

SKRIPSI

STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH LAMBUNG PLANING HULL DAN *STEPPED* 2V

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



MUH. IRHAM ASIDIQ

D031171314

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

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

Judul Skripsi

Studi Tahanan Kapal Akibat Lambung Planing Hull Deadrise-10 dan Stepped-2V

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Disusun Oleh :

Muh. Irham Asidiq
D031171314

Gowa, Desember 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.

Nip. 19730206 200012 1 002

Pembimbing II



Dr.Eng. A. Ardianti, ST., MT

Nip. 19850526 201212 2 002

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 : Muh. Irham Asidiq
NIM : D031171314
program studi : Teknik Perkapalan
jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

***STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH LAMBUNG PLANING
HULL DAN STEPPED 2V***

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.

Gowa, 5 Desember 2022

Yang menyatakan



Muh. Irham Asidiq

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH LAMBUNG PLANING HULL DAN *STEPPED 2V***”.

Dalam penulisan dan penyusunan Skripsi ini, penulis banyak berterima kasih pada semua pihak yang ikut membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Rasa terimakasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Orang tua saya yang tercinta yaitu ayahanda Alm. Sabulassalam dan ibunda A. St Aisyah serta saudara saya yaitu Ahmad Riyadi Salam, Aris sukamandani, Muh. Yusril, dan Muh. Furqan. Atas doa, kasih sayang, dan dukungan selama ini.
2. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan juga Pembimbing I yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan tugas Skripsi ini.
3. Ibu Dr. Eng. A. Ardianti, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik dan juga Pembimbing II tugas Skripsi ini, dalam mengarahkan saya dalam permasalahan akademik dan juga dalam penyelesaian tugas Skripsi ini.
4. Bapak Prof. Ir. Mansyur Hasbullah, M.Eng., dan Bapak Hamzah S.T., M.T., selaku Dosen Penguji dalam Tugas Skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala pengajaran yang telah diberikan selama ini.
6. Perkapalan 2017 yang menjadi keluarga sejak saya masuk di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Teman-teman PERIZCOPE yang telah memberikan pengalaman yang tak terlupakan
8. Teman-teman ANKER09 (Anak Kost Engineering 09) yang tak dapat saya jelaskan dengan kata-kata.

9. Kakanda-kakanda senior dan adinda junior yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis mengharapkan masukan-masukan untuk menyelesaikan Skripsi ini dengan usaha yang maksimal. Penulis juga menyadari dalam penulisan Skripsi ini, masih banyak kesalahan penulis yang mungkin luput dari perhatian penulis, maka dari itu penulis memohon maaf.

Gowa, 5 Desember 2022

MUH. IRHAM ASIDIQ

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kapal.....	4
2.1.1 Macam-Macam Jenis Lambung Kapal Cepat.....	4
2.1.1 Macam-Macam Jenis Lambung Kapal Cepat.....	4
2.2 <i>Planning Hull</i>	6
2.3 <i>Stepped Hull</i>	7
2.4 Tahanan Kapal.....	8
2.4.1 Tahanan Gesek (Friction Resistance).....	10
2.4.2 Tahanan Sisa (Residual Resistance).....	10
2.5 Metode Wyamn	11
2.6 Propulsi Kapal	12
2.7 Towing Tanks	13
2.8 Hukum Perbandingan Model.....	14
2.8.1 Kesamaan Geometris.....	14

2.8.2 Kesamaan Kinematis	14
2.8.3 Kesamaan Dinamis	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian	16
3.2 Jenis Penelitian	16
3.3 Metode Pengumpulan Data	16
3.4 Metode Pengolahan Data.....	16
3.4.1 Kajian Pustaka	16
3.4.2 Data Kapal	16
3.4.3 Pembuatan Model Kapal	17
3.4.4 Pengujian Model.....	22
3.4.5 Matriks Pengujian Waktu	23
3.4.6 Matriks Kebutuhan Pengujian	24
3.4.7 Sop Pengujian.....	25
3.5 Analisis Data	26
3.5.1 Analisis Kecepatan Dan Trim Model Kapal	26
3.5.2 Pengkondisian Trim Model Kapal.....	26
3.5.3 Menghitung Tahanan Kapal dengan <i>Maxsurf Resistance</i>	27
3.6 Penarikan Kesimpulan.....	30
3.7 Kerangka Pemikiran	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Analisis Kecepatan Dan Model Kapal Deadrise 10 Derajat <i>Stepped</i> 2v	32
4.2 Perhitungan Tahanan Model Kapal Deadrise 10 Derajat <i>Stepped</i> 2v	32
4.2.1 Perhitungan Tahanan Model Kapal dengan Variasi 1 <i>Stepped</i>	32
4.2.2 Perhitungan Tahanan Model Kapal Dengan Variasi 2 <i>Stepped</i>	36
4.2.3 Perhitungan Tahanan Model Kapal Dengan Variasi 3 <i>Stepped</i>	40
4.3 Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal Untuk Setiap Kondisi <i>Stepped</i> 2v	43
4.3.1 Perbandingan Trim Setiap Variasi Jumlah <i>Stepped</i> pada Model Lambung Planing Hull.....	43

