

**INVESTIGASI TAHANAN SECARA EKSPERIMEN PADA KAPAL
PLANING HULL DENGAN DEADRISE 5 DERAJAT DAN STEPPED
HULL W**

SKRIPSI

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



MUHAIMIN AS'ADI M. RANAHEDY

D031171313

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

INVESTIGASI TAHANAN SECARA EKSPERIMEN PADA KAPAL PLANING HULL DENGAN DEADRISE 5 DERAJAT DAN STEPPED HULL W

Disusun Oleh :

**Muhammad As'Adi MRanahedy
D031171313**

Gowa, 28 Maret 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I


Ir. Rosmani, MT.

Nip. 19600620 198802 2 001

Pembimbing II


Andi Dian Eka Anggriani, ST., MT.

Nip. 19870824 201903 2 009

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 : MUHAIMIN AS'ADI M. RANAHEDY

NIM : D031171313

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

INVESTIGASI TAHANAN SECARA EKSPERIMEN PADA KAPAL PLANING HULL DENGAN DEADRISE 5 DERAJAT DAN STEPPED HULL W

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, 28 Maret 2022

Yang Menyatakan



MUHAIMIN AS'ADI M. RANAHEDY

ABSTRAK

Muhaimin As'adi M. Ranahaedy/D031171313. **“INVESTIGASI TAHANAN SECARA EKSPERIMEN PADA KAPAL PLANING HULL DENGAN DEADRISE 5 DERAJAT DAN STEPPED HULL W”**. (Dibimbing oleh Ir. Rosmani, MT. dan Andi Dian Eka Anggriani, ST., MT.)

Kapal merupakan sarana yang digunakan untuk melakukan aktivitas maritim di berbagai wilayah perairan. Sehingga tak dapat dipungkiri dimana kapal telah menjadi bagian penting dalam aktivitas pelayaran. Dimana kebutuhan akan moda transportasi ini kian meningkat salah satunya yaitu kapal cepat yang mana mendorong perkembangan bentuk *design* lambung kapal seperti penambahan *stepped hull*. Prinsip kerja dari *stepped hull* adalah mengurangi permukaan karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal. Desain bentuk *stepped* yang diteliti yaitu model *stepped W* dengan variasi jumlah 1 *stepped W*, 2 *stepped W*, dan 3 *stepped W*, dengan *deadrise* 5 derajat. Penelitian ini berupa percobaan yang dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika untuk mendapatkan kecepatan dan sudut trim model kapal yang dipergunakan dalam menentukan nilai tahanan menggunakan *software Maxsurf*. Berdasarkan hasil yang diperoleh dimana pengaruh penggunaan 1 *stepped W*, 2 *stepped W* dan 3 *stepped W*, diketahui bahwa nilai perbandingan tahanan total model kapal yang menggunakan 3 *stepped W* 69% lebih kecil dibandingkan dengan model kapal yang menggunakan 2 *stepped W* dan 1 *stepped W*. Sehingga penggunaan jumlah *stepped* berpengaruh pada pengurangan luas bidang basah.

Kata Kunci: Stepped, Maxsurf, Trim, Tahanan.

ABSTRACT

Muhaimin As'adi M. Ranahaedy/D031171313. **“INVESTIGATION OF EXPERIMENTAL RESISTANCE ON PLANING HULL WITH 5 DEGREES DEADRISE AND STEPPED HULL W”**. (Guided by Ir. Rosmani, MT. and Andi Dian Eka Anggriani, ST., MT.)

Ships are a means used to carry out maritime activities in various water areas. So it is undeniable that ships have become an important part of shipping activities. Where the need for this mode of transportation is increasing, one of which is fast boats which encourage the development of the shape of the hull design, such as the addition of a stepped hull. The working principle of the stepped hull is to reduce the surface due to the emergence of turbulence under the hull. The stepped form design studied is the stepped W model with variations in the number of 1 stepped W, 2 stepped W, and 3 stepped W, with 5 degrees deadrise. This research is an experiment conducted at the Hydrodynamics Laboratory to obtain the speed and trim angle of the ship model used in determining the resistance value using Maxsurf. Based on the result obtained where the effect of using 1 stepped W, 2 stepped W, and 3 stepped W, it is known that the comparison value of the total resistance of the ship model that uses 3 *stepped W* 69% smaller than the ship model that uses 2 *stepped W* and 1 *stepped W*. So that the benefits of using stepped have an effect on reduce the wetted area.

Kata Kunci: Stepped, Maxsurf, Trim, Resistance.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Investigasi Tahanan Secara Eksperimen pada Kapal Planing Hull Dengan Deadrise 5 Derajat dan Stepped Hull W”**.

