

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL *PLANING HULL*
DENGAN *DEADRISE ANGLE* 15 DERAJAT DAN *STEPPED*
HULL BERBENTUK 2U**

Disusun dan diajukan oleh:

**FADHLURRAHMAN
D031 17 1 519**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**STUDI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL *PLANING HULL*
DENGAN *DEADRISE ANGLE 15* DERAJAT DAN *STEPPED HULL*
BERBENTUK 2U**

Disusun dan diajukan oleh

Fadhlurrahman
D031 17 1 519

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 21. Februari. 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

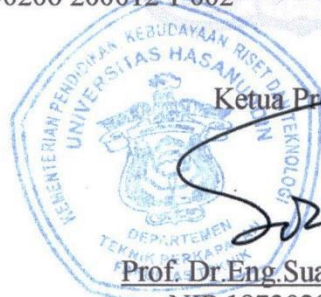
Pembimbing Utama,

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

Pembimbing Pendamping,

Muhammad Akbar Asis, S.T., M.T.
NIP 19950501 202101 5 001

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Fadhlurrahman
NIM : D031171519
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

STUDI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL *PLANING HULL* DENGAN
DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT DAN *STEPPED HULL* BERBENTUK 2U

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 02 Maret 2023

Yang Menyatakan



Fadhlurrahman

ABSTRAK

Fadhlurrahman / D031171519. “*STUDI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL PLANING HULL DENGAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT DAN STEPPED HULL BERBENTUK 2U*”.

(Dibimbing oleh Suandar Baso dan Muhammad Akbar Asis)

Dalam merencanakan desain lambung harus memperhatikan aspek tahanan yang dihasilkan oleh kapal cepat, maka dari itu jenis lambung yang biasa digunakan adalah jenis lambung dengan tipe *planing hull* yang mana sebagian besar beratnya didukung oleh tekanan hidrodinamik saat melaju dengan kecepatan tinggi. Adapun prinsip dasar dari penggunaan *Stepped* mengurangi luas permukaan basah (*wetted surface area*) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal. *Deadrise angle* yang digunakan adalah 15 derajat, Sedangkan desain *Stepped* yang di gunakan yaitu *Stepped 2U*. Penelitian ini dilaksanakan melalui eksperimen yang dilakukan dilaboratorium Hidrodinamika kapal untuk mendapatkan kecepatan dan derajat trim model kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar nilai tahanan model kapal *Deadrise Angel* dengan bentuk *Stepped 2U* pada setiap kondisi trim kapal berdasarkan analisis aplikasi *software maxsurf*. Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bagaimana pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan model kapal dengan menggunakan *deadrise Angel 15 derajat Stepped 2U* pada setiap kecepatan yang berbeda. Berdasarkan analisa tahanan pada lambung *deadrise angle 15 derajat Stepped 2U*, diketahui bahwa tahanan total kapal cenderung menurun seiring dengan penambahan jumlah *Stepped* serta peningkatan kondisi trim kapal. Pada model kapal 3 *Stepped 2U* memiliki nilai tahanan yang lebih kecil dibandingkan dengan model kapal 1 *Stepped 2U* dan 2 *Stepped 2U*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan *Stepped* pada model kapal dapat mengurangi tahanan kapal akibat dari pengurangan luas bidang basah kapal.

Kata Kunci : Kapal Cepat, *Planing Hull*, *Stepped*, *Deadrise Angle* ,
Eksperimen, Tahanan, *Software Maxsurf*.

ABSTRACT

Fadhilurrahman / D031171519. “*EXPERIMENTAL STUDY OF PLANING HULL SHIP WITH DEADRISE ANGLE OF 15 DEGREES AND 2U STEPPED HULL*”.

(Supervised by Suandar Baso and Muhammad Akbar Asis)

In planning the design of the hull, attention must be paid to the resistance aspect produced by fast boats, therefore the type of hull commonly used is the planing hull type, where most of the weight is supported by hydrodynamic pressure when traveling at high speed. The basic principle of using Stepped is to reduce the wetted surface area due to turbulence under the hull. The deadrise angle used is 15 degrees, while the Stepped design used is Stepped 2U. This research was carried out through experiments conducted in the ship hydrodynamics laboratory to obtain the speed and degree of trim of the ship model. This study aims to determine the resistance value of the Deadrise Angel ship model with the Stepped 2U shape in each ship trim condition based on the analysis of the maxsurf software application. From the results obtained, it can be seen how the effect of the increase in trim and its relationship to the resistance of the ship model using a 15 degree Stepped 2U deadrise Angel at each different speed. Based on resistance analysis on the hull deadrise angle of 15 degrees Stepped 2U, it is known that the total resistance of the ship tends to decrease with the increase in the number of stepped and the trim condition of the ship increases. The 3 Stepped 2U ship model has a lower resistance value compared to the 1 Stepped 2U and 2 Stepped 2U ship models. So it can be concluded that the addition of Stepped to the ship model can reduce ship resistance as a result of reducing the ship's wet surface area.