4.3.2 Perbandingan Luas Bidang Basah untuk Setiap Variasi Stepped.....	44
4.3.3 Perbandingan Tahanan Kapal Untuk Setiap Jumlah Stepped.....	45
BAB V PENUTUP.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR NOTASI

L_{OA}	= Panjang keseluruhan kapal (m)
L_{WL}	= Panjang garis air (m)
v	= Kecepatan kapal (Knot)
g	= Percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
R_n	= Angka Reynold
F_n	= Angka <i>Froude</i>
F_{nV}	= <i>Froude Number Volume</i>
C_w	= Koefisien <i>Wyman</i>
C_B	= Koefisien Blok
Slr	= Rasio Kecepatan dan Panjang Kapal
P_c	= Koefisien Propulsif
$\eta_{\eta b}$	= Efisiensi Poros dan Baling-baling
η_{rr}	= Efisiensi Relatif Rotatif
η_o	= Efisiensi Open Water Test
η_h	= Efisiensi Lambung
SHP	= Shaft Horse Power (HP)
DHP	= Deliveri Horse Power (HP)
EHP	= Effective Horse Power (HP)
R_t	= 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 Skala Model	18
Tabel 3.2 Alat dan Bahan Pembuatan Model.....	18
Tabel 3.3 Matriks Waktu Pengujian.....	23
Tabel 3.4 Matriks kebutuhan peralatan pengujian	24
Tabel 3.5 Data Hasil Perhitungan Nilai Tahanan.....	29
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Tahanan Total Model 1 <i>Stepped</i>	33
Tabel 4.2 Nilai Tahanan Gesek dan Sisa Model 1 <i>Stepped</i>	35
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Tahanan Total Model 2 <i>Stepped</i>	37
Tabel 4.4 Nilai tahanan sisa dan tahanan gesek 2 <i>Stepped</i>	39
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Tahanan Model Kapal 3 <i>Stepped</i>	40
Tabel 4.6 Nilai Tahanan Sisa dan Tahanan Gesek 3 <i>Stepped</i>	42
Tabel 4.7 Perbandingan Trim Kapal untuk setiap Variasi Jumlah <i>Stepped</i>	43
Tabel 4.8 Perbandingan Luas Bidang Basah untuk Setiap Variasi <i>Stepped</i>	44
Tabel 4.9 Perbandingan Tahanan Model Kapal <i>Planning Hull</i> berbentuk 2 V ...	45
Tabel 4.10 Persentase Perbandingan Model Setiap <i>Stepped</i>	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Lambung Kapal Cepat.....	4
Gambar 2.2 Planing Hull	6
Gambar 2.3 Gaya-gaya pada planing hull.....	6
Gambar 2.4 <i>Deadrise</i> Kapal <i>Planning Hull</i>	7
Gambar 2.5 <i>Stepped Hull</i>	8
Gambar 2.6 Ilustrasi tahanan kapal	9
Gambar 2.7 Propulsi Kapal	13
Gambar 2.8 Towing Tanks.....	13
Gambar 3.1 Linesplan Kapal SS 44	17
Gambar 3.2 3D Model Kapal SS 44.....	17
Gambar 3.3 Desain Model 1 Stepped	19
Gambar 3.4 Desain Model 2 Stepped	20
Gambar 3.5 Desain Model 3 Stepped	20
Gambar 3.6 Pendempulan dan Pengamplasan Model.....	20
Gambar 3.7 Pengaplikasian Mat dalam pembuatan cetakan.....	21
Gambar 3.8 Pengecatan Model	22
Gambar 3.9 Tampilan Menu Surface	26
Gambar 3.10 Tampilan Model Kapal <i>trim</i>	27
Gambar 3.11 Tampilan Menu " <i>Analysis</i> "	28
Gambar 3.12 Tampilan pemilihan metode, kecepatan dan effeciency	28
Gambar 3.13 Tampilan Calculate Free Surface	29
Gambar 3.14 Kurva Nilai Tahanan	30
Gambar 4.1 Kondisi <i>trim</i> pada Pengujian Model.....	32
Gambar 4.2 Tampilan <i>Perspective</i> pemodelan (a) dan Tampilan Model pengujian (b) 1 Stepped	32
Gambar 4.3 Tampilan " <i>Profile</i> " (c) dan Tampilan permukaan basah (d) 1 Stepped	33
Gambar 4.4 Kurva <i>Trim</i> pada Masin-masing Kecepatan untuk Model 1 <i>Stepped</i>	34