Dalam penyelesaian Skripsi ini, tak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang ikut membantuk baik secara langsung ataupun tidak langsung. Rasa terima kasih tersebut penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta Ayahanda M. Ranahedy dan Ibunda Hamrina serta saudara-saudariku yang saya sayangi atas segala doa, kasih sayang dan dukungan serta pengertiannya selama ini.
2. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan pengerjaan tugas skripsi ini.
3. Ibu Ir. Rosmani, M.T., selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dian Eka Anggriani, S.T., M.T., selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan tugas skripsi ini.
4. Bapak Prof. Ir. Masnyur Hasbullah, M.Eng., dan Bapak Ir. Lukman Bochary, M.T., selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala pengajaran dan bimbingannya selama ini.

6. Teman-teman seperjuangan selama penelitian (Akbar, Firdaus, dan Fadhel) yang selalu menjadi tempat diskusi dan belajar.
7. Teman-teman Pao-pao Permai (Savage Fam) terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami selama bersama terima kasih karena sudah menjadi *support system* penulis selama menjalani studi di bangku perkuliahan ini.
8. Semua pihak yang tidak sempat saya sebutkan namun memiliki peranan yang tidak kalah penting dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalama skripsi ini masih terdapat kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan sarat yang bersifat membangun sehingga dapat dijadikan referensi bagi penulis agar lebih baik dalam pembuatan karya tulis di masa yang akan datang.

Gowa, Maret 2022

MUHAIMIN AS'ADI M. RANAHEDY

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	<u>ii</u>
ABSTRAK	<u>iii</u>
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	<u>vi</u>
DAFTAR NOTASI	<u>ix</u>
DAFTAR TABEL	<u>x</u>
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	<u>1</u>
1.1 Latar Belakang.....	<u>1</u>
1.2 Rumusan Masalah.....	<u>2</u>
1.3 Batasan Masalah	<u>2</u>
1.4 Tujuan Penelitian	<u>3</u>
1.5 Manfaat Penelitian.....	<u>3</u>
1.6 Sistematika Penulisan	<u>4</u>
BAB II LANDASAN TEORI	<u>5</u>
2.1 Gambaran Umum Kapal Cepat (High Speed Craft).....	<u>5</u>
2.2 Karakteristik Kapal Cepat.....	<u>6</u>
2.3 Gambaran Umum Kapal Planning Hull.....	<u>7</u>
2.4 Karakteristik Kapal Planning Hull.....	<u>8</u>
2.5 Tahanan Kapal	<u>8</u>
2.6 Stepped Hull	<u>11</u>
2.7 Towing Tank.....	<u>13</u>
2.8 Propeller.....	<u>13</u>
2.9 Percobaan Model	<u>13</u>
2.10 Hukum Perbandingan Model.....	<u>14</u>
2.11 Metode Wyman	<u>17</u>
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	20

3.1.1 Lokasi penelitian.....	20
3.1.2 Waktu penelitian.....	20
3.2 Jenis Penelitian	20
3.3 Metode Pengumpulan Data	20
3.4 Metode Pengolahan Data.....	21
3.4.1 Kajian Pustaka	21
3.4.2 Data Kapal	21
3.4.3 Pembuatan Model	21
3.4.4 Pengujian Model.....	24
3.4.5 Analisis Data.....	26
3.4.6 Matriks Kebutuhan Pengujian	26
3.4.7 SOP Pengujian	27
3.5 Analisis Data.....	28
3.5.1 Analisis Kecepatan dan Sudut Trim Model Kapal	28
3.5.2 Pengkondisian Trim Model Kapal.....	29
3.5.3 Menghitung Tahanan Kapal dengan <i>Maxsurf Resistance</i>	30
3.6 Penarikan Kesimpulan.....	32
3.7 Kerangka Pemikiran	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Desain <i>Deadrise</i> 5 derajat dan <i>Stepped</i> pada Kapal.....	33
4.2 Bentuk Model Kapal.....	34
4.3 Analisis Kecepatan dan Trim Model kapal <i>Deadrise</i> 5 derajat <i>Stepped W</i>	35
4.4 Perhitungan Tahanan Kapal dengan Lambung <i>Deadrise</i> 5 derajat <i>Stepped W</i>	35
4.4.1 Perhitungan Tahanan Kapal dengan <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 1 <i>Stepped W</i>	35
4.4.2 Perhitungan Tahanan Kapal dengan <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 2 <i>Stepped W</i>	39
4.4.3 Perhitungan Tahanan Kapal dengan <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 3 <i>Stepped W</i>	43

4.5 Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal untuk Setiap Kondisi <i>Stepped W</i>	47
4.5.1 Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal dan Kondisi Trim yang Sama Untuk Setiap Jumlah <i>W</i>	47
4.5.2 Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal dan Kecepatan yang Sama Untuk Setiap Jumlah <i>W</i>	49
4.5.3 Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal dan Nilai <i>Froude Number Volume</i> yang Sama Untuk Setiap Jumlah <i>W</i>	51
4.5.4 Perbandingan Nilai Koefisien Tahanan Total Kapal dengan <i>Deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped W</i> , 2 <i>stepped W</i> , 3 <i>stepped W</i> Secara Eksperimen dan Maxsurf	54
BAB V PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	60