Keywords : Fast Ship, Planing Hull, Stepped, Deadrise Angle, Experiment, Pressure, Maxsurf Software.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
1.1 Kapal Cepat	6
1.2 Planning hull.....	8
1.3 Tahanan kapal.....	12
1.4 Trim Kapal.....	15
1.5 Metode Wyman	15
1.6 Percobaan Model Towing Tank.....	18
1.7 Percobaan Model	18
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.1.1. Lokasi penelitian.....	21
3.1.2. Waktu penelitian	21

3.2.	Jenis Penelitian	21
3.3.	Metode Pengumpulan Data	21
3.4.	Metode pengolahan data.....	21
3.4.3.	Pemodelan Kapal	22
3.4.4.	Pengujian model.....	29
3.4.5.	Matriks Pengujian	30
3.4.6.	Matriks Kebutuhan Pengujian	30
3.4.7.	SOP Pengujian	33
3.5.	Analisis Data.....	33
3.5.1.	Analisis Kecepatan dan Derajat Trim Model Kapal	33
3.5.2.	Pengkondisian Trim Model Kapal.....	34
3.5.3.	Menghitung Tahanan Kapal dengan Maxsurf Resistance	36
3.5.4.	Penarikan Kesimpulan	39
3.6.	Kerangka pemikiran.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
1.1.	Desain <i>Deadrise Angle</i> 15° Dan <i>Stepped</i> Pada Kapal	41
1.2.	Desain Bentuk Kapal dan Variasi <i>Stepped 2U</i>	42
1.3.	Penentuan kecepatan dan trim dari percobaan model <i>Deadrise Angle</i> 15° dan 1 <i>Stepped 2U</i>	42
1.4.	Perhitungan Tahanan Model <i>Planning hull Stepped 2U Deadrise Angle</i> 15 Derajat	44
1.5.	Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal dan Kecepatan yang sama untuk Setiap Jumlah <i>Stepped 2U</i>	51
BAB V KESIMPULAN		55
5.1.	Kesimpulan.....	55
5.2.	Saran.....	56
LAMPIRAN.....		58

DAFTAR NOTASI

Loa	= Panjang keseluruhan kapal (m)
Lwl	= Panjang garis air kapal (m)
v	= Kecepatan kapal (knot)
g	= Percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
Re	= Angka Reynold
Fn	= Angka Froude
FnV	= Froude Number Volume
Cw	= Koefisien Wyman
Cb	= Koefisien blok
Slr	= Rasio kecepatan dan panjang kapal
Pc	= Koefisien propulsif
η_{shb}	= 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 Data ukuran utama kapal	22
Tabel 3.2 Alat dan bahan	23
Tabel 3.3 Tabel Matriks Pengujian	30
Tabel 3.4 Matriks Kebutuhan Pengujian	32
Tabel 4.1 Hasil pengukuran Kecepatan dan Trim untuk model <i>Deadrise Angle</i> 15° dan 1 <i>Stepped 2U</i>	43
Tabel 4.2 Nilai Tahanan Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 1 <i>Stepped 2U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i>	45
Tabel 4.3 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 2 <i>Stepped 2U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i>	45
Tabel 4.4 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 3 <i>Stepped 2U</i> pada <i>Maxsurf resistance</i>	46
Tabel 4.5 Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 1 <i>Stepped 2U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i>	47
Tabel 4.6 Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 2 <i>Stepped 2U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i>	48
Tabel 4.7 Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 3 <i>Stepped 2U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i>	50
Tabel 4.8 Nilai Luas Bidang Basah dan Kondisi Sudut Trim Lambung <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah <i>Stepped 2U</i> untuk Kecepatan yang Sama	51
Tabel 4.9 Nilai Tahanan Model Kapal dan angka Froude Number Volume pada Lambung <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah <i>Stepped 2U</i> untuk Kecepatan yang Sama.....	512
Tabel 4.10 Perbandingan Nilai Tahanan Model Kapal dengan Lambung <i>Deadrise Angle</i> 10 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah <i>Stepped U</i> untuk Kecepatan yang Sama	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lambung Kapal cepat.....	7
Gambar 2.2 Bentuk-bentuk lambung kapal untuk beberapa kategori	8
Gambar 2.3 Tipe <i>Planning Hull</i>	9
Gambar 2.4 <i>Deadrise</i> Kapal <i>Planning Hull</i>	10
Gambar 2.5 <i>Stepped Hull</i>	12
Gambar 2.6 Kondisi Trim.	15
Gambar 2.7 Towing tank.....	18
Gambar 3.1 Lines plan kapal pada Software Autocad.....	22
Gambar 3.2 Peletakan Stepped pada Software Autocad.....	23
Gambar 3.3 Pemberian ketebalan tripleks pada tiap section.....	23
Gambar 3.4 Frame section yang telah di potong	23
Gambar 3.5 Frame direkatkan pada pola waterline	25
Gambar 3.6 Frame yang sudah di tempeli kulit.....	25
Gambar 3.7 Proses pengaplikasian serat met ke badan kapal	26
Gambar 3.8 Pemasangan stepped pada cetakan	26
Gambar 3.9 Pengolesan resin setelah pengaplikasian serat met pada cetakan	26
Gambar 3.10 Proses pendempulan pada model.....	26
Gambar 3.11 Proses Pengecatan Model	28
Gambar 3.12 Penggambaran garis sarat dan section model.....	28
Gambar 3.13 Pemasangan alat penggerak model.	29
Gambar 3.14 ESC (<i>Electronic Speed Control</i>).....	31
Gambar 3.15 <i>Remote Control</i>	31
Gambar 3.16 <i>Receiver</i> 32.....	31
Gambar 3.17 Baterai 5000 mAh.....	31
Gambar 3.18 Motor DC <i>brushless</i>	32
Gambar 3.19 <i>Profeller 3 blade</i>	32
Gambar 3.20 Tampilan menu bar " <i>File</i> " dan <i>Open Design</i>	34
Gambar 3.21 Tampilan menu " <i>Surface</i> "	34
Gambar 3.22 Tampilan menu " <i>Rotate Surface</i> "	35
Gambar 3.23 Tampilan Profile model kapal pada kondisi trim	35
Gambar 3.24 Tampilan pemilihan <i>Surface</i>	36

