

TUGAS AKHIR

**INVESTIGASI EKSPERIMEN TRIM KAPAL PLANING HULL
BERDASARKAN PENINGKATAN KECEPATAN DAN TAHANAN
KAPAL MELALUI APLIKASI MAXSURF**



MUH. SYAH ZIDAN

D031171512

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 EKSPERIMEN TRIM KAPAL PLANING HULL BERDASARKAN PENINGKATAN KECEPATAN DAN TAHANAN KAPAL MELALUI APLIKASI MAXSURF

Disusun Oleh :

**Muh. Syah Zidan
D031171512**

Gowa, Maret 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Ir. Rosman, MT.

Nip. 19600620 198802 2 001

Pembimbing II

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

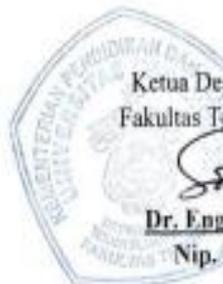
Nip. 19730206 200012 1 002

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. SYAH ZIDAN

NIM : D031171512

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*INVESTIGASI EKSPERIMEN TRIM KAPAL PLANING HULL BERDASARKAN
PENINGKATAN KECEPATAN DAN TAHANAN KAPAL MELALUI APLIKASI
MAXSURF*

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,..... Februari 2022

Yang Menyatakan


MUH. SYAH ZIDAN

ABSTRAK

Muh. Syah Zidan / D031171512. “*INVESTIGASI EKSPERIMEN TRIM KAPAL PLANING HULL BERDASARKAN PENINGKATAN KECEPATAN DAN TAHANAN KAPAL MELALUI APLIKASI MAXSURF*”.

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

Kapal cepat saat ini banyak mengalami perubahan atau modifikasi guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa kapal saat berlayar dilautan, salah satunya pada modifikasi *hull*. Salah satu modifikasi *hull* adalah 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 adalah 5 derajat, Sedangkan desain bentuk *Stepped* yaitu *Stepped 2U*. Jumlah *Stepped* yang didesain dikategorikan menjadi 1, 2, dan 3 *Stepped*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar nilai tahanan model kapal *Deadrise Angel* dengan bentuk *Stepped 2U* pada setiap kondisi trim berdasarkan analisis *software maxsurf*. Penelitian ini dilaksanakan melalui eksperimen yang dilakukan dilaboratorium Hidrodinamika kapal untuk mendapatkan kecepatan dan derajat trim model kapal, yang selanjutnya akan menjadi data dalam penentuan nilai tahanan menggunakan *software maxsurf*. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bagaimana pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan model kapal dengan menggunakan *deadrise Angel 5 derajat Stepped 2U* pada setiap kecepatan yang berbeda. Berdasarkan analisa tahanan pada lambung *deadrise angle 5 derajat Stepped 2U*, diketahui bahwa tahanan total kapal cenderung meningkat seiring dengan penambahan jumlah *Stepped* serta peningkatan kondisi trim kapal. Pada model kapal 3 *Stepped 2U* memiliki nilai tahanan yang lebih kecil dibandingkan dengan model kapal 1 *Stepped 2U* dan 2 *Stepped 2U*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan *Stepped* pada model kapal dapat mengurangi tahanan kapal akibat dari pengurangan luas bidang basah kapal.

Kata Kunci : *Stepped, Deadrise Angle , Eksperimen, Tahanan, Maxsurf.*

ABSTRACT

Muh. Syah Zidan / D031171512. “*INVESTIGATION OF HULL PLANING SHIP TRIM EXPERIMENT BASED ON INCREASED SPEED AND RESISTANCE OF THE SHIP THROUGH THE MAXSURF APPLICATION*”.