DAFTAR NOTASI

F_n	= Angka <i>froude</i>
V	= Kecepatan kapal (m/s)
g	= Percepatan gravitasi (m/s ²)
L	= Panjang kapal (m)
L_{wl}	= Panjang garis air (m)
B	= Lebar kapal (m)
T	= Sarat kapal (m)
RT	= Tahanan total (kN)
R_f	= Tahanan gesek (kN)
C	= Koefisien tahanan
ρ	= Massa jenis air laut (ton/m ³)
S	= Luas bidang basah (m ²)
λ	= Skala perbandingan
R_n	= Angka <i>Reynold</i>
ν	= Viskositas kinematis fluida (m ² /s)
C_w	= Koefisien Wyman
$\eta_{s\eta b}$	= Efisiensi poros dan propeller
η_{rr}	= Efisiensi relative rotative
η_o	= Efisiensi propeller saat <i>open water test</i>
η_h	= Efisiensi lambung kapal
SHP	= <i>Shaft horse power</i> (HP)
DHP	= <i>Delivery horse power</i> (HP)
EHP	= <i>Effective horse power</i> (HP)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat dan Bahan	22
Tabel 3.2 Matriks Waktu Pengujian	26
Tabel 3.3 Matriks Kebutuhan Pengujian	28
Tabel 4.1 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 1 <i>Stepped W</i>	36
Tabel 4.2 Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 1 <i>Stepped W</i>	38
Tabel 4.3 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 2 <i>Stepped W</i>	40
Tabel 4.4 Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 2 <i>Stepped W</i>	42
Tabel 4.5 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 3 <i>Stepped W</i>	44
Tabel 4.6 Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dan 3 Tiga <i>Stepped W</i>	46
Tabel 4.7 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat untuk Setiap Variasi jumlah <i>Stepped W</i> untuk Kondisi Trim yang Sama	48
Tabel 4.8 Tabel Perbandingan Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat untuk Setiap Variasi jumlah <i>Stepped W</i> untuk Kondisi Trim yang Sama	48
Tabel 4.9 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>Stepped W</i> , 2 <i>Stepped W</i> , dan 3 <i>Stepped W</i> untuk kecepatan yang Sama	50
Tabel 4.10 Tabel Perbandingan Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>Stepped W</i> , 2 <i>Stepped W</i> , dan 3 <i>Stepped W</i> untuk kecepatan yang Sama	50
Tabel 4.11 Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>Stepped W</i> , 2 <i>Stepped W</i> , dan 3 <i>Stepped W</i> untuk Nilai <i>Froude Number Volume</i> yang Sama	52
Tabel 4.12 Tabel Perbandingan Nilai Tahanan Model <i>Deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>Stepped W</i> , 2 <i>Stepped W</i> , dan 3 <i>Stepped W</i> untuk Nilai <i>Froude Number Volume</i> yang Sama	52
Tabel 4.13 Nilai Koefisien Tahanan Model Kapal <i>Stepped W</i> Maxsurf dan Eksperimen	55

Tabel 4.14 Persentase Perbandingan Nilai Koefisien Tahanan	
Model Kapal Stepped W Maxsurf dan Eksperimen	<u>55</u>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal penumpang cepat	5
Gambar 2.2 Design Model Planing Hull.....	8
Gambar 2.3 Bentuk-Bentuk Lambung Kapal untuk Kategori Displacement Hull, Semi-Planing Hull, dan Planing Hull.....	8
Gambar 2.4 Visualisasi Kapal dengan Stepped	12
Gambar 2.5 Kapal dengan Stepped Hull.....	12
Gambar 3.1 Lines Plan Kapal pada software AutoCAD.....	21
Gambar 3.2 Pengaplikasian serat dan resin pada model	23
Gambar 3.3 Penggambaran garis sarat dan section model.....	24
Gambar 3.4 Remote Control	26
Gambar 3.5 Tampilan menu "Rotate Surface"	29
Gambar 3.6 Tampilan pemilihan metode wyman	30
Gambar 3.7 Data Hasil perhitungan nilai tahanan	31
Gambar 4.1 Lines Plan kapal pada software autocad.....	33
Gambar 4.2 Tampak bawah kapal dan tampak perspektif kapal deadrise 5 derajat dengan 1 stepped W	34
Gambar 4.3 Tampak bawah kapal dan tampak perspektif kapal deadrise 5 derajat dengan 2 stepped W	34
Gambar 4.4 Tampak bawah kapal dan tampak perspektif kapal deadrise 5 derajat dengan 3 stepped W	34
Gambar 4.5 Kondisi Trim 2,579 derajat model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped</i> W dengan kecepatan 1,838 m/s.....	36
Gambar 4.6 Permukaan Bidang Basah pada Kondisi Trim 2,579 derajat model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped</i> W dengan kecepatan 1,838 m/s.....	36
Gambar 4.7 Kurva trim model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped</i> W untuk setiap variasi kecepatan.....	37
Gambar 4.8 Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped</i> W.....	37
Gambar 4.9 Kurva nilai tahanan untuk setiap kondisi kecepatan model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped</i> W.....	38