Gambar 4.5 kurva Luasan Bidang Basah Pada kondisi <i>Trim</i> model kapal 1 <i>Stepped</i>	34
Gambar 4.6 Kurva Hubungan antara FnV dan Tahanan Kapal model 1 <i>Stepped</i>	35
Gambar 4.7 kurva FnV dengan Tahanan sisa dan tahanan gesek 1 <i>Stepped</i>	36
Gambar 4.8 Tampilan <i>Perspective</i> pemodelan 2 <i>Stepped</i> (a) dan Tampilan Model pengujian (b)	36
Gambar 4.9 Tampilan " <i>Profile</i> " (c) dan Tampilan permukaan basah (d) model 2 <i>Stepped</i>	36
Gambar 4.10 Kurva <i>Trim</i> pada Masin-masing Kecepatan untuk Model 2 <i>Stepped</i>	37
Gambar 4.11 kurva Luas Bidang Basah Pada kondisi <i>Trim</i> model kapal 2 <i>Stepped</i>	38
Gambar 4.12 Kurva Hubungan antara FnV dan Tahanan Total model 2 <i>Stepped</i>	38
Gambar 4.13 kurva FnV dengan hubungan Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa 2 <i>Stepped</i>	39
Gambar 4.14 Tampilan <i>Perspective</i> pemodelan 3 <i>Stepped</i> (a) dan Tampilan Model pengujian (b)	40
Gambar 4.15 Tampilan <i>Profile</i> (c) dan Luasan Bidang Basah (d) Model 3 <i>Stepped</i>	40
Gambar 4.16 Kurva <i>Trim</i> pada Masin-masing Kecepatan untuk Model 3 <i>Stepped</i>	41
Gambar 4.17 kurva Luasan Bidang Basah Pada kondisi <i>Trim</i> model kapal 3 <i>Stepped</i>	41
Gambar 4.18 Kurva Hubungan antara FnV dan Tahanan Kapal model 3 <i>Stepped</i>	42
Gambar 4.19 Kurva Tahanan Sisa dan Tahanan Gesek 3 <i>Stepped</i>	43
Gambar 4.20 Kurva hubungan <i>trim</i> dan kecepatan untuk Setiap Jumlah <i>Stepped</i>	44
Gambar 4.21 Grafik Hubungan <i>Trim</i> dengan Luasan bidang Basah untuk setiap variasi <i>stepped</i>	45
Gambar 4.22 Kurva Perbandingan Model Kapal <i>Planning Hull</i>	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Kecepatan Pengujian	50
Lampiran 2 Gambar Analisa Trim Kapal melalui <i>Software Autocad</i>	51
Lampiran 3 Pemodelan Kapal <i>Planing Hull 1 Stepped 2V</i>	53
Lampiran 4 Pemodelan Kapal <i>Planing Hull 2 Stepped 2V</i>	57
Lampiran 5 Pemodelan Kapal <i>Planing Hull 3 Stepped 2V</i>	61
Lampiran 6 Dimensi Ukuran model Kapal dan foto.....	65

ABSTRAK

Muh. Irham Asidiq//D031171314. “STUDI TAHANAN AKIBAT PENGARUH LAMBUNG PLANING HULL DAN STEPPED 2V”. (Dibimbing oleh Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT. dan Dr. Eng. A. Ardianti, ST., MT.)

Kapal merupakan transportasi laut yang memiliki efektivitas tinggi dalam pembangunannya. Dari jenis kapal tersebut terdapat kapal dengan misi kecepatan tinggi, kapal dengan spesifikasi ini biasanya memiliki kepentingan. Adapun jenis lambung kapal yang memiliki kecepatan tinggi, seperti; kapal *displacement*, *semi-planing*, dan *planing*. Hal ini menyebabkan mendorong perkembangan terhadap studi kapal cepat untuk mengatasi beberapa hal seperti tahanan kapal. Sehingga dilakukan modifikasi lambung, modifikasi yang dimaksud yaitu *Stepped hull*. Dalam penelitian ini, melakukan studi *stepped* berbentuk 2V dengan variasi jumlah; 1 *Stepped*, 2 *Stepped*, dan 3 *Stepped*. Pada pengujian model didapatkan hasil analisis peningkatan kecepatan menyebabkan kenaikan trim kapal. Dari hasil pengujian, dilakukan perhitungan tahanan kapal dengan menggunakan *software maxsurf*. Sehingga dilakukan analisis perbandingan nilai tahanan, didapatkan hasil bahwa persentase penurunan tahanan, pada *stepped 2* pada $F_nV 2$ sebesar 28.12% dan $F_nV 3.25$ sebesar 32.18% *stepped 3* pada $F_nV 2$ sebesar 60.35% dan $F_nV 3.25$ sebesar 61.76%.