Gambar 3.25 Tampilan Menu “Analysis”	37
Gambar 3.26 Tampilan pemilihan metode. kecepatan dan <i>effeciency</i>	37
Gambar 3.27 Tampilan <i>Calculate Free Surface</i>	38
Gambar 3.28 Data hasil perhitungan nilai tahanan	38
Gambar 3.29 Kurva nilai tahanan.....	39
Gambar 3.30 Kerangka Pemikiran	39
Gambar 4.1 <i>Body Plan SS 44 Bottom Keel Plate</i>	40
Gambar 4.2 <i>Body Plan SS 44 Deadrise 15°</i>	40
Gambar 4.3 Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal Berlambung <i>Deadrise Angle 15° dan 1 Stepped 2U</i>	42
Gambar 4.4 Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal Berlambung <i>Deadrise Angle 15° dan 2 Stepped 2U</i>	42
Gambar 4.5 Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal Berlambung <i>Deadrise Angle 15° dan 3 Stepped 2U</i>	42
Gambar 4.6 Pengukuran Trim Model Kapal	43
Gambar 4.7 Hasil pengukuran kecepatan dan trim model kapal di Towing Tank.	44
Gambar 4.8 Hubungan Froude Number Volume terhadap Tahanan total, Trim dan Luas Bidang Basah.....	46
Gambar 4.9 Tahanan Sisa Dan Tahanan Gesek <i>Stepped 1</i>	48
Gambar 4.0.10 Tahanan Sisa Dan Tahanan Gesek <i>Stepped 2</i>	49
Gambar 4.11 Tahanan Sisa Dan Tahanan Gesek <i>Stepped 3</i>	50
Gambar 4.12 Kurva variasi <i>Stepped</i> dengan kecepatan yang sama terhadap Luas Bidang Basah.	52
Gambar 4.13 Kurva variasi <i>Stepped</i> dengan kecepatan yang sama terhadap Trim.....	52
Gambar 4.14 Kurva variasi <i>Stepped</i> dengan kecepatan yang sama terhadap Tahanan total.....	53
Gambar 4.15 Persentase Perbandingan Kecepatan dan Tahanan model kapal <i>Deadrise Angle 15 derajat dengan 1 Stepped 2U, 2 Stepped 2U, 3 Stepped 2U</i>	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penentuan Skala Model.

Lampiran 2. Ukuran Utama Model.

Lampiran 3. Tabel Nilai Kecepatan Model Kapal masing-masing Stepped.

Lampiran 4. Kondisi model kapal 1 *Stepped* 2U pada saat pengujian

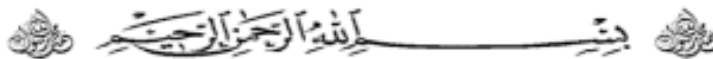
Lampiran 5. Kondisi model kapal 2 *Stepped* 2U pada saat pengujian

Lampiran 6. Kondisi model kapal 3 *Stepped* 2U pada saat pengujian

Lampiran 7. Gambar Lines Plan Kapal SS 44 Tanpa Deadrise

Lampiran 8. Gambar Lines Plan Kapal SS 44 Deadrise 15°

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kepada Allah SWT. atas limpahan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “**STUDI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL PLANNING HULL DENGAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT DAN STEPPED HULL BERBENTUK 2U**”. Yang disusun guna untuk memenuhi salah satu persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusun sangat 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, atas kasih sayang, dukungan, dan doa yang selama ini telah diberikan selama penulis menjalani kuliah.
2. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin sekaligus pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis selama menjalani proses penelitian skripsi maupun pada saat menjalani perkuliahan ini.
Muhammad Akbar Asis, ST., MT., selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Lukman Bochari, MT. dan Bapak Prof. Ir. Mansyur Hasbullah, M.Eng. selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini
4. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
5. Seluruh staff Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

yang selalu membantu segala administrasi selama kuliah.

6. Saudara-saudara saya di Pelataran Mabez BlueSea Room HL.119 yang selalu memiliki Ceritanya tersendiri dalam lingkup kekeluargaan dan kesederhanaannya yang tak pernah putus.
7. Anak – Anak CV. ANGKER09 yang selalu memberi bantuan dan dukungan.
8. Kepada teman-teman seperjuangan semester 11 (Dicky, Rama, Saldi, Irham, Eki, Rian, Ade) yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini
9. Kepada teman-teman Program Studi Teknik Perkapalan Angkatan 2017, terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami bersama yang menjadikan penulis bisa tumbuh dewasa dalam pikiran dan perbuatan.
10. Kepada kakanda senior dan adinda junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu. 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.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia yang merupakan salah satu negara Maritim terbesar di dunia-tidak bisa di pungkiri Kapal menjadi alat transportasi yang sangat penting dalam menghubungkan pulau-pulau yang ada di Nusantara. Melihat fakta tersebut maka sangat diperlukan inovasi baru muncul untuk meningkatkan sektor maritim di Indonesia. Kapal juga sangat penting dalam mengangkat perekonomian suatu wilayah, distribusi logistik dan kebutuhan akan lainnya akan lebih efisien menggunakan kapal.