Gambar 4.10 Kurva nilai tahanan sisa dan gesek terhadap kecepatan pada model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped W</i>	39
Gambar 4.11 Kondisi Trim 2,873 derajat model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 2 <i>stepped W</i> dengan kecepatan 1,795 m/s.....	39
Gambar 4.12 Permukaan Bidang Basah pada Kondisi Trim 2,873 derajat model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 2 <i>stepped W</i> dengan kecepatan 1,795 m/s.....	40
Gambar 4.13 Kurva trim model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 2 <i>stepped W</i> untuk setiap variasi kecepatan.....	41
Gambar 4.14 Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 2 <i>stepped W</i>	41
Gambar 4.15 Kurva nilai tahanan untuk setiap kondisi kecepatan model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 2 <i>stepped W</i>	42
Gambar 4.16 Kurva nilai tahanan sisa dan gesek terhadap kecepatan pada model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 2 <i>stepped W</i>	43
Gambar 4.17 Kondisi Trim 2,819 derajat model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 3 <i>stepped W</i> dengan kecepatan 1,1835 m/s.....	43
Gambar 4.18 Permukaan Bidang Basah pada Kondisi Trim 2,819 derajat model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 3 <i>stepped W</i> dengan kecepatan 1,835 m/s.....	44
Gambar 4.19 Kurva trim model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 3 <i>stepped W</i> untuk setiap variasi kecepatan.....	45
Gambar 4.20 Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 3 <i>stepped W</i>	45
Gambar 4.21 Kurva nilai tahanan untuk setiap kondisi kecepatan model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 3 <i>stepped W</i>	46
Gambar 4.22 Kurva nilai tahanan sisa dan gesek terhadap kecepatan pada model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 3 <i>stepped W</i>	47
Gambar 4.23 Kurva nilai tahanan model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped W</i> , 2 <i>stepped W</i> , 3 <i>stepped W</i> untuk Setiap Kondisi Trim yang Sama.....	49
Gambar 4.24 Kurva nilai tahanan model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped W</i> , 2 <i>stepped W</i> , 3 <i>stepped W</i> untuk Setiap Kecepatan yang Sama.....	51

Gambar 4.25 Kurva nilai tahanan model kapal <i>deadrise</i> 5 derajat dengan 1 <i>stepped W</i> , 2 <i>stepped W</i> , 3 <i>stepped W</i> untuk Setiap Nilai <i>Froude Number Volume</i> yang Sama.....	53
Gambar 4.26 Kurva nilai koefisien tahanan model kapal <i>stepped W</i> Maxsurf dan Eksperimen.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Penentuan Skala Model	<u>61</u>
Lampiran 2 Ukuran Utama Model	<u>61</u>
Lampiran 3 Tampilan Samping dan Pola Aliran Model Kapal 1 <i>Stepped W</i>	<u>62</u>
Lampiran 4 Tampilan Samping dan Pola Aliran Model Kapal 2 <i>Stepped W</i>	65
Lampiran 5 Tampilan Samping dan Pola Aliran Model Kapal 3 <i>Stepped W</i>	68
Lampiran 6 Nilai Koefisien Tahanan Kapal <i>Deadrise</i> 5 derajat dengan bentuk <i>stepped W</i> Eksperimen dan <i>Maxsurf Resistance</i>	72

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan sarana yang digunakan dewasa ini untuk melakukan aktivitas maritim di wilayah perairan. Berbagai aktivitas maritim tersebut yaitu pelayaran, penyeberangan, penangkapan ikan, pengangkutan barang, serta eksplorasi dan penelitian-penelitian di wilayah perairan. Sehingga tak dapat dipungkiri dimana kapal telah menjadi bagian penting sebagai alat transportasi terutama dalam aktivitas pelayaran.

Saat ini kebutuhan akan moda transportasi sebagai sarana angkutan manusia dan barang kian meningkat salah satunya yaitu kapal cepat sebagai sarana angkutan maupun untuk pengamanan wilayah dan juga untuk kepentingan pariwisata, serta pemerintahan. Peningkatan kebutuhan moda transportasi jenis ini menyebabkan meningkatnya permintaan untuk pembuatan kapal cepat tersebut. Sehingga mendorong perkembangan bentuk *design* lambung kapal, seperti kapal *planing hull* yang digunakan sebagai transportasi perairan berkecepatan tinggi.