Kata Kunci: *Stepped, Maxsurf, Trim, Tahanan.*

ABSTRACT

Muh. Irham Asidiq//D031171314. "**RESISTANCE STUDIES DUE TO THE INFLUENCE OF HULL PLANING HULL AND STEPPED 2V**". (Guided by Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT. and Dr. Eng. A. Ardianti, ST., MT.)

The ship is a sea transportation that has high effectiveness in its construction. Of these types of ships there are ships with high-speed missions, ships with this specification usually have importance. As for the types of hulls that have high speed, such as; *displacement*, semi-planing, and *planing vessels*. This led to the encouragement of developments towards the study of high speed vessel to overcome some things such as ship resistance. So that the modification of the hull was carried out, the modification in question was *Stepped hull*. In this study, conducted a 2V shaped *stepped* study with variations in numbers; 1 *Stepped*, 2 *Stepped*, and 3 *Stepped*. In model testing, the results of analysis of increased speed caused an increase in ship trim. From the results of the experiment, a calculation of the resistance of the ship was carried out using *maxsurf software*. So that a comparative analysis of resistance values was carried out, the results were obtained that the percentage decrease in resistance, in stepped 2 on FnV 2 by 28.12% and FnV 3.25 by 32.18% stepped 3 in FnV 2 by 60.35% and FnV 3.25 by 61.76%.

Keywords: *Stepped, Maxsurf, Trim, Resistance.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan transportasi laut yang memiliki efektivitas tinggi dalam pembangunannya. Berdasarkan fungsi dan tujuannya, kapal dapat kita kategorikan beberapa jenis seperti; kapal barang, kapal penumpang dan lain-lain. Dari jenis kapal tersebut terdapat kapal dengan misi kecepatan tinggi, kapal dengan spesifikasi ini biasanya memiliki kepentingan. Hal ini menyebabkan mendorong perkembangan terhadap studi kapal cepat untuk mengatasi beberapa hal seperti tahanan kapal.

Kapal cepat dimodifikasi sebaik mungkin untuk mencapai kecepatan yang telah ditentukan atau sesuai dengan permintaan pemilik kapal. Sehingga kapal cepat didesain sedemikian rupa untuk dapat mengatasi masalah seperti tahanan pada kapal. Tahanan kapal diperhitungkan sebagai salah satu faktor penentu mesin yang akan digunakan untuk mengatasi besaran tahanan sehingga kecepatan kapal dapat tercapai. Untuk lambung kapal cepat tersendiri terdiri atas 3 jenis yaitu; *Planing Hull*, *Displacement Hull*, dan *Semi Displacement*.

Kapal dengan lambung *Planing Hull* merupakan kapal yang memiliki kecepatan yang sangat tinggi. Umumnya kapal berjenis lambung ini difungsikan sebagai kapal patroli, kapal pengawas perbatasan dan juga kapal penjaga pantai. Pada lambung kapalnya terdapat kemiringan alas terhadap garis dasar kapal yang disebut *deadrise*

Untuk mengatasi permasalahan, memicu banyak perkembangan dan perubahan atau modifikasi terhadap lambung kapal, pemilihan mesin dan *propulsor*. Salah satu perkembangan terhadap lambung yaitu *Stepped Hull*. Pertimbangan ini untuk efisiensi dan efektivitas terhadap performa kapal.

Stepped Hull ini adalah modifikasi lambung kapal dengan prinsip mengurangi luasan permukaan basah (*Wetted Surface Area*) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal, dan akan menambah daya tekan keatas kapal (*Lifting Force*) sehingga dengan sendirinya akan mengurangi tahanan dan menaikkan efisiensi maka

akan menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dengan daya mesin lebih kecil dan kebutuhan bahan bakar lebih sedikit.(Bahri,2018)

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*.

Berdasarkan uraian dan hasil penelitian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan “Studi Tahanan Kapal Akibat Pengaruh Lambung Kapal Planing Hull dengan *Stepped* Berbentuk 2V”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah yang peneliti tinjau adalah Bagaimana pengaruh bentuk lambung kapal *planing hull* dengan *deadrise 10* derajat dan varisai jumlah *Stepped Hull* berbentuk 2V terhadap tahanan kapal.