Seperti yang kita ketahui kapal memiliki banyak jenis sesuai dengan fungsi dan tujuannya masing-masing, baik itu untuk transportasi barang, manusia ataupun untuk kepentingan lainnya. salah satu jenis kapal yang ada adalah kapal cepat. Saat ini kebutuhan akan kapal cepat semakin meningkat, baik itu untuk kepentingan pemerintahan, militer, pariwisata maupun rekreasi. Peningkatan kebutuhan ini menyebabkan makin meningkatnya pula permintaan untuk pembuatan kapal cepat. Hal ini mendorong perkembangan beberapa bentuk desain lambung kapal, misalnya kapal *planing hull* yang biasa digunakan untuk transportasi air berkecepatan tinggi.

Kapal cepat memiliki kecepatan yang relatif lebih besar dibanding kapal yang lain, hal ini disebabkan karena model rancangan dari kapal cepat dirancang untuk meminimalisir tahanan yang dihasilkan sehingga kecepatan kapal dapat dioptimal. Untuk itu dalam merencanakan desain lambung harus memperhatikan aspek tahanan yang dihasilkan oleh kapal cepat, maka dari itu jenis lambung yang biasa digunakan adalah jenis lambung dengan tipe *planing hull* yang mana sebagian besar beratnya didukung oleh tekanan hidrodinamik saat melaju dengan kecepatan tinggi.

Beberapa cara untuk mengatasi permasalahan yang timbul akibat dari pencapaian kecepatan kapal yaitu dengan melakukan perubahan atau modifikasi pada engine, hull maupun propulsor. Salah satu cara modifikasi pada hull ialah desain *stepped hull*. Hal ini dilakukan guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar dilautan.

Stepped Hull ini adalah modifikasi bentuk lambung berupa step melintang yang ditempatkan pada bawah lambung kapal. Aplikasi penggunaan *step hull* dapat menurunkan sudut trim sehingga stabilitas kapal lebih stabil, meningkatkan kinerja hidrodinamika, dan memperkecil luas permukaan basah sehingga bisa mengurangi hambatan yang dihasilkan. (Citra Eka Febrian 2013)

Penelitian ini juga didasari dengan penelitian sebelumnya, dimana Muh. Syah Zidan (2022) telah melakukan eksperimen dengan menggunakan model variasi *stepped* yang sama yaitu 2U, dengan kemiringan 5 Derajat. Dia menyimpulkan bahwa peningkatan kecepatan berpengaruh pada sudut trim model kapal, dimana semakin besar kecepatan maka semakin besar sudut trim. model kapal *planing hull* pada 1 *stepped 2U*, 2 *stepped 2U*, dan 3 *stepped 2U*. Kemudian pada hasil perhitungan nilai tahanan terjadi perubahan nilai tahanan akibat kondisi trim (Zidan,2022).

Berdasarkan uraian dan hasil penelitian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan Penelitian yang berjudul “Investigasi Eksperimen Tahanan Kapal *Planing Hull* dengan *Deadrise Angle 15* Derajat dan *Stepped Hull* berbentuk 2U menggunakan metode Eksperimental”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas. maka rumusan masalah yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh bentuk lambung *planing hull* dengan *deadrise angle 15 derajat* dan variasi jumlah *Stepped hull* berbentuk 2U terhadap nilai tahanan kapal.
2. Seberapa besar persentase perbandingan nilai tahanan pada bentuk lambung kapal *planing hull* dengan *deadrise angle 15 derajat* dan variasi jumlah *Stepped hull* berbentuk 2U pada beberapa kondisi kecepatan dan trim.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini. sebagai berikut:

1. Kapal yang digunakan adalah kapal cepat berbentuk lambung *Deadrise Angle 15°*.
2. Bentuk *stepped planning 2U* dengan variasi jumlah stepped yaitu: 1 *stepped*. 2 *stepped*. 3 *stepped*.
3. Variasi kecepatan akan di ambil 8 sampel dengan range 2 m/s – 4 m/s.
4. Dilakukan pada kondisi air tenang.
5. Kecepatan dan kondisi trim yang di—gunakan berdasarkan dari hasil pengambilan data.
6. Perhitungan nilai tahanan kapal tidak mempertimbangkan komponen tahanan tambahan seperti shaft, Propeller, Kemudi, Bilge keel, Skeg dll.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh bentuk lambung *planning hull* dengan *deadrise angle 15°* dan variasi jumlah stepped berbentuk 2U terhadap nilai tahanan kapal.

2. Untuk mengetahui besar presentase perbandingan nilai tahanan pada bentuk lambung kapal *planing hull* dengan *deadrise angle 15* derajat dan variasi jumlah *stepped hull* berbentuk 2U pada beberapa kondisi kecepatan dan trim kapal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini yakni:

- 1) Sebagai informasi untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah stepped hull pada kapal dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat.
- 2) Untuk menambah wawasan, pengetahuan maupun referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan Stepped Hull. Serta menjadi masukan bagi perancang kapal dalam merancang kapal cepat yang efisien saat beroperasi.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I: PENDAHULUAN

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

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini menjelaskan tentang teori-teori gambaran wilayah penelitian. berbagai literatur yang menunjang pembahasan dan digunakan sebagai dasar pemikiran dari penelitian ini.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan 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 cepat dengan pengujian eksperimental.