Untuk mengatasi permasalahan yang timbul dari pencapaian kecepatan kapal, banyak cara yang digunakan diantaranya yaitu melakukan perubahan atau modifikasi pada *engine*, *hull*, dan propulsor, salah satu cara pada modifikasi lambung kapal ialah *design step hull*, dimana penggunaan *step hull* ialah mengurangi luasan permukaan basah (*wetted surface area*), akibat timbulnya turbulensi di bawah badan kapal, dan akan menambah daya tekan ke atas kapal (*lifting force*), sehingga dengan sendirinya akan mengurangi tahanan dan menaikkan efisiensi sehingga akan menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dengan daya mesin lebih kecil serta kebutuhan bahan bakar yang relatif lebih sedikit. (Bahri, 2018).

Berdasarkan uraian di atas, sehingga pada peneliti tertarik untuk melakukan eksperimen tahanan kapal *planing hull* dengan *deadrise* dan variasi jumlah *stepped hull* dengan judul:

“Investigasi Tahanan Secara Eksperimen Pada Kapal Planing Hull dengan Dradrise 5 Derajat dan Stepped Hull W”

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa besar nilai tahanan pada model kapal *planing hull* dengan bentuk 1 *stepped W*, 2 *stepped W*, dan 3 *stepped W*.
2. Berapa besar perbandingan nilai tahanan pada model kapal *planing hull* menggunakan bentuk 1 *stepped W*, 2 *stepped W*, dan 3 *stepped W* pada kondisi trim yang sama.

1.3 Batasan Masalah

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

1. Pengujian model kapal dilakukan di tangki percobaan (*towing tank*) untuk mendapatkan kecepatan model kapal dan kondisi trim.
2. Pengujian dilakukan pada kondisi air tenang.
3. Kecepatan dan kondisi trim yang digunakan berdasarkan hasil pengujian.
4. Perhitungan nilai tahanan model kapal menggunakan software Maxsurf Resistance.
5. Perhitungan nilai tahanan model kapal tidak mempertimbangkan komponen tahanan tambahan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besar nilai tahanan pada model kapal *planing hull* dengan *deadrise* 5 derajat dengan bentuk 1 *stepped W*, 2 *stepped W*, dan 3 *stepped W*.
2. Mengetahui besar perbandingan nilai tahanan pada model kapal *planing hull* dengan *deadrise* 5 derajat menggunakan bentuk 1 *stepped W*, 2 *stepped W*, dan 3 *stepped W* pada kondisi trim yang sama.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah

1. Sebagai informasi mengenai pengaruh variasi jumlah *stepped hull* pada kapal hubungannya dengan tahanan kapal *planing hull*.
2. Sebagai masukan bagi perancang kapal dalam merancang kapal cepat yang efisien saat beroperasi.
3. Untuk menambah wawasan dan pengetahuan, maupun sebagai 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 piker 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 menggunakan Maxsurf Software.

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. Gambaran Umum Kapal Cepat (*High Speed Craft*)

Menurut Faltinsen (2005) dalam jurnal Zubaer (2018), Kapal cepat adalah kapal dengan kecepatan operasi maksimum di atas 30 knot, meningkat banyak ragam karakteristik hidrostatis kapal dengan menggunakan *Froude number* (F_n), maka kapal dengan F_n di atas 0.4 atau *submerged hull* (lambung tercelup) masih tergolong sebagai kapal cepat seperti kapal *conventional monohull* dan *catamaran*. Berdasarkan F_n -nya kapal cepat dibagi ke dalam 3 jenis : *Displacement vessel* ($F_n < 0.4$), *Semi-displacement vessel* ($0.4 < F_n < 1.0-1.2$), dan *Planing vessel* ($F_n > 1.0-1.2$)



Gambar 2.1 Kapal penumpang cepat
Sumber (<https://keposiasi.com/2019/11/kapal-cepat-sabang>)

Menurut *J. Lawrence* (1985) dalam jurnal Rosmani (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 system propulsi kapal.

Pada suatu kondisi air yang tenang, suatu fenomena hidrodinamik yang terjadi pada kapal yang dirancang sebagai kapal *water planing* seperti halnya yang terjadi pada kapal cepat, terjadi kondisi-kondisi sebagai berikut:

- a. Lambung memiliki sifat sebagai lambung displacement (pada kondisi lambung memiliki kecepatan nol atau pada kecepatan rendah).
- b. Sebagaimana kecepatan meningkat, lambung akan mendapatkan pengaruh dinamik dari aliran, dikarenakan terjadi peningkatan kecepatan aliran.
- c. Pada kecepatan yang lebih tinggi hingga tercapai koefisien kecepatan antara 0.5 hingga 1.5, maka gaya dinamik tersebut akan berkontribusi menjadi gaya angkat (*lift*).
- d. Pada koefisien kecepatan yang lebih besar dari 1,5 suatu lambung kapal cepat yang dirancang secara baik akan ikut membangkitkan gaya angkat dinamik, yang berpengaruh pada kenaikan titik pusat gravitasi (kenaikan pada lambung).