1.3 Batasan Masalah

Batasan dalam penelitian ini dapat kita tentukan berdasarkan rumusan masalah untuk memperjelas lingkup pembahasan. Adapun Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Jenis lambung kapal yaitu *Planning Hull* dengan *deadrise angle 10 derajat*.
2. *Stepped Hull* berbentuk 2V dengan variasi jumlah *Stepped* yaitu: 1 *Stepped*, 2 *Stepped*, dan 3 *Stepped*.
3. Pengolahan data tahanan berdasarkan pengujian model.
4. Dilakukan dalam kondisi air tenang.
5. Perhitungan tahanan kapal tidak memperhatikan komponen tahanan lainnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh bentuk lambung kapal *planing hull* dengan *deadrise 10* derajat dan varisai jumlah *Stepped Hull* berbentuk 2V terhadap tahanan kapal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian adalah:

1. Sebagai informasi mengenai pengaruh bentuk lambung kapal *planing hull* dengan *deadrise 10* derajat dan varisasi jumlah *Stepped Hull* berbentuk 2V hubungannya dengan tahanan kapal.
2. Sebagai bahan masukkan dalam mendesain kapal cepat.

1.6 Sistematika Penelitian

Hasil penelitian akan dirangkupkan dalam tulisan dengan sistematika yang secara garis besarnya, sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dijelaskan latarbelakang dari penelitian sehingga termuatkan beberapa rumusan masalah, tujuan, dan manfaat

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini bermuatkan literatur-literatur mengenai teori yang berkaitan dalam Batasan penelitian, dan literatur ini yang menunjang pembahasasn dan digunakan sebagai dasar pemikiran 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 dari hasil pengujian berdasarkan pengolahan data secara eksperimental, hasil ini menjadi data mengenai pengaruh bentuk lambung kapal *planing hull deadrise angle* dengan variasi *Stepped Hull* terhadap tahanan kapal.

BAB V : PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

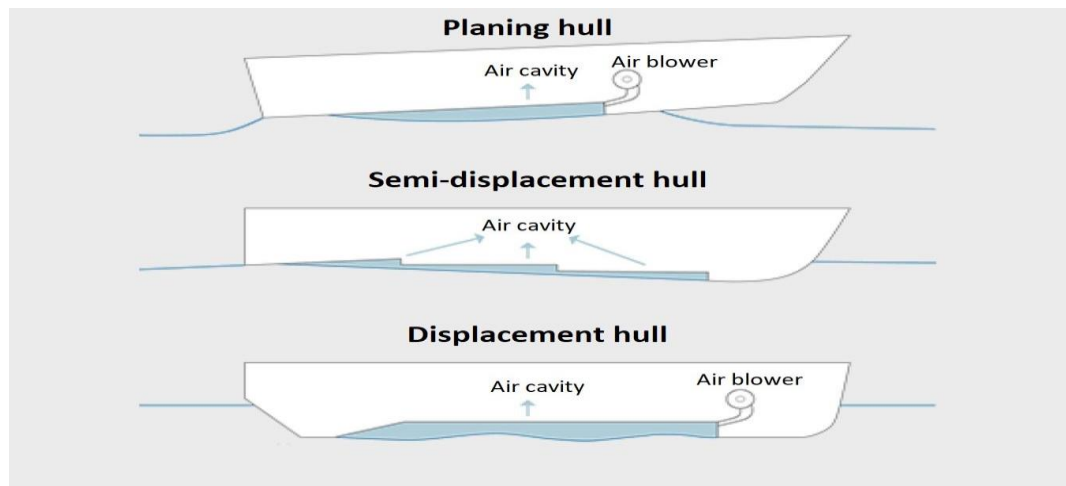
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal

2.1.1 Macam-Macam Jenis Lambung Kapal Cepat

Menurut Baird (1998) dalam Muhammad A.H & A.M. Djabbar (2013), mengelompokkan batasan besaran angka *Froude* berdasarkan tipe lambung kapal dibawah ini:

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



Gambar 2.1 Jenis Lambung Kapal Cepat
Sumber: (<https://mboat.eu/displacement-hull/>)

2.1.1 Macam-Macam Jenis Lambung Kapal Cepat

Menurut Muhammad A.H & A.M. Djabbar (2013), 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 (2.1)

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}} \quad (2.1)$$

Dalam kapal cepat berlambung *Planing hull* karakteristik kapal dilihat berdasarkan angka *Froude Number Volume* ($F_n \nabla$). Hal tersebut ditunjukkan

dalam Buku Propulsi Kapal Cepat (Muhammad A.H & A.M. Djabbar,2013) yang dapat dilihat dalam persamaan (2.2):

$$Fn\bar{V} = \frac{V}{\sqrt{g\bar{V}^3}} \quad (2.2)$$

Dalam *paper* ACADEMIA (Accelerating the World's Research), Stepped Hull (Garland W.R), Penganun $Fn\bar{V}$ sebagai standar indikator lebih baik dibandingkan dengan Fn dalam kapal cepat *Planning hull*. Hal ini karena dalam dimensi kapal cepat yaitu panjang (L) mengalami perubahan terhadap kecepatan kapal. Sehingga volume kapal setiap kecepatan berubah.