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

1.1 Kapal Cepat

Kapal Cepat Menurut Lawrence (1985), Kapal cepat adalah kapal yang memiliki kecepatan yang sangat tinggi pada setiap dimensinya, hal ini berarti kapal memiliki angka *Froude* (F_n) yang besar (Lawrence, 1985). Angka *Froude* didefinisikan sebagai fungsi kecepatan (v) terhadap Panjang kapal (L) sebagaimana persamaan (Andi Haris Muhammad,2013):

$$F_n = v/\sqrt{gL} \quad \dots 2.1)$$

Menurut J. Lawrence (1985), dalam perencanaan kapal cepat kita harus memperhatikan hal-hal berikut (Rosmani.2013):

- a. Dapat mempertahankan tahanan kapal yang rendah
- b. Dapat meminimalkan dampak gelombang yang dihasilkan
- c. Tidak terjadi propoising
- d. Dapat mentransmisikan daya secara sempurna melalui system propulsi kapal.

Menurut J. Lawrence (1985). 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* sering digunakan sebagai parameternya. (F_n) didefinisikan sebagai berikut:

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

- Dimana :
- V : Volume (m^3)
 - g : Gaya Gravitasi (m/s^2)
 - L : Panjang (m)

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

$$P = R \cdot v \quad (2.3)$$

$$P = k \cdot v^3$$

Dengan demikian mengandakan daya yang terpasang, menghasilkan peningkatan kecepatan hingga 26%. Kesulitan kedua ialah dengan mencoba meningkatkan kecepatan pada kondisi *rough water*. (Rosmani, A. Haris Muhammad, Muh. Algan, 2013)

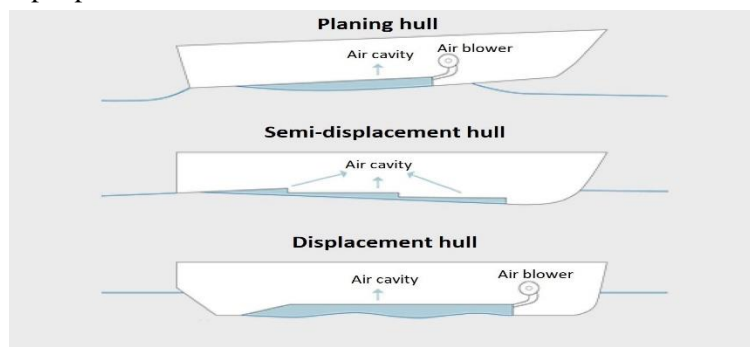
Menurut Andi Haris Muhammad dan M. Alham Djabbar (2013), pada kapal dengan lambung planning, kenaikan kecepatan kapal sangat dipengaruhi oleh panjang efektif permukaan basah kapal, khususnya dalam menentukan koefisien lift dan drag kapal (Satvisky, 1965) sehingga dalam hal ini angka Froude dapat didefinisikan sebagai fungsi kecepatan terhadap lebar permukaan basah kapal (b) sebagaimana persamaan 1.2:

$$Fb = V / \sqrt{gL} \quad (2.4)$$

Pada kapal dengan lambung planing dikenal dengan angka Froude sebagai fungsi kecepatan terhadap volume kapal (v), volume dimana saat kapal dioperasikan sebagaimana persamaan 1.3:

$$FV = V / \sqrt{gV^{1/3}} \quad (2.5)$$

Baird (1998). mengelompokkan batasan besaran angka *Froude* berdasarkan tipe lambung kapal pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Lambung Kapal cepat

Sumber: (<https://mboat.eu/displacement-hull/>)

$$Fn > 0.4-0.5$$

displacement

$$0.4-0.5 > Fn > 1.0 -1.2$$

semi displacement

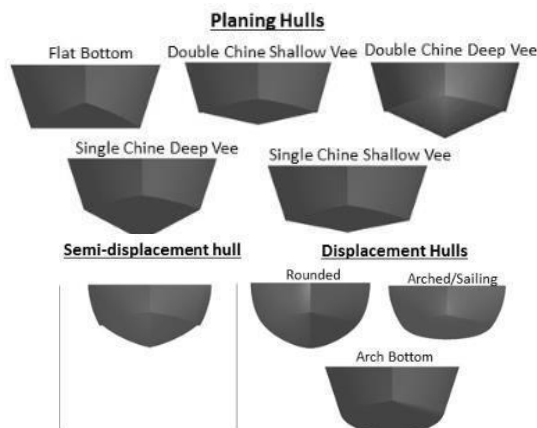
$$Fn > 1.0 -1.2$$

planing vessel (lambung planning).

1.2 Planning hull

Kapal planning merupakan salah satu jenis kapal yang mempunyai tingkat efisiensi yang baik sebagai kapal cepat. Kapal ini bergantung pada kecepatan yang mengangkat sebagian lambungnya keluar dari air (*hydrodynamic support*). Dengan kecilnya badan kapal yang bersentuhan dengan air maka kecil juga jumlah tahanan air yang ditanggung. Bentuk badan kapal dirancang mengikuti hukum *hydrodynamic*, setiap benda yang bergerak yang dapat menciptakan aliran non-simetris menimbulkan gaya angkat yang tegak lurus dengan arah gerak. Seperti sayap pesawat terbang yang bergerak di udara akan memberi gaya angkat. (Pradipta Rahman Hakim, IKAP Utama, 2018)

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 berikut.