2.2. Karakteristik Kapal Cepat

Karakteristik *high-speed craft* dipengaruhi oleh *Froude number*-nya. *Froude number* yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk *high-speed craft*, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, *Froude number* (F_n) sering digunakan sebagai parameternya. (Rosmani dkk, 2013).

F_n didefinisikan sebagai berikut:

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

Dimana:

- F_n = Froude Number
 V = Kecepatan (m/s)
 g = Percepatan gravitasi (m/s²)
 L = Panjang kapal.

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

$$P = R \cdot V \quad (2.2)$$

$$P = k \cdot V^3 \quad (2.3)$$

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

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

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

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

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

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

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

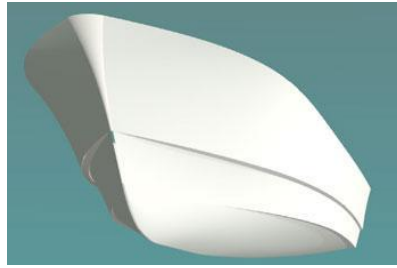
c. Kapal cepat : $F_n \geq 0,35$

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

2.3. Gambaran Umum Kapal Planing Hull

Pada dasarnya, ada tiga tipe lambung kapal yaitu *displacement*, *semi-displacement*, dan *planing hull*. Kapal *planing hull* adalah jenis kapal yang dapat mengangkat kapal dengan meningkatkan komponen *hydrostatic lift* yang berarti pada kecepatan lebih rendah kapal bekerja seperti kapal *displacement* secara bertahap mulai '*ploughing water*' dengan meningkatkan kecepatan.

Pada kapal *planing hull* akan lebih optimal kinerjanya jika ada tambahan modifikasi pada bagian lambung bawahnya yaitu lambung bertangga. Lambung bertangga atau merupakan modifikasi pada bagian bawah lambung kapal berupa step melintang atau jika dilihat bangunan kapal dari samping, bentuk kapal seperti terpotong bagian bawahnya.



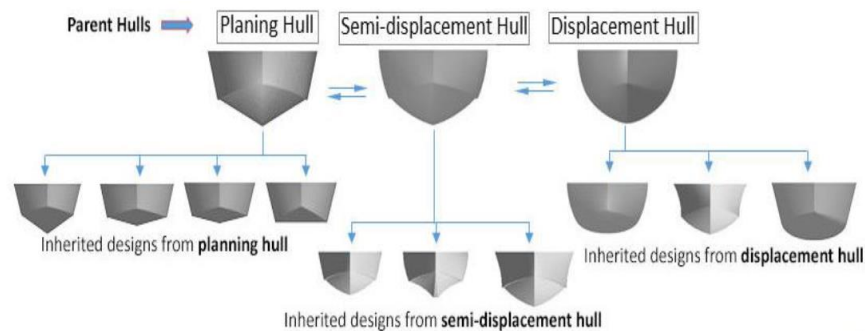
Gambar 2.2 Design Model Planing Hull
 Sumber: *Offshore Yachts Design*

2.4. Karakteristik Kapal Planing Hull

Bentuk lambung untuk kapal-kapal seperti ini yaitu 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
- c. Tipe *planing hull* untuk rentang kecepatan tinggi

Adapun bentuk-bentuk tersebut disajikan pada gambar berikut:



Gambar 2.3. Bentuk-Bentuk lambung kapal untuk kategori *displacement hull*, *semi-planing hull*, dan *planing hull*

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.

Untuk mengatasi tahanan tersebut, maka kapal membutuhkan sejumlah daya dorong sehingga dapat melewati air laut dengan kecepatan tertentu sesuai dengan

kebutuhan operasinya. Daya dorong ini berupa gaya yang bekerja untuk melawan hambatan pada badan kapal yang tercelup di air, hambatan gelombang dan hambatan dari angin yang mengenai badan kapal yang berada di atas permukaan air laut. Hambatan-hambatan tersebut merupakan komponen tahanan kapal yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.

Pada dasarnya tahanan kapal dibagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada di atas permukaan air dan tahanan yang berasal dari bawah permukaan air. Tahanan yang di atas permukaan air adalah yang bekerja pada bagian badan kapal yang kelihatan di atas permukaan air, disini pengaruh adanya udara yang mengakibatkan timbulnya hambatan. Komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung di air adalah:

A. Tahanan gesek (*Friction resistance*)

Tahanan gesek timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai tahanan gesek. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilaluinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas 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 dipengaruhi oleh beberapa hal, sebagai berikut:

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

$$Rn = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (2.4)$$

Dimana:

V = Volume (m³)

L = Panjang (m)

v = Kecepatan (m/s)

- Koefisien gesek (*friction coefficient*, C_f)

$$C_f = \frac{0,75}{(\text{Log}Rn-2,0)^2} \quad (2.5)$$

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*)

