

**SKRIPSI**

**INVESTIGASI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL PLANNING HULL  
DENGAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT DAN STEPPED HULL  
BERBENTUK U**

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



MUHAMMAD SALDI SYAHRUDDIN

D031171518

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

**SKRIPSI**

**INVESTIGASI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL PLANNING HULL  
DENGAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT DAN STEPPED HULL  
BERBENTUK U**

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



MUHAMMAD SALDI SYAHRUDDIN

D031171518

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### INFESTIGASI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL PLANNING HULL DENGAN DEADRISE 15 DERAJAT DAN STEPPED HULL BERBRNTUK U

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD SALDI SYAHRUDDIN**

**D031 17 1518**

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

Menyetujui,

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Ir. Hj. Rosmani, MT.  
NIP: 19600620 198802 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



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



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : MUHAMMAD SALDI SYAHRUDDIN  
NIM : D031171518  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

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

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.

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.

Makassar, <sup>24</sup> Januari 2023

Yang Menyatakan



MUHAMMAD SALDI SYAHRUDDIN

## ABSTRAK

Muhammad Saldi Syahrudin / D031171518. “**INVESTIGASI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL PLANING HULL DENGAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT DAN STEPPED HULL BERBENTUK U**”.

(Dibimbing oleh Prof. Dr. Eng. Suandar Baso ST.MT. dan Ir. Hj. Rosmani, MT.)

Seiring kemajuan zaman dan teknologi saat ini kapal cepat banyak mengalami perubahan guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa kapal saat berlayar dilautan, salah satunya pada modifikasi *hull*. Adapun jenis lambung kapal yang memiliki kecepatan tinggi, seperti kapala *displacement*, *semi-planing*, dan *planning*. Adapun modifikasi *hull* dalam perubahan bentuk lambung dengan *Deadrise Angle* serta penambahan bentuk *Stepped*. Adapun prinsip dasar dari penggunaan *Stepped* mengurangi luas permukaan basah (*wetted surface area*) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal. Variasi *deadrise angle* yang digunakan pada penelitian ini adalah 15 derajat, Sedangkan desain bentuk *Stepped* yaitu *Stepped U*. Jumlah *Stepped* yang didesain dikategorikan menjadi 1, 2, dan 3 *Stepped*. Penelitian ini dilaksanakan melalui eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika kapal untuk mendapatkan kecepatan dan derajat trim model kapal, yang selanjutnya akan menjadi data dalam penentuan nilai tahanan menggunakan *software maxsurf*. Pada pengujian model penelitian ini didapatkan hasil analisis perubahan kecepatan yang lebih meningkat berpengaruh terhadap kenaikan trim kapal yang dianalisis menggunakan *software maxsurf*.. Berdasarkan analisa tahanan pada lambung *deadrise angle* 15 derajat *Stepped U*, diketahui bahwa tahanan total kapal cenderung meningkat seiring dengan penambahan jumlah *Stepped* serta peningkatan kondisi trim kapal. Pada model kapal 3 *Stepped U* memiliki nilai tahanan yang lebih kecil dibandingkan dengan model kapal 1 *Stepped U* dan 2 *Stepped U*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan *Stepped* pada model kapal dapat mengurangi tahanan kapal akibat dari pengurangan luas bidang basah kapal.

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

## ABSTRACT

Muhammad Saldi Syahrudin / D031171518. “*EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF PLANNING HULL SHIP RESISTANCE WITH 15 DEGREE DEADRISE ANGLE AND U-Shape STEPPED HULL*”.

(Supervised by Prof. Dr. Eng. Suandar Baso ST.MT. and Ir. Hj. Rosmani, MT.)

Along with the progress of the times and current technology, fast boats have undergone many changes in order to get a ship design that guarantees ship performance when sailing at sea, one of which is hull modification. The types of ship hulls that have high speed, such as displacement, semi-planing, and planing ships. The hull modification includes changing the shape of the hull with Deadrise Angle and adding a Stepped shape. The basic principle of using Stepped is to reduce the wetted surface area due to turbulence under the hull. The variation of the deadrise angle used in this study is 15 degrees, while the Stepped shape design is Stepped U. The number of Stepped designs are categorized into 1, 2, and 3 Stepped. This research was carried out through experiments conducted at the Hydrodynamics Laboratory of the ship to obtain the speed and trim degree of the ship model, which will then become data in determining the resistance value using the maxsurf software. In testing this research model, it was found that the results of the analysis of changes in speed which increased the effect on the increase in trim of the ship were analyzed using maxsurf software. ship trim condition improvement. The 3 Stepped U ship model has a lower resistance value compared to the 1 Stepped U and 2 Stepped U 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 : Planing Hull, Stepped, Deadrise Angle , Ship Resistance, Software Maxsurf.***

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur atas ridho Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul **“INVESTIGASI EKSPERIMEN TAHANAN KAPAL PLANNING HULL DENGAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT DAN STEPPED HULL BERBENTUK U** “.