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

Fast ships are currently undergoing many changes or modifications to get a ship design that guarantees the ship's performance when sailing in the sea, one of which is in hull modifications. One of the hull modifications was a change in hull shape with Deadrise Angle as well as the addition of Stepped shape. The basic principle of the use of Stepped reduces the wetted surface area due to turbulence under the ship's body. The deadrise angle variation used is 5 degrees, while the stepped shape design is Stepped 2U. The number of stepped designed is categorized into 1, 2, and 3 stepped. The purpose of the study was to find out the large value of prisoner model deadrise angel ship with Stepped 2U shape on each trim condition based on maxsurf software analysis. This research was conducted through experiments conducted at the ship's Hydrodynamics laboratory to obtain the speed and degree of trim of the ship's model, which will then be data in determining the value of prisoners using maxsurf software. Based on the results obtained can be known how the effect of trim increase and its relationship with the ship's model prisoners by using deadrise Angel 5 degree Stepped 2U at each different speed. Based on the analysis of prisoners on the hull deadrise angle 5 degree Stepped 2U, it is known that the total prisoner of the ship tends to increase along with the increase in the number of Stepped and improved trim condition of the ship. The 3 Stepped 2U has a smaller prisoner value compared to the 1 Stepped 2U and 2 Stepped 2U models. So it can be concluded that the addition of Stepped to the ship's model can reduce ship resistance as a result of the reduction of the area of the ship's wet field.

Keywords : Stepped, Deadrise Angle , Eksperiment, Pressure, Maxsurf.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kepada Allah SWT, atas limpahan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“INVESTIGASI EKSPERIMEN TRIM KAPAL PLANING HULL BERDASARKAN PENINGKATAN KECEPATAN DAN TAHANAN KAPAL MELALUI APLIKASI MAXSURF** “. Yang disusun guna memenuhi salah satu persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusun menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah suatu kebanggaan tersendiri bagi penyusun karena tantangan dan hambatan yang menghadang selama mengerjakan tugas akhir ini dapat terlewati dengan usaha dan upaya yang sungguh-sungguh dari penulis.

Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam – dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu bapak Ruswan dan Ibu Nur Kamba atas kasih sayang, dukungan, dan doa yang selama ini telah diberikan selama penulis menjalani kuliah.
2. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin sekaligus pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis selama menjalani proses penelitian skripsi maupun pada saat menjalani perkuliahan ini.
2. Ibu Ir. Rosmani, MT. selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

3. Bapak Ir. Lukman Bochary, MT. dan Ibu A. Dian Eka Anggriani, ST., MT. 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. AryoHome yang selalu memberi bantuan dan dukungan.
7. Anak – Anak kontrakan yaitu Aman, Scoopy, Smoker, Panda, wafii, Zilong, Afrian, Ode, Fadlu, Fajar, Ryan, Alifah, Iqra, Luthfiah, Ririn, Wiah yang selalu memberi bantuan dan dukungan.
8. Kepada teman-teman seperjuangan 5 derajat (Akbar, Fadhel, Daus, Asad dan Penny) yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. 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.
7. Kepada kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.
8. Yang terakhir penulis ucapkan terima kasih untuk seluruh pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Kapal Cepat (High Speed Craft).....	5
2.2 Karakteristik Kapal Cepat	5
2.3 Planing Hull.....	7

2.4	Stepped Hull	9
2.5	Tahanan Kapal.....	9
2.6	Propulsi Kapal Cepat.....	12
2.7	Trim Kapal.....	13
2.8	Hukum Perbandingan Model.....	14
2.9	Metode Wyman	17
2.10	Tangki Percobaan(Towing Tank).....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....		20
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.2	Jenis Penelitian	20
3.3	Metode Pengumpulan Data	20
3.4	Metode Pengolahan Data.....	20
3.5	Analisis Data	31
3.6	Penarikan Kesimpulan.....	36
3.7	Kerangka Pemikiran	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1.	Desain Deadrise Angle 5° dan Stepped Pada Kapal	38
4.2.	Bentuk Model Kapal.....	39
4.3.	Analisis Kecepatan dan Trim Model Kapal Deadrise Angle 5 Derajat Stepped 2U	40
4.4.	Perhitungan Tahanan Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5 derajat Stepped 2U	40
4.5.	Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal Untuk Setiap Kondisi Stepped 2U	55
BAB V KESIMPULAN		60

5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	68
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
η_{sb}	= Efisiensi poros dan baling - baling
η_{rr}	= Efisiensi relatif rotatif
η_o	= Efisiensi open water test
η_h	= Efisiensi lambung kapal
SHP	= Shaft Horse Power (HP)
DHP	= Delivery Horse Power (HP)
EHP	= Efficiency Horse Power (HP)
Rt	= Tahanan total (Kn)
L _r	= Skala model
L _m	= Panjang model (m)
L _p	= Panjang Kapal (m)
V _m	= Kecepatan model (m/s)
V _p	= Kecepatan Kapal (m/s)