Menurut *Lawrence*, (dalam Rosmani Dkk,2013) dalam perencanaan kapal cepat kita harus memperhatikan hal-hal berikut :

1. Dapat mempertahankan tahanan kapal yang rendah
2. Dapat meminimalkan dampak gelombang yang dihasilkan
3. Tidak terjadi propoising
4. Dapat mentransmisikan daya secara sempurna melalui sistem propulsi kapal.

Secara umum, *high speed craft* membutuhkan daya yang besar. Hal ini karena resistance kapal merupakan suatu fungsi yang sangat berpengaruh dengan kecepatan kapal. Sehingga daya dorong yang dibutuhkan dapat dilihat dalam persamaan (2.3) dan (2.4):

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

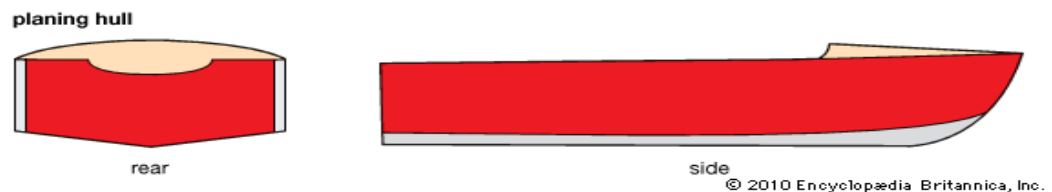
$$P = k \cdot V^3 \quad (2.4)$$

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)

2.2 Planning Hull

Lambung Planning

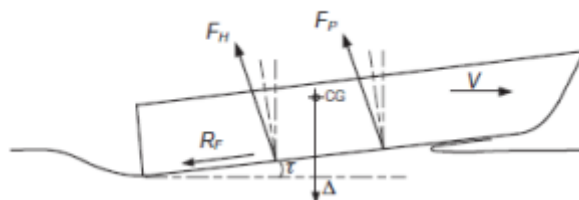
A. Haris Muhammad [2009] dalam Rosmani dkk (2013), menyatakan Penelitian awal hidrodinamika kapal tipe planing hull telah dimulai di Amerika Serikat (AS) sejak 40 tahun yang lalu. Penelitian ini awalnya bertujuan untuk merencanakan sebuah *aircraft (flying boat)* dimana air adalah sebagai media pendaratan 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.



Gambar 2.2 Planing Hull

Sumber: (<https://kids.britannica.com/students/assembly/view/167157i>)

Kapal *Planning Hull* merupakan kapal cepat dengan Volume Froude Number $Fr\sqrt{\nabla}=1,0-3,5$ dimana berat kapal sebagian besar ditunjang oleh gaya angkat (*Lifting Force*) hidrodinamika sehingga haluan kapal terangkat pada kecepatan tinggi (Molland, Turnock, & Hudson, 2017).

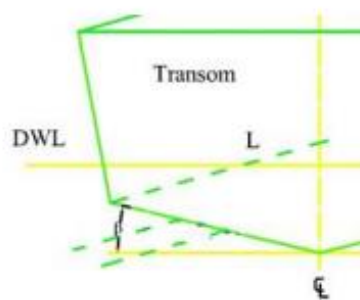


Gambar 2.3 Gaya-gaya pada planing hull

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat adanya gaya tekan sepanjang permukaan luas bidang basah (F_P) dan gaya hidrostatis (F_H) yang saling berkaitan sehingga

menghasilkan trim kapal. Pada kecepatan yang meningkat, luas bidang basah (*wetted area*) dan volume carena berkurang dengan cepat, sehingga gaya angkat (*Lifting Force*) menjadi dinamis dan gaya hidrodinamika lebih besar dibandingkan gaya hidrostatik.

Dan untuk *deadrise* atau disebut juga *rise of floor* merupakan besar sudut kemiringan alas terhadap garis dasar (*baseline*) kapal yang dapat dilihat dari penampang *body plan*. Defenisi *deadrise* dapat dilihat pada gambar.



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)

2.3 *Stepped Hull*

Menurut Citra Eka Febian, dkk (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* sendiriti [*sic!*] 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. (Aziz. M, Ali. M, & Intan. B. 2019).