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 segala bentuk dukungan, dan doa yang selama ini telah diberikan selama penulis menjalani kuliah.
2. Bapak Prof. 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.  
Ibu Ir. Rosmani, MT. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis untuk memberikan arahan dengan penuh kesabaran dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Lukman Bochari, MT. dan Bapak Moh. Rizal Firmansyah, ST., MT. 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. Teman – teman BUTUH TERAPI yang selalu memberi arahan yang tak terduga.
7. Anak – Anak ANGKER09 yang tidak bisa saya jelaskan dengan kata-kata.
8. Kepada teman-teman seperjuangan semester 11 (Dicky, Rama, Fadlu, Irham, Eki, Rian, Ade) yang tetap romantis dipenghujung masa-masa perkuliahan.

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 atas pengalaman yang dilalui selama ini.



## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR NOTASI .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
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
2.1 Kapal Cepat (High Speed Craft).....	6
2.2 Karakteristik Kapal Cepat .....	6

2.3	Planing Hull.....	8
2.4	Stepped Hull .....	10
2.5	Tahanan Kapal.....	10
2.6	Propulsi Kapal Cepat.....	13
2.7	Trim Kapal .....	14
2.8	Hukum Perbandingan Model.....	15
2.9	Metode Wyman .....	18
2.10	Tangki Percobaan(Towing Tank).....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>21</b>
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	21
3.2	Jenis Penelitian .....	21
3.3	Metode Pengumpulan Data .....	21
3.4	Metode Pengolahan Data.....	21
3.5	Analisis Data .....	33
3.6	Penarikan Kesimpulan.....	38
3.7	Kerangka Pemikiran .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>40</b>
4.1.	Desain Deadrise Angle 15 derajat dan Stepped Pada Kapal .....	40
4.2.	Bentuk Model Kapal .....	41
4.3.	Analisis Kecepatan dan Trim Model Kapal Deadrise Angle 15 Derajat Stepped U .....	42
4.4.	Perhitungan Tahanan Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 15 derajat Stepped U .....	42
4.5.	Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal Untuk Setiap Kondisi Stepped U .....	58

BAB V KESIMPULAN .....	60
5.1. Kesimpulan .....	60
5.2. Saran .....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	65
LAMPIRAN	

## DAFTAR NOTASI

Loa	= Panjang keseluruhan kapal (m)
Lwl	= Panjang garis air kapal (m)
v	= Kecepatan kapal (knot)
g	= percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ )
Rn	= Angka Reynold
Fn	= Angka Froude
FnV	= Froude Number Volume
Cw	= Koefisien Wyman
Cb	= Koefisien blok
Slr	= Rasio kecepatan dan panjang kapal
Pc	= Koefisien propulsif
$\eta_{sb}$	= Efisiensi poros dan baling - baling
$\eta_r$	= Efisiensi relatif rotatif
$\eta_o$	= Efisiensi open water test
$\eta_h$	= Efisiensi lambung kapal
SHP	= Shaft Horse Power (HP)
DHP	= Delivery Horse Power (HP)
EHP	= Efficiency Horse Power (HP)
Rt	= Tahanan total (Kn)
L <sub>r</sub>	= Skala model
L <sub>m</sub>	= Panjang model (m)
L <sub>p</sub>	= Panjang Kapal (m)
V <sub>m</sub>	= Kecepatan model (m/s)
V <sub>p</sub>	= Kecepatan Kapal (m/s)