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	22
Tabel 3. 2 Tabel Matriks Pengujian	27
Tabel 3. 3 Matriks Kebutuhan Pengujian.....	30
Tabel 4. 1 Tabel Nilai Tahanan Model Deadrise Angle 5 Derajat dan 1 Stepped 2U Pada Maxsurf Resistance	42
Tabel 4. 2 Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model Deadrise Angle 5 Derajat dan 1 Stepped 2U Pada Maxsurf Resistance	44
Tabel 4. 3 Tabel Nilai Tahanan Model Deadrise Angle 5 Derajat dan 2 Stepped 2U Pada Maxsurf Resistance	46
Tabel 4. 4 Nilai Tahanan Gesek, Tahanan Sisa dan Koefisien Tahanan Model Deadrise Angle 5 Derajat dan 2 Stepped 2U Pada Maxsurf Resistance	49
Tabel 4. 5 Tabel Nilai Tahanan Model Deadrise Angle 5 derajat dan 3 stepped 2U pada maxsurf resistance	51
Tabel 4. 6 Nilai Tahanan gesek, tahanan sisa dan koefisien tahanan Model Deadrise Angle 5 Derajat dan 3 Stepped 2U Pada Maxsurf Resistance.....	53
Tabel 4. 7 Nilai Trim Model Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah Stepped 2U untuk Kecepatan yang Sama.....	55
Tabel 4. 8 Perbandingan Nilai Trim Model Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah Stepped 2U untuk Kecepatan yang Sama.....	56
Tabel 4. 9 Nilai Tahanan Model Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah Stepped 2U untuk Kecepatan yang Sama	58
Tabel 4. 10 Perbandingan Nilai Tahanan Model Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah Stepped 2U untuk Kecepatan yang Sama.....	58
Tabel 4. 11 Nilai Tahanan Model Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5	

Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah Stepped 2U untuk Kecepatan yang Sama	60
Tabel 4. 12 Perbandingan Nilai Tahanan Model Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah Stepped 2U untuk Kecepatan yang Sama.....	60
Tabel 4. 13 Nilai Tahanan Model Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah Stepped 2U untuk Nilai Froude Number Volume yang Sama.....	62
Tabel 4. 14 Perbandingan Nilai Tahanan Model Kapal dengan Lambung Deadrise Angle 5 Derajat Untuk Setiap Variasi Jumlah Stepped 2U untuk Nilai Froude Number Volume yang Sama	62
Tabel 4. 15 Nilai Koefisien Tahanan Model Kapal Stepped 2U Maxsurf dan Eksperimen	65
Tabel 4. 16 Persentase Perbandingan Nilai Koefisien Tahanan Model Kapal Stepped 2U Maxsurf dan Eksperimen	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori <i>displacement hull</i> , <i>planing hull</i> , <i>semi-planing hull</i>	7
Gambar 2. 2 Tipe Planing Hull	8
Gambar 2. 3 <i>Deadrise angle</i> pada kapal <i>planning hull</i>	9
Gambar 2.4 Stepped Hull.....	9
Gambar 2. 5 Tipe propulsi kapal cepat	13
Gambar 2. 6 Kapal Kondisi Even Keel.....	13
Gambar 2. 7 Kapal Kondisi Trim by stern.....	14
Gambar 2. 8 Kapal Kondisi Trim by Head.	14
Gambar 2. 9 Towing Tank	19
Gambar 3. 1 Lines Plan Kapal pada Software Autocad.....	21
Gambar 3. 2 Peletakan Stepped pada Software Autocad.....	23
Gambar 3. 3 Frame direkatkan pada pola waterline	23
Gambar 3. 4 Pendempulan & Pengamplasan Cetakan Model	23
Gambar 3. 5 Proses Pengaplikasian Serat Met ke Badan Kapal	24
Gambar 3. 6 Pengaplikasian Serat Met dan Resin pada Model	24
Gambar 3. 7 Pelepasan model dari cetakan	24
Gambar 3. 8 Pengamplasan model kapal	25
Gambar 3. 9 Proses pengecetan model	25
Gambar 3. 10 Penggambaran garis sarat dan section model.....	25
Gambar 3. 11 Menghubungkan alat penggerak model	25
Gambar 3. 12 ESC (Elekctronic speed control).....	27
Gambar 3. 13 Remote Control	28
Gambar 3. 14 Receiver 32.....	28
Gambar 3. 15 Baterai 5000 mAh	28
Gambar 3. 16 Motor DC brushless	29
Gambar 3. 17 Profeller 3 blade	29
Gambar 3. 18 Shaft dan Universal Joint	29
Gambar 3. 19 Tampilan menu "Surface"	32