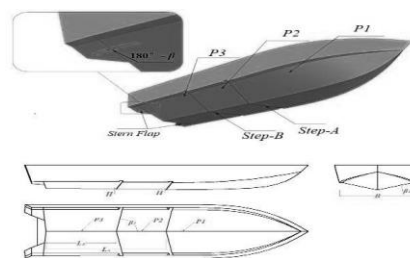
Sumber : Sharoz khan, 2017

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

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

Kapal cepat (*planing hull*) terdiri dari gaya gesek (*friction*) dan gaya vertikal (*induced drag*), dimana hambatan geseknya lebih dominan dari total hambatan. Fenomena ini membuat para ahli kapal terinspirasi untuk menciptakan desain kapal yang memiliki hambatan gesek lebih rendah. Oleh karena itu belakangan ini banyak dijumpai tipe kapal cepat yang disebut: *air cushion vehicles (ACV)*, *seaplanes*, *wing-in-ground effect (WIG) craft*, *planning hydrofoil ships*, *surface effect ships (SES)* dan kapal *Stolkraft*. Jenis kapal cepat tersebut memiliki karakteristik operasional dan keunggulan tertentu serta banyak diaplikasikan sebagai kapal patroli, kapal penyelamat, kapal penumpang, kapal riset dan kapal pesiar. (Jamaluddin, 2012)

Menurut A. Haris Muhammad (2009). Rosmani (2013). menyatakan Penelitian awal hidrodinamika kapal tipe *planning hull* telah dimulai di Amerika Serikat (AS) sejak 40 tahun yang lalu. Penelitian ini awalnya bertujuan untuk merencanakan sebuah *aircraft (flying boat)* dimana air adalah sebagai media pendaratan kapal. Seiring dengan kemajuan teknologi. konsep ini dikembangkan untuk desain lambung sebuah kapal berkecepatan tinggi atau dikenal dengan *planning hull*. Bentuk lambung dapat dilihat pada Gambar 2.2. Di Indonesia kapal tipe *planning hull* umumnya difungsikan sebagai kapal patroli perairan dan penjagaan pantai. Lambung dengan alas rata serta garis muat (*sarat*) yang rendah sangat mendukung kapal tipe *planning hull* dapat berkecepatan tinggi serta memiliki stabilitas yang baik.

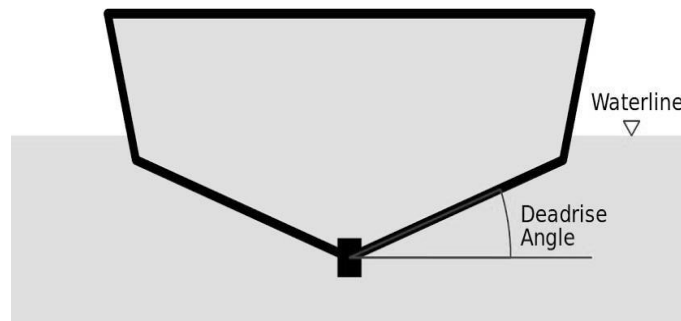


Sumber : <https://www.mdpi.com/2077-1312/7/10/346/htm>.

Gambar 2.3 Tipe Planning Hull

Kapal *planning hull* merupakan kapal cepat dengan *Volume Froude Number* $Fr_V=1.0-3.5$ dimana berat kapal sebagian besar ditopang oleh gaya angkat hidrodinamika sehingga haluan kapal terangkat pada kecepatan tinggi (Molland, Turnock, & Hudson, 2017). Sedangkan [sic!] *deadrise* disebut juga *rise of floor* adalah besar sudut kemiringan

alas terhadap garis dasar kapal apabila kapal dilihat dari pandangan *body plan*. Defenisi *deadrise* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber : Putranto T,2016.

Gambar 2.4 Deadrise Kapal Planning Hull

Papanikolaou (2005) menerangkan bahwa 22.1% dari kapal cepat yang beroperasi didunia menggunakan lambung planing. Kapal jenis ini umumnya digunakan pada jenis kapal *patrol boats*. *sport fishing vessels*. *service craft*. *ambulance craft*. *recreational craft*. dan *sport competitions* (Faltinsen. 2005). Sebagian besar dari kapal tersebut memiliki kecepatan yang sangat tinggi hingga angka *froude*. $F_n=6.0$ (Ikeda. 2000) namun dengan kecepatan yang sangat tinggi tersebut kapal akan sulit dikendalikan (Coccoli dan Scamardella. 2004). (A. Haris Muhammad & M. Alham Djabbar. 2013:9).

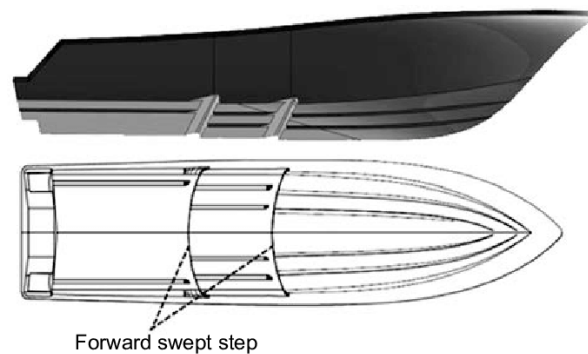
Stepped Hull adalah konfigurasi alternatif ke lambung planing dengan kecepatan tinggi biasa. lambung bertangga memiliki diskontinuitas melintang terletak di beberapa titik di belakang pusat gravitasi kapal dan pusat tekanan. Lokasi membujur diskontinuitas transversal ini, atau tangga, adalah sangat penting. Untuk memahami alasan di balik desain lambung bertangga, seseorang harus memahami prinsip-prinsip *hidrodinamika planing hull*. Saat sebuah kapal meluncur, lambung kapal bawah awalnya akan memotong permukaan air pada suatu titik yang disebut titik stagnasi. Untuk kapal dengan *deadrise*, garis stagnasi akan menyapu ke belakang sampai berpotongan dengan *hard chine* kedua sisi, pada titik mana aliran akan terpisah. Wilayah yang berada tepat di belakang garis stagnasi ini bagian bawah lambung yang menyediakan persentase yang sangat besar pengangkatan yang diperlukan karena tekanan dinamis yang besar yang sedang dikembangkan.