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	23
Tabel 3. 2 Tabel Matriks Pengujian .....	28
Tabel 3. 3 Matriks Kebutuhan Pengujian.....	32
Tabel 4. 1 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 1 <i>Stepped U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i> .....	44
Tabel 4. 2 Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 1 <i>Stepped U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i> .....	46
Tabel 4. 3 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise Angle</i> 15 Derajat dan 2 <i>Stepped U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i> .....	49
Tabel 4. 4 Nilai Tahanan Gesek, Tahanan Sisa dan Koefisien Tahanan Model <i>Deadrise</i> <i>Angle</i> 15 Derajat dan 2 <i>Stepped U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i> .....	51
Tabel 4. 5 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise Angle</i> 15 derajat dan 3 <i>stepped U</i> pada <i>maxsurf resistance</i> .....	54
Tabel 4. 6 Nilai Tahanan gesek, tahanan sisa dan koefisien tahanan Model <i>Deadrise</i> <i>Angle</i> 15 Derajat dan 3 <i>Stepped U</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i> . .....	56
Tabel 4. 7 Perbandingan trim kapal untuk setiap variasi jumlah <i>Stepped</i> .....	58
Tabel 4. 8 Perbandingan Luas Bidang Basah untuk Setiap Variasi <i>Stepped</i> .....	59
Tabel 4. 9 Perbandingan Tahanan Model Kapal <i>Planning Hull</i> berbentuk U .....	61
Tabel 4. 10 Persentase Perbandingan Model .....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori <i>displacement hull</i> , <i>planing hull</i> , <i>semi-planing hull</i> .....	8
Gambar 2. 2 Tipe Planing Hull .....	9
Gambar 2. 3 <i>Deadrise angle</i> pada kapal <i>planning hull</i> .....	10
Gambar 2.4 Stepped Hull.....	10
Gambar 2. 5 Tipe propulsi kapal cepat .....	14
Gambar 2. 6 Kapal Kondisi Even Keel.....	14
Gambar 2. 7 Kapal Kondisi Trim by stern.....	15
Gambar 2. 8 Kapal Kondisi Trim by Head. ....	15
Gambar 2. 9 Towing Tank .....	20
Gambar 3. 1 <i>Lines Plan</i> Kapal pada <i>Software Autocad</i> .....	22
Gambar 3. 2 Peletakan Stepped pada Software Autocad .....	24
Gambar 3. 3 Frame direkatkan pada pola waterline .....	24
Gambar 3. 4 Pendempulan & Pengamplasan Cetakan Model .....	25
Gambar 3. 5 Proses Pengaplikasian Serat Met ke Badan Kapal .....	25
Gambar 3. 6 Pengaplikasian Serat Met dan Resin pada Model .....	26
Gambar 3. 7 Penggambaran garis sarat dan section model.....	26
Gambar 3. 8 Menghubungkan alat penggerak model .....	27
Gambar 3. 9 ESC ( <i>Elektronic speed control</i> ).....	29
Gambar 3. 10 Remote Control .....	29
Gambar 3. 11 Receiver 32.....	30

Gambar 3. 12 Baterai 2200 mAh .....	30
Gambar 3. 13 Motor DC brushless .....	30
Gambar 3. 14 Profeller 3 blade .....	31
Gambar 3. 15 Shaft dan Universal Joint .....	31
Gambar 3. 16 Tampilan menu "Surface" .....	34
Gambar 3. 17 Tampilan menu "Rotate Surface" .....	35
Gambar 3. 18 Tampilan Profile model kapal pada kondisi trim .....	35
Gambar 3. 19 Tampilan pemilihan Surface .....	36
Gambar 3. 20 Tampilan Menu "Analysis" .....	36
Gambar 3. 21 Tampilan pemilihan metode, kecepatan dan effeciency .....	37
Gambar 3. 22 Tampilan Calculate Free Surface .....	37
Gambar 3. 23 Data hasil perhitungan nilai tahanan .....	38
Gambar 3. 24 Kurva nilai tahanan .....	38
Gambar 3. 25 Diagram alir penelitianMulai .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3. 26 Diagram alur penelitian .....	39
Gambar 4. 1 Linesplan .....	40
Gambar 4. 2 Pemodelan 3 dimensi kapal penumpang cepat SS 44 .....	40
Gambar 4. 3 Tampak Bawah Model Kapal Berlambung <i>Deadrise Angle</i> 15° dan 1 <i>Stepped U</i> .....	41
Gambar 4. 4 Tampak Bawah Model Kapal Berlambung <i>Deadrise Angle</i> 15° dan 2 <i>Stepped U</i> .....	41
Gambar 4. 5 Tampak Bawah Model Kapal Berlambung <i>Deadrise Angle</i> 15° dan 3 <i>Stepped U</i> .....	41

Gambar 4. 6 Pengukuran Trim Model Kapal.....	42
Gambar 4. 7 Tampilan model pengujian (a) dan Tampilan “Profile” (b).....	43
Gambar 4. 8 Tampilan permukaan basah model 1 <i>Stepped</i> (c) dan Tampilan <i>Perspective</i> permodelan 1 <i>Stepped</i> (d).....	43
Gambar 4. 9 Kurva trim untuk setiap variasi kecepatan model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dan 1 <i>stepped U</i> . ....	44
Gambar 4. 10 Kurva tahanan untuk setiap variasi kecepatan model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dan 1 <i>stepped U</i> . ....	45
Gambar 4. 11 Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise</i> <i>angle</i> 15 derajat dengan 1 <i>stepped U</i> .....	45
Gambar 4. 12 Kurva nilai koefisien tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 1 <i>stepped U</i> .....	46
Gambar 4. 13 Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 1 <i>stepped U</i> .....	47
Gambar 4.14 Tampilan model pengujian (a) dan Tampilan “Profile” (b).....	48
Gambar 4.15 Tampilan permukaan basah model 2 <i>Stepped</i> (c) dan Tampilan <i>Perspective</i> permodelan 2 <i>Stepped</i> (d) .....	48
Gambar 4. 16 Kurva trim model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 2 <i>stepped U</i> untuk setiap variasi kecepatan. ....	49
Gambar 4. 17 Kurva tahanan model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 2 <i>stepped U</i> untuk setiap variasi kecepatan. ....	50
Gambar 4. 18 Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise</i> <i>angle</i> 15 derajat dengan 2 <i>stepped U</i> .....	50
Gambar 4. 19 Kurva nilai koefisien tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 2 <i>stepped U</i> . ....	52