Gambar 3. 20 Tampilan menu “Rotate Surface”	33
Gambar 3. 21 Tampilan Profile model kapal pada kondisi trim	33
Gambar 3. 22 Tampilan pemilihan Surface	34
Gambar 3. 23 Tampilan Menu “Analysis”	34
Gambar 3. 24 Tampilan pemilihan metode, kecepatan dan effeciency	35
Gambar 3. 25 Tampilan Calculate Free Surface	35
Gambar 3. 26 Data hasil perhitungan nilai tahanan	36
Gambar 3. 27 Kurva nilai tahanan	36
Gambar 3. 28 Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 4. 1 Linesplan	38
Gambar 4. 2 Pemodelan 3 dimensi kapal penumpang cepat SS 44	38
Gambar 4. 3 Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal Berlambung...39	
Gambar 4. 4 Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal Berlambung...39	
Gambar 4. 5 Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal Berlambung...39	
Gambar 4. 6 Pengukuran Trim Model Kapal.....	40
Gambar 4. 7 Kondisi Trim 2,579 derajat model kapal deadrise angle 5 derajat dan 1 stepped 2U	41
Gambar 4. 8 Permukaan luas bidang basah dan pola aliran air pada kondisi Trim 2,579 derajat model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 Stepped 2U dengan kecepatan 2.105 m/s	41
Gambar 4. 9 Kurva trim untuk setiap variasi kecepatan model kapal deadrise angle 5 derajat dan 1 stepped 2U.....	42
Gambar 4. 10 Kurva tahanan untuk setiap variasi kecepatan model kapal deadrise angle 5 derajat dan 1 stepped 2U.	43
Gambar 4. 11 Kurva tahanan terhadap Froude number volume model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U	43
Gambar 4. 12 Kurva nilai koefisien tahanan terhadap Froude number volume model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U	44
Gambar 4. 13 Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U.....	45
Gambar 4. 14 Kondisi Trim 2,87 derajat model kapal deadrise angle 5 derajat	

	dengan 2 Stepped 2U dengan kecepatan 2,227 m/s.....	46
Gambar 4. 15	Permukaan luas bidang basah dan pola aliran air pada kondisi Trim 2,87 derajat model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 2 Stepped 2U dengan kecepatan 2,227 m/s	46
Gambar 4. 16	Kurva trim model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 2 stepped 2U untuk setiap variasi kecepatan.	47
Gambar 4. 17	Kurva tahanan model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 2 stepped 2U untuk setiap variasi kecepatan.	47
Gambar 4. 18	Kurva tahanan terhadap Froude number volume model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 2 stepped 2U	48
Gambar 4. 19	Kurva nilai koefisien tahanan terhadap Froude number volume model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 2 stepped 2U.	49
Gambar 4. 20	Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U.....	50
Gambar 4. 21	Kondisi Trim 2,941 derajat model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 3 Stepped 2U dengan kecepatan 2.105 m/s.....	50
Gambar 4. 22	Permukaan luas bidang basah dan pola aliran air kondisi Trim 2,941 derajat model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 3 Stepped 2U dengan kecepatan 2.105 m/s	51
Gambar 4. 23	Kurva trim model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 3 stepped 2U untuk setiap variasi kecepatan	52
Gambar 4. 24	Kurva nilai tahanan untuk setiap variasi kecepatan model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 3 stepped 2U	52
Gambar 4. 25	Kurva tahanan terhadap Froude number volume model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 3 stepped 2U	53
Gambar 4. 26	Kurva nilai koefisien tahanan terhadap Froude number volume model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 3 stepped 2U	54
Gambar 4. 27	Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 3 stepped 2U.....	54
Gambar 4. 28	Kurva nilai luas bidang basah model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U, 2 stepped 2U, 3 stepped 2U untuk variasi	