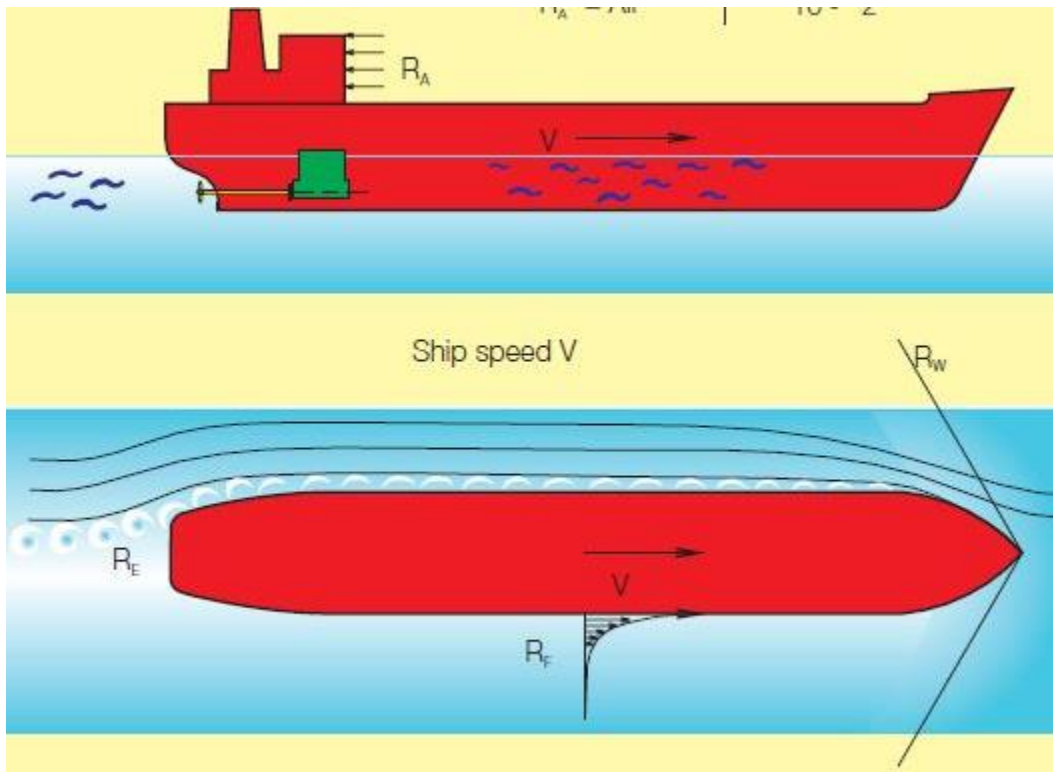
Gambar 2.5 *Stepped Hull*

Sumber: (<https://aeromarineresearch.com/steps.html>)

2.4 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 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). (Aziz M, Ali M, Intan B. 2019)



Gambar 2.6 Ilustrasi tahanan kapal

Sumber; [Frictional Resistance \(meoexamz.co.in\)](http://meoexamz.co.in)

Secara umum Tahanan dapat dipormulasikan ke dalam persamaan dalam buku “Resistance and Propulsi of Ships (2.5)

$$RT = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \quad (2.5)$$

Dimana :

- RT = Tahanan Total (N)
- CT = Koefisien Tahanan Total
- ρ = massa jenis air (kg/m^3)
- V = Kecepatan (m/s)
- S = Luas Bidang Basah (m^2)

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

2.4.1 Tahanan Gesek (Friction Resistance)

Tahanan gesek adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan tegangan tangensial keseluruhan permukaan basah kapal menurut arah gerak kapal. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilaluinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (*flow pattern*). Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. tahanan Viskositas (RV) ini merupakan komponen tahanan gesek yang berhubungan dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskositas. Jadi, Tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa komponen berikut:

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

$$Rn = \frac{V.L}{\nu} \quad (2.6)$$

- Koefisien gesek (*friction coefficient*, C_f)

$$Cf = \frac{0.75}{(\log Rn - 2,0)^2} \quad (\text{Merupakan formula darri ITTC}) \quad (2.7)$$

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

$$Slr = \frac{V_s}{\sqrt{L}} \quad (2.8)$$

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

2.4.2 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:

1. 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.

2. Tahanan udara (*Air Resistance*)

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

2.5 Metode Wyamn

Eric W. Sponberg. 2010, (dalam Rahman. MF.2021), David B. Wyman adalah seorang *Naval Architecture* yang saat ini di maine, Amerika Serikat. Formula universal yang digunakan untuk menghitung hambatan lambung mode Planning dan displasmen. Metode ini ditetapkan oleh wyman untuk menghasilkan power engine yang sedang dihitung (Rahman MF.2021). Koefisien Wyamn dapat di jabarkan dalam Persamaan (2.9):

$$C_w = 0.8 + \left(0.17x \frac{v}{\sqrt{Lwl}}\right) \quad (2.9)$$

Dimana :

C_w : Koefisien Wyman

V : Kecepatan (m/s)

Lwl : Panjang garis air (m)

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

$$SHP = \left(\frac{Displ.}{1000}\right) x \left(\frac{v}{C_w x \sqrt{Lwl}}\right)^3 \quad (2.10)$$

Dimana:

$Displ$: Displacement (ton)

SHP : Power Shaft (HP)

Hubungan SHP dan DHP untuk mengetahui berapa EHP yang dibutuhkan untuk mengatasi tahanan kapal. Adapun hubungannya dapat dilihat pada Persamaan (2.11):

$$DHP = SHP \times \eta_s \eta_b \quad (2.11)$$

Dimana :