Gambar 4. 20 Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 2 <i>stepped U</i> .....	52
Gambar 4. 21 Tampilan model pengujian (a) dan Tampilan <i>Perspective</i> Permodelan 3 <i>Stepped</i> (b).....	53
Gambar 4. 22 Tampilan permukaan basah (c) dan Tampilan <i>Profile</i> (d) .....	53
Gambar 4. 23 Kurva trim model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 3 <i>stepped U</i> untuk setiap variasi kecepatan .....	54
Gambar 4. 24 Kurva nilai tahanan untuk setiap variasi kecepatan model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 3 <i>stepped U</i> .....	55
Gambar 4. 25 Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 3 <i>stepped U</i> .....	55
Gambar 4. 26 Kurva nilai koefisien tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 5 derajat dengan 3 <i>stepped U</i> .....	56
Gambar 4. 27 Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal <i>deadrise angle</i> 15 derajat dengan 3 <i>stepped U</i> .....	57
Gambar 4. 28 Kurva hubungan trim dan kecepatan untuk setiap jumlah <i>Stepped</i> .....	59
Gambar 4. 29 Kurva Hubungan Trim dengan Luasan Bidang Basah untuk setiap variasi <i>Stepped</i> .....	60
Gambar 4. 30 Kurva Perbandingan nilai tahanan model kapal untuk Setiap Nilai <i>Froude Number Volume</i> yang Sama.....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Kecepatan Pengujian

Lampiran 2. Gambar Analisa Trim Kapal melalui *Software* Autocad

Lampiran 3. Pemodelan Kapal *Planing Hull 1 Stepped U*

Lampiran 4. Pemodelan Kapal *Planing Hull 2 Stepped U*

Lampiran 5. Pemodelan Kapal *Planing Hull 3 Stepped U*

Lampiran 6. Dimensi Ukuran Utama Model Kapal dan Foto

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia maritim sekarang kapal telah menjadi alat transportasi laut yang sangat bermanfaat bagi perekonomian Negara Indonesia. Dimana Negara Indonesia sendiri sebagai negara kepulauan yang memiliki ribuan pulau tentunya sangat membutuhkan transportasi laut yang dapat menjangkau ke semua pulau di Indonesia.

Kapal memiliki banyak jenis sesuai dengan fungsi dan tujuan dari dibuatnya kapal tersebut, 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 di rancang 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.

Untuk mengatasi permasalahan yang timbul akibat dari pencapaian kecepatan kapal telah banyak cara digunakan yaitu dengan melakukan perubahan atau modifikasi pada *engine*, *hull* maupun *propulsor*.

Salah satu cara modifikasi pada lambung ialah pemasangan stepped hull. Hal ini dilakukan guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar dilautan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, dibuat investigasi pengaruh tahanan kapal pada kapal Semi *Planing Hull* dengan dilakukan modifikasi kapal berlambung dua tangga pada kecepatan tinggi. Hal ini juga menjadi faktor, untuk melakukan penelitian lanjutan pengaruh tahanan kapal pada kapal *planing hull* dengan variasi jumlah *stepped*. Penelitian ini juga didasari pada hasil perhitungan nilai tahanan model kapal lambung *Deadrise Angle 5° Stepped U* menggunakan aplikasi maxsurf mengalami perubahan nilai tahanan akibat perubahan kondisi trim model kapal. Nilai tahanan model kapal 3 *Stepped U* pada kondisi trim  $1,67^{\circ}$  -  $2,18^{\circ}$  mengalami kenaikan nilai tahanan sebesar 0,11% Sedangkan pada kondisi trim  $2,52^{\circ}$  -  $4,35^{\circ}$  mengalami penurunan nilai tahanan sebesar 0,49%. Kemudian pada model kapal 2 *Stepped U* pada kondisi trim  $1,05^{\circ}$  -  $1,55^{\circ}$  mengalami kenaikan nilai tahanan sebesar 0,09% Sedangkan pada kondisi trim  $2,04^{\circ}$  -  $3,34^{\circ}$  mengalami penurunan nilai tahanan sebesar 0,33%. Dan pada model kapal 1 *Stepped U* pada kondisi trim  $0,92^{\circ}$  -  $1,16^{\circ}$  mengalami kenaikan nilai tahanan sebesar 0,04% Sedangkan pada kondisi trim  $1,32^{\circ}$  -  $3,43^{\circ}$  mengalami penurunan nilai tahanan sebesar 0,09%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar sudut trim buritan kapal maka semakin kecil nilai tahanan yang dihasilkan. (Abdul Muis,2021).