kecepatan yang Sama.....	56
Gambar 4. 29 Kurva sudut trim model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U, 2 stepped 2U, 3 stepped 2U untuk variasi kecepatan yang Sama.....	57
Gambar 4. 30 Kurva nilai tahanan model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U, 2 stepped 2U, 3 stepped 2U untuk variasi kecepatan yang Sama.....	59
Gambar 4. 31 Kurva nilai tahanan model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U, 2 stepped 2U, 3 stepped 2U untuk sudut trim yang Sama.....	61
Gambar 4. 32 Kurva nilai tahanan model kapal deadrise angle 5 derajat dengan 1 stepped 2U, 2 stepped 2U, 3 stepped 2U untuk Setiap Nilai Froude Number Volume yang Sama.....	63
Gambar 4. 33 Nilai Koefisien Tahanan Model Kapal Stepped 2U Maxsurf dan Eksperimen	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penentuan Skala Model

Lampiran 2. Ukuran Utama Model

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

Lampiran 4. Kondisi Model Kapal 1 *Stepped* 2U Saat Pengujian

Lampiran 5. Kondisi Model Kapal 2 *Stepped* 2U Saat Pengujian

Lampiran 6. Kondisi Model Kapal 6 *Stepped* 2U Saat Pengujian

Lampiran 7..Nilai Koefisien Tahanan Model *Deadrise Angle* 5 Deajat Bentuk *Stepped* 2U *Maxsurf* dan Eksperimen

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 menghubungkan antara 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 hull ialah desain stepped hull. Hal ini dilakukan guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar dilautan.

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

Berdasarkan uraian dan hasil penelitian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan Penelitian yang berjudul **“Investigasi Eksperimen Trim *Planing Hull* Berdasarkan Peningkatan Kecepatan dan Tahanan Kapal Melalui Apk Maxsurf”**. Penelitian ini juga didasari dengan penelitian sebelumnya, dimana pada penelitian sebelumnya menggunakan lambung kapal semi displacement.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh peningkatan kecepatan terhadap trim pada kapal *planning hull* dengan *deadrise angle* 5 derajat dan variasi jumlah *stepped hull* berbentuk 2U.
2. Bagaimana pengaruh trim terhadap tahanan pada kapal *planning hull* dengan *deadrise angle* 5 derajat dan variasi jumlah *stepped hull* berbentuk 2U.

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. *Stepped Hull* berbentuk 2U dengan variasi 1 step, 2 step dan 3 step.
2. Perhitungan nilai tahanan berdasarkan pengujian model.
3. Dilakukan pada kondisi air tenang

4. Perhitungan nilai tahanan kapal tidak mempertimbangkan komponen tahanan tambahan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh peningkatan kecepatan terhadap trim pada kapal *planning hull* dengan *deadrise angle* 5 derajat dan variasi jumlah *stepped hull* berbentuk 2U.
2. Mengetahui pengaruh trim terhadap tahanan pada kapal *planning hull* dengan *deadrise angle* 5 derajat dan variasi jumlah *stepped hull* berbentuk 2U.

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)

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

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

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

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

2.2 Karakteristik Kapal Cepat

Menurut J. Lawrence (1985), 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 (Fn)* sering digunakan sebagai parameternya. (Fn) didefinisikan sebagai berikut (Rosmani.2013):

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g x L}} \dots\dots\dots(2.2)$$

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.

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

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

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

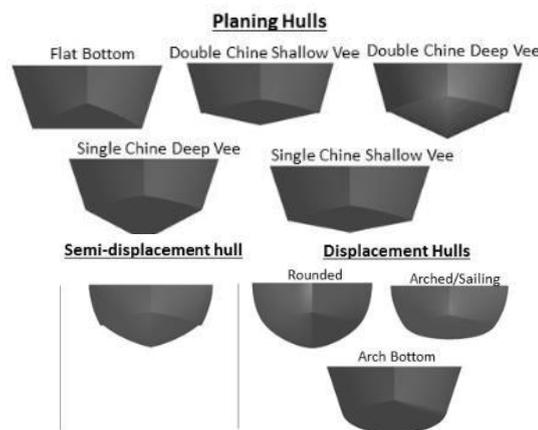
Baird (1998), mengelompokkan batasan besaran angka *Froude* berdasarkan tipe lambung kapal dibawah ini:

- $F_n > 0.4-0.5$ *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.