Clement dan Koelbel (1992) telah memperhitungkan persentase daya angkat lambung atau trim ini sekitar 90%. Trim pada lambung kapal paling sering terjadi di dekat pusat gravitasi kapal, kemudian posisinya akan maju ke haluan. Ketika sebuah kapal sedang trim, tekanan air di lambung bagian belakang kapal sangat rendah, dan karena hal itu sangat kecil kemungkinan untuk dapat naik (trim). Namun hal tersebut memberikan kontribusi yang signifikan terhadap tahanan gesek kapal, dari sisi ekonomi hal ini sangat buruk karena dapat menambah kebutuhan daya kapal yang berakibat kebutuhan bahan bakar yang naik. (Garland, 2010).

Stepped Hull adalah konfigurasi pada lambung kapal yang bertujuan untuk mengurangi jumlah permukaan lambung yang tercelup air, konfigurasi ini biasa berbentuk mirip "V". *Stepped Hull* memiliki bukaan yang besar pada sisi outboard pada lambung untuk memberikan rongga udara yang bertujuan untuk men ke bawah. Pada umumnya, *Stepped Hull* dapat meningkatkan kecepatan sekitar 10-15% dari kecepatan yang diinginkan apabila dibandingkan dengan tidak memakai *stepped hull* dengan *power* pada mesin yang sama.

Suatu alasan mengapa *Stepped Hull* lebih efektif adalah karena area/bagian yang tercelup air biasa dibagi pada beberapa beam sepanjang kapal., karena bentuk lebar kapal seperti ini sehingga lebih efisien, sehingga pada memperkecil gesekan antara lambung kapal dengan air. Jadi, tujuan dari ide tentang *Stepped Hull* adalah untuk mengurangi permukaan yang tercelup air seperti pada teori pada pesawat terbang. Banyak yang mengira bahwa *Stepped Hull* mengurangi lapisan/permukaan lambung yang terkena air, tetapi sesungguhnya pada konsep *stepped hull* ini adalah untuk meminimalkan bagian lambung. (Budiarto,2011).

Menurut Citra Eka F. (2018). *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. *Step hull* sendiri berfungsi mengurangi luasan permukaan basah karena timbulnya turbulensi di bawah badam kapal dan akan menambah gaya angkat ke atas. sehingga dengan sendirinya akan mengurangi tahanan pada kapal. (Mohtar Aziz. Ali Munazid. Intan Baroroh. 2019).



Gambar 2.5 *Stepped Hull*.

Sumber : <https://www.researchgate.net/figure/A-view-of-a-planing-hull-with-two-forward-swept-steps>

1.3 Tahanan kapal

Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya *fluida* yang bekerja 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 dan karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya *hidrodinamika*. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air (Rosmani, A. Haris Muhammad, Muh. Algan, 2013).

Kapal planing memiliki dua komponen gaya yang bekerja yaitu *hydrostatic force* dan *hydrodynamic force* sehingga metode untuk memprediksi hambatan kapal *planing* berbeda dari metode untuk memprediksi hambatan kapal displasmen. Hambatan hidrodinamis total pada kapal planing terdiri dari hambatan akibat tekanan normal pada dasar kapal dan hambatan *viskos tangensial* pada dasar kapal di bagian *pressure area* maupun pada *spray area*. Pada kapal cepat, rumus yang digunakan untuk menghitung hambatan total kapal adalah dengan menggunakan *savitsky's formula*. Dari hasil analisa *savitsky*, komponen hambatan pada kapal cepat terdiri dari tekanan (*pressure force*) dan kekentalan (*viscous drag*). (Mohtar Aziz, Ali Munazid, Intan Baroroh. 2019).

Komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung di air adalah (Harnita, 2011) :

- a. Tahanan gesek (*Friction resistance*)

Tahanan Gesek (*friction resistance*) 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. 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 :

- Angka Renold (*Renold's number*, R_n)

$$R_n = \frac{VL}{\nu} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

V : Volume (m³)

L : Panjang (m)

ν : Kecepatan (m/s)

- Koefisien gesek (*friction coefficient*, C_f)

$$C_f = \frac{0.75}{(\log R_n - 2,0)^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

(Merupakan formula dari ITTC)

- Rasio kecepatan dan panjang kapal (*speed length ratio*, S_{lr})

$$S_{lr} = \frac{v_s}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots(2.8)$$

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

Menurut ITTC (*International Towing Tank Conference*) hambatan kapal dibagi menjadi beberapa komponen seperti hambatan gesek (RF). hambatan sisa (RR). hambatan viskos (RV). hambatan tekanan (RP). hambatan tekanan viskos (RPV). hambatan gelombang (RW). hambatan pemecah gelombang (RWB). hambatan semprotan (RS). hambatan tonjolan (*appendage resistance*). hambatan kekasaran permukaan (*surface roughness resistance*). dan Hambatan Udara (*Air Resistance*). (Rosmani. 2013).

- b. Tahanan sisa (*Residual Resistance*)

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

a. Tahanan gelombang (*Wave Resistance*)

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

b. Tahanan udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara diartikan sebagai Tahanan yang dialami oleh bagian badan kapal utama yang berada di atas air dan bangunan atas (*Superstruktire*) 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).