Berdasarkan uraian dan hasil penelitian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan “Investigasi Eksperimen Tahanan Kapal *Planing Hull* Dengan *Deadrise Angle 15 Derajat* dan *Stepped Hull* Berbentuk U”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan adalah

1. Bagaimana perubahan nilai sudut trim kapal *planning hull* dengan *deadrise* 15 derajat dan variasi jumlah *stepped hull* berbentuk U pada kondisi kecepatan yang sama.
2. Bagaimana pengaruh bentuk lambung kapal *planing hull* dengan *deadrise* 15 derajat dan variasi jumlah *stepped hull* berbentuk U terhadap tahanan kapal.

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka perlu adanya batasan masalah untuk membatasi ruang lingkup dan mempermudah analisa. Adapun batasan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Kapal yang digunakan adalah kapal *planning hull* dengan *deadrise angle* 15 derajat dan *stepped hull* berbentuk U.
2. *Stepped Hull* berbentuk U dengan variasi 1 *step*, 2 *step* dan 3 *step*.
3. Dilakukan pada kondisi air tenang.
4. Perhitungan nilai tahanan kapal tidak memperhatikan komponen tahanan lainnya.
5. Dilakukan dengan variasi kecepatan lambat, sedang, dan cepat.
6. Kecepatan dan kondisi trim yang digunakan berdasarkan hasil pengujian.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui besar kenaikan sudut trim pada kapal *planning hull* dengan *deadrise* 15 derajat dan variasi jumlah *stepped hull* berbentuk U pada kondisi kecepatan yang sama.
2. Mengetahui besar perubahan nilai tahanan kapal pada kapal yang

menggunakan bentuk lambung *planning hull* dengan *deadrise angle* 15 derajat dan variasi jumlah *Stepped* berbentuk U.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah

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

## **1.6 Sistematika Penulisan**

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

### **BAB 1 : 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

#### 2.1 Kapal Cepat (High Speed Craft)

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

$$F_n = V/\sqrt{gL} \dots\dots\dots(2.1)$$

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.

#### 2.2 Karakteristik Jenis Lambung Kapal Cepat

Karakteristik high speed craft dipengaruhi Froude numbernya. *Froude number* yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk planning craft, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, bilangan *Froude number* ( $F_n$ ) sering digunakan sebagai parameternya. ( $F_n$ ) didefinisikan sebagai berikut (Rosmani.2013):

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \times L}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:



- $F_n$  = *Froude Number*
- $V$  = Kecepatan (m/s)
- $g$  = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $L$  = 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.

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 sehingga dalam hal ini angka *Froude* dapat didefinisikan sebagai fungsi kecepatan terhadap lebar permukaan basah kapal ( $b$ ) sebagaimana persamaan 2.3:

$$F_b = V / \sqrt{gL} \dots\dots\dots(2.3)$$

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:

$$F_v = V / \sqrt{gV^{1/3}} \dots\dots\dots (2.4)$$

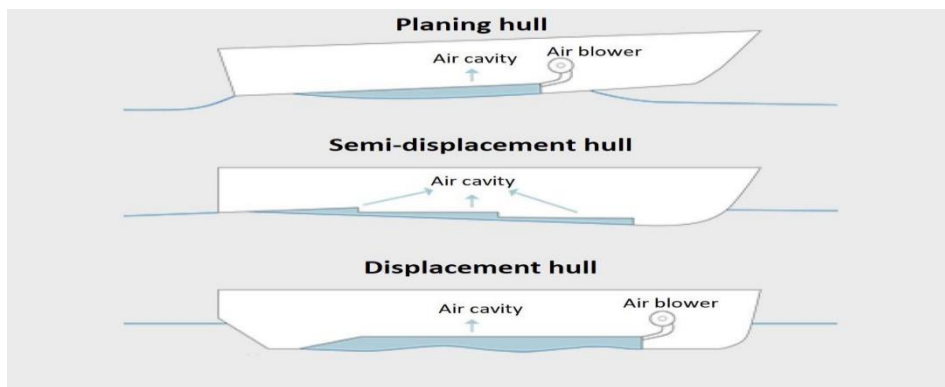
Baird (1998), mengelompokkan batasan besaran angka *Froude* berdasarkan tipe lambung kapal dibawah ini:

- $F_n > 0.4-0.5$                       *displacement*
- $0.4-0.5 > F_n > 1.0 -1.2$     *semi displacement*
- $F_n > 1.0 -1.2$                     *planing vessel (lambung planning)*

## 2.3 Planing Hull

Kapal *planing* 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.