DHP : Power Delivery (HP)

$\eta_s \eta_b$: Efisiensi Poros dan Baling-baling

$$EHP = DHP \times PC$$

Untuk PC atau koefisien Propulsif dicari dengan persamaan (2.12):

$$Pc = \eta_{rr} \times \eta_o \times \eta_h \quad (2.12)$$

Dimana:

η_{rr} : Efisiensi Relatif Rotatif

η_o : Efisiensi Propeller saat *open water test*

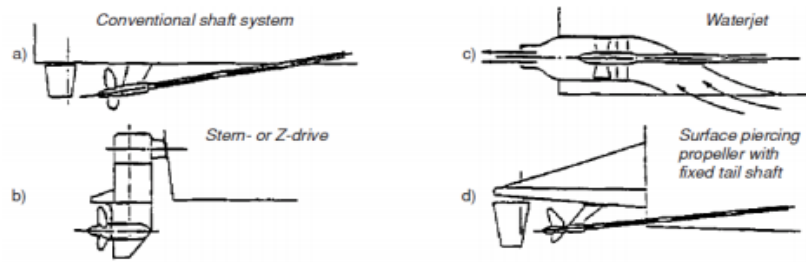
η_h : Efisiensi lambung kapal

sehingga didapatkan *Power Effective*. Hubunngannya dengan Tahanan Kapal (RT) dapat dilihat dalam persamaan (2.13):

$$Rt = \frac{EHP}{v} \quad (2.13)$$

2.6 Propulsi Kapal

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. (Muhammad A.H & A.M. Djabbar. 2013)



Gambar 2.7 Propulsi Kapal

Sumber : Haris A.M dan M.A 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 Towing Tanks

Towing Tanks atau biasa disebut dengan kolam pengujian. Dalam Buku Resistance and Propulsi of Ship (SV. AA. Harvald, 1973), dalam pengujian model terdapat tiga macam kolam pengujian; *small tanks (A)*, *medium tanks (B)*, and *large tank (C)*. perbedaan dimensi *Towing Tanks* dapat dilihat pada Gambar

		HULL			PROP
		L	B	T	D
SMALL MODELS	A.	1000	150	60	
MEDIUM MODELS	B.	6000	900	360	250
LARGE MODELS	C.	12000	1500	600	400

Gambar 2.8 Towing Tanks

Sumber : Buku Resistance and Propulsi

Small Tanks (A) biasa digunakan dalam pengajaran dan riset penelitian. Penggunaan dalam mengukur tahanan sepanjang towing tanks baik dalam kondisi air tenang maupun air yang bergelombang.

2.8 Hukum Perbandingan Model

Di dalam melakukan percobaan model untuk mendapatkan besarnya nilai tahanan model haruslah terlebih dahulu memahami langkah – langkah dalam menset-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. Dalam Buku *Resistance and Propulsi of Ship* (SV. AA. Harvald.1972) Temperature air 20c - 200c. 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.

Dalam buku *Resistance and Propulsi of Ships* (SV. AA.Harvald,1972), terdapat 3 hukum perbandingan model, yaitu:

2.8.1 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 pada Persamaan (2.14).

$$Lratio = \frac{L_{model}}{L_{ship}} \text{ atau } \frac{L_m}{L_s} = L_r \quad (2.14)$$

dimana,

L_r = skala model

L_m = panjang model (m)

L_p = panjang Kapal (m)

2.8.2 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 (2.15):

$$\frac{VM}{\sqrt{gVM}} = \frac{VS}{\sqrt{gVS}} \quad (2.15)$$

dimana,

VM = kecepatan model (m/det)

VS = kecepatan kapal (m/det)

2.8.3 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 $f_i = \rho V$ dan yang bekerja pada viskositas $f_v = \mu V l$, kesamaan dinamis dapat dilihat pada Persamaan (2.18):

$$\frac{(f_i)_{model}}{(f_i)_{prototype}} = \frac{(f_v)_{model}}{(f_v)_{prototype}} \quad (2.16)$$

$$\left(\frac{f_i}{f_v}\right)_{model} = \left(\frac{f_i}{f_v}\right)_{prototype} = \left(\frac{V l \rho}{\mu}\right)_{model} = \left(\frac{V l \rho}{\mu}\right)_{prototype} \quad (2.17)$$

$$(Re)_{model} = (Re)_{prototype} \quad (2.18)$$

Dimana:

Re = Reynold number, Vl/v V = Kecepatan

l = Panjang ρ = Massa jenis (kg/m³)

v = Viskositas kinematis (m²/det)

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 (Bm) adalah sebagai berikut:

$$Bm < 1/10 B \text{ tangki}$$