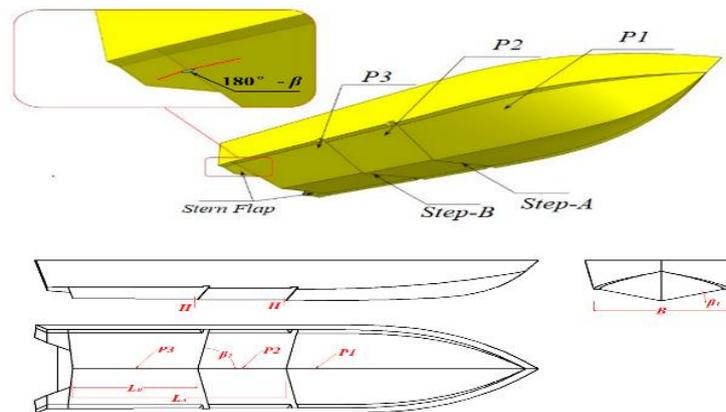


Gambar 2. 1 Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori *displacement hull*, *planing hull*, *semi-planing hull*

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 cepetyang disebut: *air cushion vehicles*(ACV), *seaplanes*, *wing-in-ground effect*(WIG) *craft*, *planning hydrofoil ships*, *surface effect ships*(SES) dan kapal *Stolkraft*. Jenis kapal cepat tersebut memiliki karakteristik operasional dan keunggulan tertentu serta banyak diaplikasikan sebagai kapal patroli, kapal penyelamat, kapal penumpang, kapal riset dan kapal pesiar.(Jamaluddin,2012)

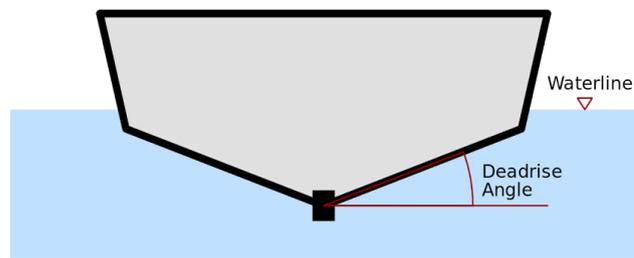
Menurut A. Haris Muhammad (2009), Penelitian awal hidrodinamika kapal tipe planing hull telah dimulai di Amerika Serikat (AS) sejak 40 tahun yang lalu. Penelitian ini awalnya bertujuan untuk merencanakan sebuah *aircraft* (*flying boat*) dimana air adalah sebagai media pendaratan kapal. Seiring dengan 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*s. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.

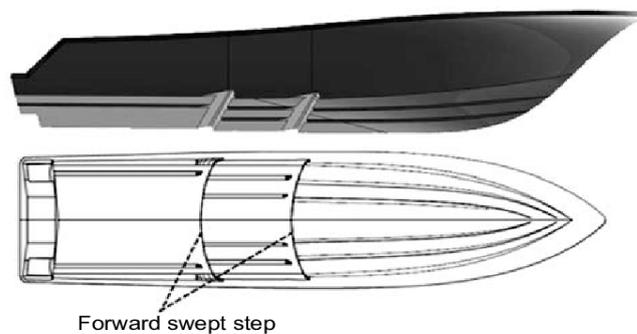


Gambar 2.3 *Deadrise angle* pada kapal *planing hull*

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. *Step hull* sendiri [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. (Mohtar Aziz dkk, 2019)



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 (m³)

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.

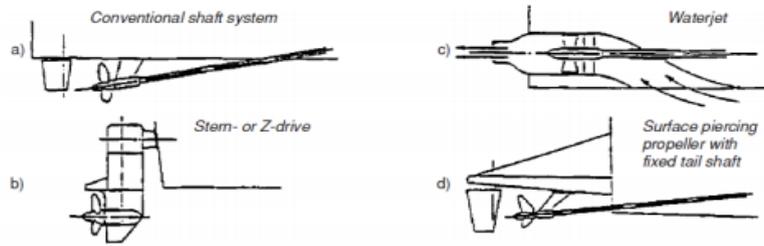
c. Tahanan tambahan (*Added Resistance*)

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

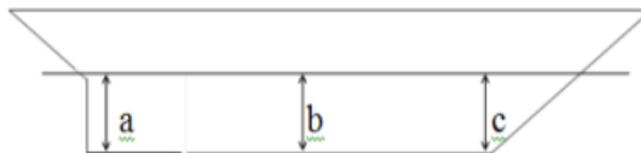
Sumber : Andi Haris Muhammad dan M. Alham Djabbar, 2016.