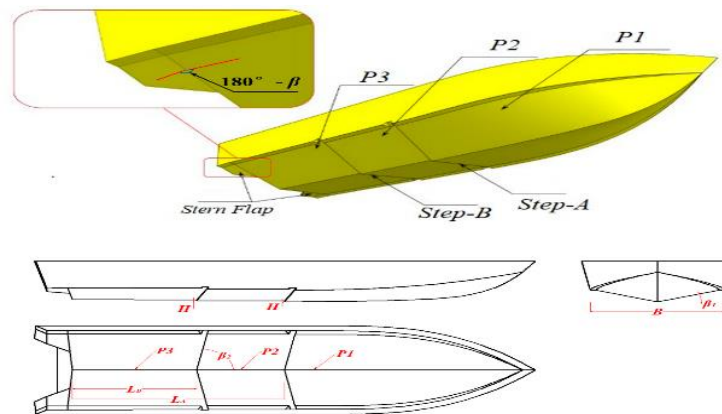


Gambar 2. 1 Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori *displacement hull*, *planing hull*, *semi-planing hull*

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 *Stolcraft*. 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)

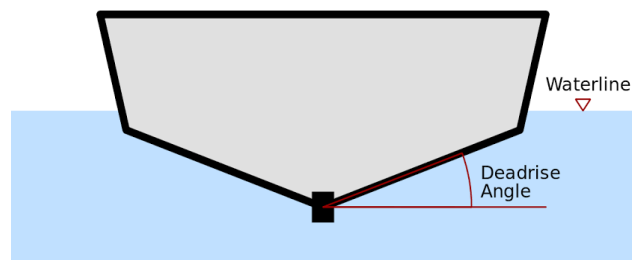
Penelitian awal hidrodinamika kapal tipe planing hull telah dimulai di Amerika Serikat (AS) sejak 40 tahun yang lalu. Penelitian ini awalnya bertujuan untuk merencanakan sebuah *aircraft* (*flying boat*) dimana air adalah sebagai media pendaratan kapal. Seiring dengan kemajuan teknologi, konsep ini dikembangkan untuk desain lambung sebuah kapal berkecepatan tinggi atau dikenal dengan *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 (Rosmani, 2013).



Gambar 2. 2 Tipe Planing Hull

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

Kapal tipe lambung *planning hull* ini memiliki *deadrise angle*. *Deadrise angle* adalah besar sudut kemiringan pelat dasar kapal terhadap sumbu *horizontal*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.

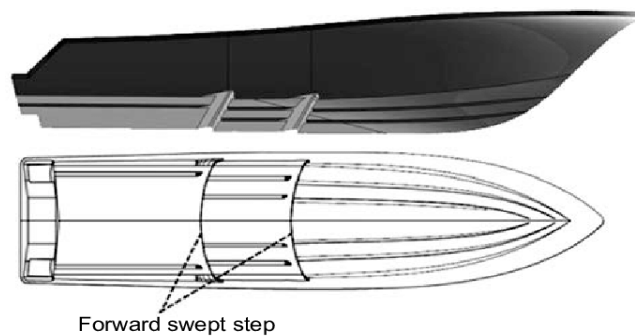


Gambar 2.3 *Deadrise angle* pada kapal *planing hull*

Sumber : Putranto T,2016.

## 2.4 Stepped Hull

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. *Stepped 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.



Gambar 2.4 Stepped Hull

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

## 2.5 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. (Rosmani dkk, 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 dkk. 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*,  $R_n$ )

$$Rn = \frac{V.L}{v} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

V : Volume (m<sup>3</sup>)

L : Panjang (m)

v : Kecepatan (m/s)

- Koefisien gesek (*friction coefficient, C* )

$$Cf = \frac{0.75}{(\log Rn - 2,0)^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

(Merupakan formula dari ITTC)

- Rasio kecepatan dan panjang kapal (*speed length ratio, S* )

$$Slr = \frac{Vs}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots(2.7)$$

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

b. Tahanan sisa (*Residual Resistante*)

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

1) Tahanan gelombang (*Wakemaking 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.

2) Tahanan udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara diartikan sebagai Tahanan yang di alami oleh bagian badan kapal utama yang berada diatas 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.

### 3) Tahanan bentuk

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.