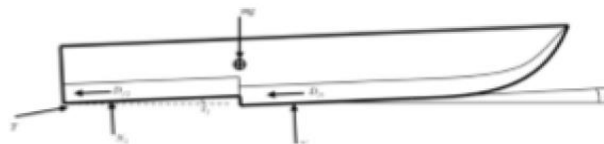
Yaitu akibat pemakaian kemudi mengakibatkan timbulnya hambatan kemudi. (Arwini, 2018)

2.6. Stepped Hull

Step adalah bidang pada lambung yang bertujuan untuk mengurangi jumlah permukaan lambung yang tercelup air atau biasa disebut juga bentuk “V”. Pada umumnya, *stepped hull* dapat meningkatkan kecepatan sekitar 10-15 % yang diinginkan antara memakai *stepped hull* dengan yang tidak memakai *stepped hull* dengan *power* pada mesin yang sama *Planing hull* adalah perancangan bentuk lambung yang bertujuan untuk menambah kecepatan disini *planing hull* mempunyai bentuk V dengan menggunakan *stepped hull* untuk menambah gaya ke atas sehingga mengurangi gesekan antara air dan lambung. Pada umumnya bentuk *planing hull* dioperasikan pada perairan yang tenang. Banyak mengira bahwa *stepped hull* mengurangi lapisan/permukaan lambung yang terkena air, tetapi sesungguhnya pada konsep *step hull* ini adalah untuk meminimalkan bagian lambung (Budiarto,2011)

Stepped hull adalah konfigurasi alternatif ke lambung *planing* kecepatan tinggi. *Stepped hull* memiliki diskontinuitas melintang terletak di beberapa titik di belakang pusat gravitasi kapal dan pusat tekanan. Lokasi membujur dari diskontinuitas transversal atau Langkah adalah sangat penting untuk memahami prinsip-prinsip hidrodinamika *planing hull*. 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*. (Garland, 2010)

Menghitung persentase ini angkat lambung sekitar 90%. Permukaan pengangkatan primer biasanya terletak di dekat pusat gravitasi kapal, biasanya tepat di depannya. Ketika kapal didesain, tekanan air pada bagian belakang lambung sangat rendah, yang memberikan kontribusi yang sangat kecil untuk pengangkatan lift. Namun, hal itu justru memberikan kontribusi yang signifikan terhadap tahanan gesek, yang menguntungkan karena alasan yang jelas termasuk ekonomi bahan bakar yang buruk dan peningkatan kebutuhan daya (clement dan koelbel, 1992).



Gambar 1. Visualisasi *stephull*

Gambar 2.4 Visualisasi Kapal dengan Stepped



Gambar 2. Kapal planing dengan step melintang

Gambar 2.5 Kapal dengan Stepped hull

Seiring dengan meningkatnya modifikasi kapal cepat, meningkat pula resistensi yang disebabkan oleh gelombang yang signifikan, sehingga pembuatan kapal membutuhkan kritisasi efektifitas yang tinggi. Desain dan analisis prosedur diperlukan untuk kapal kapal berkecepatan tinggi dikarenakan kinerja dan karakter kecepatan tinggi menjadi sangat penting di beberapa kebutuhan. Oleh karena itu, diperlukan untuk membuat strategi perancangan bentuk lambung dalam rangka mengurangi hambatan kapal kapal. *Step hull* merupakan modifikasi bentuk lambung berupa step melintang yang ditempatkan pada bawah lambung bagian midship kapal. *Step hull* atau *transverse step* atau *step planing hull* atau *planing stepped hull* merupakan modifikasi pada bagian bawah lambung kapal berupa *step* melintang atau jika dilihat bangunan kapal dari samping. Bentuk kapal seperti terpotong bagian bawahnya. (Citra Eka, 2018)

2.7. Towing Tank

Menurut Sv AA Harvald (1992). Towing tank atau tangki percobaan untuk model kapal banyak jumlahnya; ada yang memakai model kapal berukuran kecil yang panjangnya kurang dari 1 meter, ada yang memakai model berukuran sedang yang panjangnya kira-kira 6 meter, dan ada yang memakai model berukuran besar yang panjangnya sekitar 12 meter. Towing tank umumnya digunakan untuk mengetes tahanan sebuah kapal dengan menggunakan model yang bergerak dalam tangka pada kecepatan tertentu sepanjang tangki baik dalam kondisi air tenang maupun air yang bergelombang.

2.8. Propeller

Menurut Sv. AA Harvald (1983) dalam jurnal Hilman dkk (2017). Baling-baling adalah alat penggerak kapal, salah satu bentuknya yang paling umum ialah baling-baling ulir. Baling-baling ini memiliki daun yang berjumlah dua atau lebih dengan posisi yang menjorok dari hub atau boss. Daun baling-baling tersebut dapat merupakan bagian yang menyatu dengan hub, atau merupakan bagian yang dapat dilepas dari dan dipasang pada hub atau merupakan daun yang dapat dikendalikan. Sedangkan hub baling-baling ini diposisikan pada poros agar dapat digerakkan oleh mesin penggerak kapal.