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

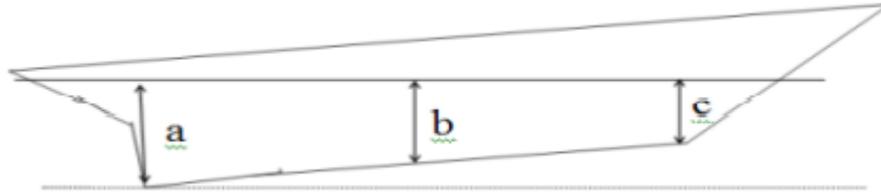
Trim adalah perbedaan antara draft depan dan draft belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Bila muatan lebih berat di bagian depan disebut trim depan (*trim by the head*), kemudian bila lebih berat di belakang disebut trim belakang (*trim by the stern*). Dan apabila draft belakang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



Gambar 2. 6 Kapal Kondisi Even Keel

Sumber : kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2015

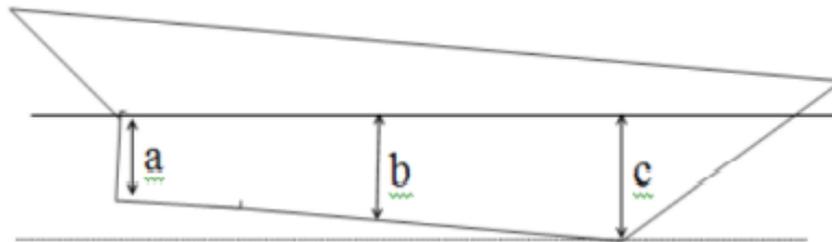
Gambar diatas menunjukkan kapal *even keel* yaitu draft depan sama dengan draft belakang ($a = c$) dimana $b = \frac{(a+c)}{2}$, hanya terjadi bilamana kapal tidak *hogging* atau *sagging*.



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 λ dimana :

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

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 :
 - $B_m < 1/10 B$ tangka
 - $T_m < 1/10$ tangki
- 3) UNIVERSITY OF NEW CASTLE :
 - $L_m < \frac{1}{2} b$ tangka
 - $B_m 1/15 B$ tangka
 - $Ao_m < 0,4 Ao$ 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/dt²)

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)
 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.

2.9 Metode Wyman

Dalam Muthahhar (2021) menyatakan bahwa Formula universal yang digunakan untuk menghitung hambatan lambung mode lambung planning dan displamen. Metode seperti ini ditetapkan oleh wyman untuk menghasilkan power engine yang sedang dihitung. Dengan demikian untuk menghitung hambatan, *maxsurf* secara akurat memprediksi hambatan lambung, efisiensi keseluruhan harus ditambahkan pada pemilihan efisien power.

Metode perhitungan ini ditemukan oleh David B. Wyman pada tahun 1998. David B. Wyman adalah seorang naval architecture yang saat ini tinggal di Maine, Amerika Serikat. Beliau pernah mengenyam pendidikan di *US Merchant Marine Academy* dan saat ini menjadi tenaga pengajar di *Maine 21 Maritime Academy* (Eric W. Sponberg, 2010). Koefisien Wyman dijabarkan sebagai berikut :

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

Dimana :

- C_w : Koefisien Wyman
 v : Kecepatan (m/s)
 L_{wl} : Panjang garis air (m)

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

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

Dimana :

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

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

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

Dimana :

- DHP : *Power Delivery* (HP)
- $\eta s \eta b$: Efisiensi poros dan baling-baling

Selanjutnya setelah nilai dari *Power Delivery* sudah didapatkan kemudian nilai *Power Delivery* digunakan untuk mencari nilai EHP (*Effective Horse Power*) atau biasa juga disebut *Power Effective* (PE) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat (*resistance*), agar kapal dapat bergerak. Adapun persamaannya diuraikan sebagai berikut:

$$EHP = DHP \times P_c$$

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

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

Dimana :

- η_{rr} : Efisiensi relatif rotatif (1,02-1,05)
- η_o : Efisiensi propeller saat *open water test*

(40% - 70%) η_h : Efisiensi lambung kapal

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

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