1.4 Trim Kapal

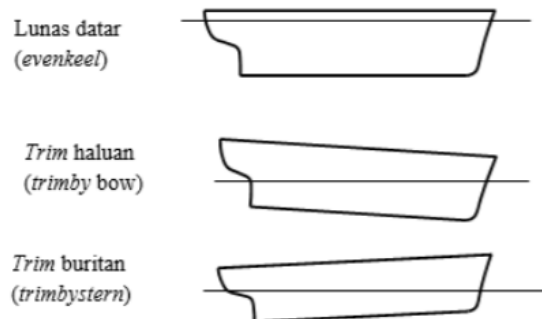
Trim didefinisikan sebagai perbedaan antara sarat di AP (*TA*) dan sarat di FP (*TF*).

$$Trim = TA - TF \dots\dots\dots(2.9)$$

Hasil positif menunjukkan terjadi Trim Buritan. Pada saat kapal dalam kondisi trim, displasemen dan kecepatan kapal tetap konstan, tidak ada penambahan ballast dan kapal tidak mengalami penambahan kecepatan meskipun hambatan berubah ketika kondisi trim (Larsen dikutip dalam Margono. 2017).

Secara umum terdapat tiga kondisi yang dapat dialami kapal, yaitu:

- a) Evenkeel yaitu draft depan kapal sama dengan draft belakang kapal.
- b) Trim haluan yaitu draft belakang lebih kecil dari draft depan.
- c) Trim buritan yaitu draft belakang lebih besar dari draft depan.



Gambar 2.2 Kondisi Trim.

1.5 Metode Wyman

Dalam Muthahhar (2021) menyatakan bahwa Formula universal yang digunakan untuk menghitung hambatan lambung mode lambung planning dan displasemen. 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 21 Maritime Academy (Eric W. Sponberg. 2010). Koefisien Wyman dijabarkan sebagai berikut:

$$C_w = 0.8 \left(0.17 \times \frac{v}{\sqrt{Lwl}} \right) \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

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

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

$$SHP = \left(\frac{Displ}{1000} \right) \times \left(\frac{v}{C_w \times \sqrt{Lwl}} \right)^3 \dots \dots \dots (2.11)$$

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:

$$DHP = SHP \times \eta_s \eta_b \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

- DHP : *Power Delivery* (HP)
: 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:

$$EHP = DHP \times P_c \dots\dots\dots(2.13)$$

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

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_o \times \eta_h \dots\dots\dots(2.14)$$

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.

$$\eta_H = 1 - t - w \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

- t : Thrust deduction power ($t = k \times w$).
- w : Wake friction ($w = [0.5Cb] \times 0.05$).
- C_b : Koefisien blok.

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

$$R_t = \frac{EHP}{v} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

- EHP : *Effective Horse Power*
- v : Kecepatan kapal (knot)

1.6 Percobaan Model Towing Tank

Pengujian model akan dilakukan di *Towing Tank* dapat dilihat pada Gambar 2.7. Dimana tangki percobaan (*Towing Tank*) ini adalah sebuah kolam uji yang berbentuk persegi panjang yang berisikan air tawar (Tidak digunakan air asin dikarenakan alasan kerusakan alat/fasilitas laboratorium). *Towing Tank* ini biasa digunakan untuk melakukan uji coba model kapal untuk mengetahui nilai tahanan dari model kapal. Untuk uji coba ini dapat dilakukan dengan di kondisi air tenang (*Calm Water*) maupun dengan kondisi bergelombang (*Wave Condition*).



Gambar 2.3 Towing tank

1.7 Percobaan Model

Di dalam melakukan percobaan model untuk mendapatkan besarnya nilai tahanan model haruslah terlebih dahulu memahami langkah – langkah dalam men-set-up peralatan uji model dan prosedur pengujian tahanan model yang telah ditetapkan oleh regulasi internasional. dalam hal ini ITTC (*International Towing Tank Convention*) serta peraturan yang telah ditetapkan oleh laboratorium pengujian model. Peraturan yang telah ditetapkan oleh laboratorium pengujian model berupa SOP, instruksi kerja, dan prosedur pengujian dalam laboratorium, dimaksudkan untuk memastikan konsistensi dari metode untuk pengujian towing tank dan memperoleh hasil yang tepat untuk tahanan dalam air (*deep – water resistance*) termasuk kondisi kemiringan (*sinkage*, dan *trim*).

Sebelum melakukan pengujian, wajib mengukur temperatur air pada towing tank. Temperature air 20c - 25c, hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil percobaan yang optimal karena suhu yang terlalu rendah dapat meningkatkan *Viscosity* air dalam kolam dan apabila terlalu tinggi ditakutkan akan mempengaruhi bentuk model lambung kapal.

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:

$$L_{ratio} = \frac{L_{model}}{L_{ship}} \text{ atau } \frac{L_m}{L_s} = L_r \dots\dots\dots(2.17)$$

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:

$$\frac{v_M}{\sqrt{gLM}} = \frac{v_S}{\sqrt{gLS}} \dots\dots\dots(2.18)$$

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:

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

$$\left(\frac{f_i}{f_v}\right)_{model} = \left(\frac{f_i}{f_v}\right)_{prototype} = \left(\frac{Vl\rho}{\mu}\right)_{model} = \left(\frac{Vl\rho}{\mu}\right)_{prototype} \dots\dots\dots(2.19)$$

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

Dimana:

- Re : Reynold number. Vl/v
- v : Kecepatan
- l : Panjang
- ρ : Massa jenis (kg/m³)
- ν : Viskositas kinematis (m² /det)²⁰

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:

$$B_m < 1/10 B \text{ tangki} \dots\dots\dots(2.20)$$