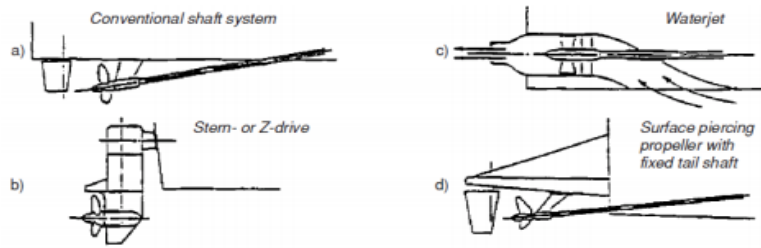
#### c. Tahanan tambahan (*Added Resistance*)

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.

## 2.6 Propulsi Kapal Cepat

Menurut Faltinsen (2005) dan Blount (1997), menjelaskan jenis system propulsi yang umum digunakan pada kapal cepat lambung planing yaitu: a) *submerged propeller* atau *conventional shaft system*, b) *Z-drive*, c) *surface propeller* atau *surface piercing propeller* dan d) *flush inlet waterjet*, namun untuk *flush inlet waterjet* lebih banyak digunakan pula untuk kapal cepat *non planning*. Detail tipe system propulsi yang dimaksud tersebut sebagaimana gambar 2.5. ( A. Haris Muhammad & Alham Djabar,2013)



Gambar 2. 5 Tipe propulsi kapal cepat

Sumber : Andi Haris Muhammad dan M. Alham Djabbar, 2016.

Batasan penggunaan tipe propulsi berdasarkan displacement dan kecepatan (Blount, 1997):

1. *Submerged propulsion* digunakan hingga kecepatan 40 knot, untuk kecepatan 40-60 knots digunakan displacement <50 Ton
2. *Surface propeller* atau *surface piercing propeller* digunakan untuk kecepatan >30 knots pada displacement <70 ton
3. *Waterjets propulsion* digunakan untuk kapal 25-40 Knots

## 2.7 Trim Kapal

Trim adalah perbedaan antara draft depan dan draft belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Bila muatan lebih berat di bagian depan disebut trim depan (*trim by the head*), kemudian bila lebih berat di belakang disebut trim belakang (*trim by the stern*). Dan apabila draft belakang sama dengan draft depan maka disebut kondisi *Even Keel*.

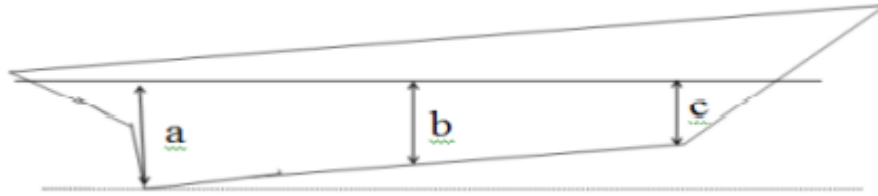


Gambar 2. 6 Kapal Kondisi *Even Keel*

Sumber : kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2015

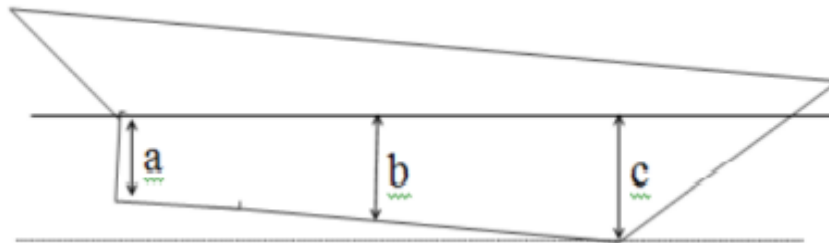
Gambar diatas menunjukkan kapal *even keel* yaitu draft depan sama dengan draft belakang ( $a = c$ ) dimana  $b = \frac{(a+c)}{2}$ , hanya terjadi bilamana kapal tidak *hogging* atau *sagging*.





Gambar 2. 7 Kapal Kondisi Trim by *stern*  
 Sumber : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2015.

Gambar diatas menunjukkan kapal trim by *stern* yaitu draft belakang lebih besar dari draft depan ( $a \neq c$ ).



Gambar 2. 8 Kapal Kondisi Trim by *Head*.  
 Sumber : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2015.

Gambar diatas menunjukkan kapal trim by *Head* yaitu draft balakang lebih kecil dari draft depan ( $a \neq c$ ).