2.9. Percobaan Model

Prosedur ITTC untuk pengujian hambatan (*resistance*) model kapal adalah: *ITTC-Recommended Procedures and Guildelines 7.5-02-02-01 "Resistance Test"* 2011, Rev 03.

Prosedur ini untuk memastikan konsistensi metodologi untuk uji towing tank dan akuisisi hasil uji yang benar untuk tahanan dalam air termasuk kondisi kemiringan (*sinkage* atau *trim*). Uji tahanan dilakukan untuk menyediakan data tahanan (gaya) dari model kapal pada setiap kecepatan yang diinginkan atau ditentukan. *Resistance* (Tarik) adalah komponen gaya horizontal gerak maju model

kapal. Tahanan ditentukan dengan mengukur kekuatan penarik (*resistance dynamometer*).

2.10. Hukum Perbandingan Model

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 (Djabbar M.Alham dan Rosmani,2011). Hukum perbandingan ini haruslah memenuhi syarat – syarat sebagai berikut:

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

a. 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 λ dimana :

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m} \quad (2.6)$$

Dimana:

- λ = 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:

$L_m < T$ tangki

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

2) HARVALD:

$B_m < 1/10 B$ tangki

$T_m < 1/10 T$ tangki

3) UNIVERSITY OF NEWCASTLE:

$L_m < \frac{1}{2} b$ tangki

$B_m < 1/15 B$ tangki

$Ao_m < 0,4 Ao$ tangki

b. 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.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g.L}} \quad (2.7)$$

Atau:

$$\frac{V_m}{\sqrt{g.L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g.L_s}} \quad (2.8)$$

Dimana:

Fr = angka froude

L_s = panjang kapal (m)

- L_m = panjang model (m)
- V_s = kecepatan kapal (m/dt)
- V_m = kecepatan model (m/dt)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

c. 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.

$$Rn = \frac{V.L}{\nu} \quad (2.9)$$

Atau:

$$\frac{V_m.L_m}{\nu_{fw}} = \frac{V_s.L_s}{\nu_{sw}} \quad (2.10)$$

Dimana:

- Rn = angka reynold
- L_s = panjang kapal (m)
- L_m = panjang model (m)
- V_s = kecepatan kapal (m/dt)
- V_m = kecepatan model (m/dt)
- ν = viskositas kinematis fluida (m²/dt)
= 1,1883 x 10⁻⁶ (m²/dt)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

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

2.11. Metode Wyman

Formula universal yang digunakan untuk menghitung hambatan lambung mode lambung *planing* dan displasmen. Metode seperti ini ditetapkan oleh wyman untuk menghasilkan power engine yang sedang dihitung. Dengan demikian untuk menghitung hambatan, *maxsurf* secara akurat memprediksi hambatan lambung, efisiensi keseluruhan harus ditambahkan pada pemilihan efisien *power*.

Metode perhitungan ini ditemukan oleh David B. Wyman pada tahun 1998. David B. Wyman adalah seorang *naval architecture* yang saat ini tinggal di Maine, Amerika Serikat..

Koefisien Wyman dijabarkan sebagai berikut:

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

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.

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

Dimana:

$Displ.$: Displacement (ton)

v : kecepatan (m/s)

C_w : Koefisien Wyman

Lwl : Panjang garis air (m)

SHP : *Power Shaft* (HP)

Dalam hubungannya dengan perhitungan tahanan kapal menggunakan metode Wyman, nilai SHP (*Shaft Horse Power*) atau disebut juga dengan PS (*Power Shaft*) adalah daya yang terukur hingga daerah di depan bantalan tabung poros (stern tube) dari sistem perporosan penggerak kapal. Sedangkan DHP (*Delivery Horse Power*) atau PD (*Power Delivery*) adalah daya yang diserap oleh

baling-baling kapal guna menghasilkan gaya dorong atau dengan kata lain Power Delivery merupakan daya yang disalurkan oleh motor penggerak ke baling-baling kapal (propeller) yang kemudian dirubah menjadi gaya dorong kapal. Adapun untuk persamaannya dijabarkan sebagai berikut:

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

Dimana:

DHP : *Power Delivery* (HP)

$\eta\eta b$: 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:

$$EHP = DHP \times Pc \quad (2.13)$$

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

$$Pc = \eta rr \times \eta o \times \eta \quad (2.14)$$

Dimana:

ηrr : Efisiensi relatif rotatif (1,02-1,05)

ηo : Efisiensi propeller saat open water test (40% - 70%)

ηh : Efisiensi lambung kapal

$$\eta H = 1 - t - w \quad (2.15)$$

Dimana:

t : *Thrust deduction power* ($t = k \times w$)

w : *Wake friction* ($w = [0,5Cb] \times 0,05$)

Cb : Koefisien blok

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

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