan fungsi *trimming*.

c. *Background*

Pilihan menu ini digunakan untuk menyesuaikan pemodelan dengan gambar *lines plan* yang telah disetujui dan dapat dijadikan acuan pemodelan. Sehingga proses pemodelan dapat sesuai dengan karakteristik bentuk dan model kapal yang direncanakan.



Gambar 2.9 Tampilan Workspace pada Maxsurf Modeller

2.8.2 Maxsurf Resistance

Merupakan sub-program yang tersedia dalam aplikasi maxsurf. Fungsi dari program ini adalah untuk menghitung dan menganalisis tahanan kapal, dengan teori dan metode yang telah digunakan pada bidang ilmu perkapalan. Adapun Langkah-langkah pengoperasian maxsurf resistance sebagai berikut.

1. *Open model*

Menu : File > Open design > Pilih desain

Pilihan menu ini digunakan untuk membuka file dari maxsurf modeler, gunakan opsi pemilihan *measure all* untuk dasar perhitungan seluruh model *body* kapal yang tercelup air.

2. Analisis

Menu : Analysis > Methods

Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan metode/teori yang akan digunakan dalam analysis. Beberapa metode sebagai berikut.

a. Planning

- Savitsky pre-planning
- Savistky planning
- Blount and fox
- Lahtiharju
- Wyman

b. Displacement

- Holtrop
- Compton
- Fung
- Van ootmerssen
- Series 60
- KR barge resistance

c. Yachts

- Delft I,II
- Delft III

d. Analytical

- Slender body

3. Speed

Menu : Analysis > Speeds > Input kecepatan maximum

Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan kecepatan uji coba dalam analisis tahanan.

4. Efficient

Menu : Analysis > Efficient > Input efficient

Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan besar efisiensi dalam analisis tahanan.

5. Solve

Menu : Analysis > Solve resistance analysis >Klik

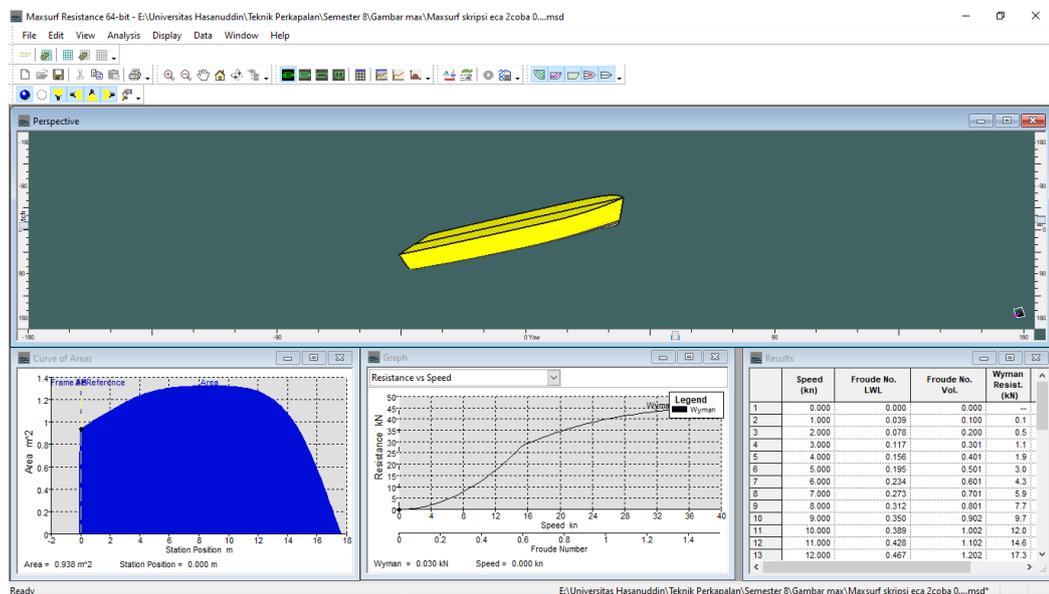
Pilihan menu ini digunakan untuk memulai analisis perhitungan tahanan pada masxsurf resistance dengan mengacu beberapa input diatas. Beberapa output dari solve antara lain :

- a. Graph
- b. Result table

6. Calculate free surface

Menu : Analysis > calculate free surface >Klik

Pilihan menu ini digunakan untuk mengetahui karakteristik permukaan air yang berhubungan dengan pengujian kecepatan dan tahanan kapal. (Bentley System, 2013).



Gambar 2.10 Tampilan Workspace pada Maxsurf Resistance