## 2.8 Hukum Perbandingan Model

Menurut Djabbar M.Alham dan Rosmani (2011), Dalam percobaan dengan menggunakan model fisik, ukuran kapal ditransfer ke skala model, dengan demikian maka harus ada atau harus dinyatakan beberapa hukum perbandingan untuk keperluan transfer tersebut. Hukum perbandingan ini haruslah memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Kesamaan geometris
2. Kesamaan kinematis
3. Kesamaan dinamis

### 2.8.1 Kesamaan Geometris

Menurut Djabbar M.Alham dan Rosmani, (2011) bahwa kesamaan geometris merupakan hal yang sangat sulit untuk dipenuhi mengingat bahwa dalam

pelayaran kapal dilaut, permukaan air laut dianggap luas tak berhingga dan kedalaman yang tak berhingga pula sementara ukuran kolam terbatas dengan ukuran model kapal harus kecil, sebanding dengan ukuran kolam atau lainnya. Demikian pula tekanan permukaan pada tangki percobaan yang dianggap sama dengan tekanan atmosfer, yang seharusnya tekanan tersebut harus diturunkan. Kondisi geometris yang dapat terpenuhi dalam suatu percobaan model hanya kesamaan geometris dimensi – dimensi linier model, misalnya Hubungan antara kapal dan model dinyatakan dengan  $\lambda$  dimana :

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m}$$

Dimana :

- $\lambda$  = skala perbandingan
- $L_s$  = panjang kapal (m)
- $L_m$  = panjang model (m)
- $B_s$  = lebar kapal (m)
- $B_m$  = lebar model (m)
- $T_s$  = sarat kapal (m)
- $T_m$  = sarat model (m)

Kesamaan geometris juga menunjukkan hubungan antara model dan tangki percobaan. Percobaan dari berbagai referensi :

1) TOOD :

$$L_m < T \text{ tangki}$$

$$L_m < \frac{1}{2} B \text{ tangki}$$

2) HARVALD :

$$B_m < \frac{1}{10} B \text{ tangka}$$

$$T_m < \frac{1}{10} \text{ tangki}$$

3) UNIVERSITY OF NEW CASTLE :

$$L_m < \frac{1}{2} b \text{ tangka}$$

$$B_m < \frac{1}{15} B \text{ tangka}$$

$$A_{o_m} < 0,4 A_o \text{ tangka}$$

### 2.8.2 Kesamaan Kinematis

Menurut Djabbar M.Alham dan Rosmani, (2011) bahwa kesamaan kinematis antara model dan kapal lebih menitik beratkan pada hubungan antara kecepatan model dengan kecepatan kapal sebenarnya. Dengan adanya skala yang menunjukkan hubungan antara kecepatan model dan kecepatan kapal yang sebenarnya maka dapat dikatakan bahwa kesamaan kinematis bisa terpenuhi.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g.L}}$$

Atau :

$$\frac{Vm}{\sqrt{g.Lm}} = \frac{Vs}{\sqrt{g.Ls}}$$

Dimana :

Fr = angka froude

Ls = panjang kapal (m)

Lm = panjang model (m)

Vs = kecepatan kapal (m/dt)

Vm = kecepatan model (m/dt)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt<sup>2</sup>)

### 2.8.3 Kesamaan Dinamis

Menurut Djabbar M.Alham dan Rosmani, (2011) bahwa Gaya – gaya yang bekerja berkenaan dengan gerakan fluida sekeliling model dan kapal pada setiap titik atau tempat yang bersesuaian harus mempunyai besar dan arah yang sama, dalam hal ini kesatuan harga Reynold yang menggambarkan perbandingan gaya – gaya inersia dengan viskositas.

$$Rn = \frac{v.L}{\nu}$$

Atau :

$$\frac{Vm.Lm}{\nu} = \frac{Vs.Ls}{\nu}$$

Dimana :

Rn = angka reynold

Ls = panjang kapal (m)

Lm = panjang model (m)

Vs = kecepatan kapal (m/dt)

- $V_m$  = kecepatan model (m/dt)
- $\nu$  = viskositas kinematis fluida (m<sup>2</sup> /dt)  
= 1,1883 x 10<sup>-6</sup> (m<sup>2</sup> /dt)
- $g$  = percepatan gravitasi (9,81 m/dt<sup>2</sup> )

Dengan demikian jika diinginkan tercapainya kesamaan dinamis disamping kesamaan geometris dan kesamaan kinematis, maka angka Reynold untuk model harus sama dengan angka skala penuh.

## 2.9 Metode Wyman

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 *Marine 21 Maritime Academy* (Eric W. Sponberg, 2010). Koefisien Wyman dijabarkan sebagai berikut :

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

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.

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

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:

$$DHP = SHP \times \eta s \eta b$$

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:

$$EHP = DHP \times P_c$$

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

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_o \times \eta_h$$

Dimana :

$\eta_{rr}$  : Efisiensi relatif rotatif (1,02-1,05)

$\eta_o$  : Efisiensi propeller saat *open water test*

(40% - 70%)  $\eta_h$  : Efisiensi lambung kapal

$$\eta_H = 1 - t - w$$

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:

$$R_t = \frac{EHP}{v}$$

## 2.10 Tangki Percobaan(Towing Tank)

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. 9 Towing Tank