

TUGAS AKHIR
INVESTIGASI SECARA EKSPERIMEN PENGARUH *DEADRISE*
***ANGLE 10°* DAN *STEPPED HULL* BERBENTUK V TERHADAP**
TAHANAN KAPAL CEPAT



LA ODE ABDURRAHMAN AZIZ

D031171023

DEPARTEMEN PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK 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 SECARA EKSPERIMEN PENGARUH DEADRISE ANGLE 10° DAN STEPPED HULL BERBENTUK V TERHADAP TAHANAN KAPAL CEPAT

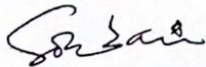
Disusun Oleh :

**La Ode Abdurrahman Aziz
D031171023**

Gowa, Juni 2022

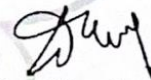
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I



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

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 : La Ode Abdurrahman Aziz
NIM : D031171023
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**“INVESTIGASI SECARA EKSPERIMEN PENGARUH DEADRISE
ANGLE 10° DAN STEPPED HULL BERBENTUK V TERHADAP
TAHANAN KAPAL CEPAT”**

Adalah karya tulisan saya sendiri, 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,....juni 2022

Yang Menyatakan,



La Ode Abdurrahman Aziz

ABSTRAK

Laode Abdurrahman Aziz/D031171023. "INVESTIGASI TAHANAN SECARA EKSPERIMEN KAPAL PLANING HULL DENGAN DEADRISE ANGLE 10 DERAJAT DAN BENTUK STEPPED V".

(Dibimbing oleh Dr. Eng. Suandar Baso ST.MT. dan Andi Dian Eka Anggriani, ST.,MT)

Perkembangan kapal cepat saat ini mendorong terjadinya berbagai modifikasi serta inovasi desain guna mendapatkan performa kapal cepat sesuai yang diinginkan saat berlayar. Modifikasi lambung atau *Hull* menjadi salah satu inovasi pada kapal cepat guna memenuhi kebutuhan tersebut. *Deadrise angle* dan penambahan *stepped* merupakan inovasi yang menggunakan prinsip dasar dari penggunaan *stepped* untuk mengurangi luas permukaan basah (*wetted surface area*) akibat turbulensi bagian bawah badan kapal. Variasi *deadrise angle* yang digunakan adalah 10 derajat berbentuk desain *Stepped V*. Adapun jumlah *Stepped* yang digunakan 1,2 dan 3 *Stepped*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *deadrise angle* terhadap nilai tahanan model kapal *Deadrise Angel 10* dengan bentuk *Stepped V* pada setiap kondisi trim berdasarkan analisis *software maxsurf*. Penelitian ini dilaksanakan melalui eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika kapal untuk mendapatkan kecepatan dan derajat trim model. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bagaimana pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan model kapal dengan menggunakan *deadrise Angel 10 Stepped V* pada setiap kecepatan yang berbeda. Berdasarkan analisa tahanan pada lambung *deadrise angle 10 derajat Stepped V* diperoleh nilai tahanan total kapal menurun seiring penambahan jumlah *Stepped* dan nilai tahanan total akan meningkat seiring dengan penambahan kecepatan, peningkatan kondisi trim kapal. Adapun persentase perbandingan nilai tahanan terhadap kecepatan antara tiap jumlah *stepped* yakni 62.80 %, 47.83 % 49.01 %. Lalu nilai persentase perbandingan tahanan dan Froude Number Volume yakni 76.06%, 65.49%, 53.39%, 48.8% dan 48.77%.

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

ABSTRACT

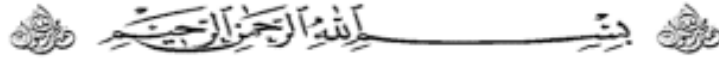
Laode Abdurrahman Aziz /D031171023. "EXPERIMENTAL RESISTANCE INVESTIGATION ON A PLANING HULL SHIP WITH A DEADRISE ANGLE OF 10 DEGREES AND A STEPPED V SHAPE".

(Supervised by Dr. Eng. Suandar Baso ST.MT. and Andi Dian Eka Anggriani, ST.,MT)

The development of high speed boat today encourages many modifications and design innovations to get the high speed boat performance as desired when sailing. Hull modification or Hull is one of the innovations in high speed boats to complete the requirement. Deadrise angle and stepped addition are innovations that use the basic principles of using stepped to reduce the area of wet surface (wetted surface area) due to turbulence of the lower part of the ship's body. The deadrise angle variation used is 10 degrees in the form of Stepped V design. The purpose of this study was to find out how much effect the deadrise angle had on the resistance value of the Deadrise Angel ship model 10 degrees v with stepped V shape on each trim condition based on maxsurf software analysis. This research was carried out through experiments conducted at the ship's Hydrodynamics laboratory to obtain the speed and degree of trim model. Based on the results obtained, it can be known how the effect of trim increase and its relationship with the ship model resistance by using deadrise Angel 10 degree Stepped V at each different speed. Based on the analysis of resistance on the deadrise angle hull of 10 degrees Stepped V, the total resistance value of the ship decreases with the increase in the number of Steppeds and the total resistance value will increase along with the increase in speed, improving the condition of the ship's trim. The percentage comparison of the resistance value to the speed between each stepped amount is 62.80%, 47.83 % 49.01 %. Then the percentage values for the comparison of resistance and Froude Number Volume are 76.06%, 65.49%, 53.39%, 48.8% and 48.77%.

Keywords : Planing Hull, Stepped, Deadrise Angle , Trim, Experiment, Resistance, Maxsurf Software.

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 SECARA EKSPERIMEN PENGARUH *DEADRISE ANGLE* 10° DAN *STEPPED HULL* BERBENTUK V TERHADAP TAHANAN KAPAL CEPAT “**. 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 Ari Asis M. dan Ibu Sitti Sohra atas kasih sayang, kesabaran, dukungan, pengorbanan dan doa yang selama ini telah diberikan kepada saya, serta terima kasih kepada keluarga besar atas sumbangsi dan dorongan yang telah diberikan.
2. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin sekaligus pembimbing 1 yang telah banyak memberikan bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis selama menjalani proses penelitian skripsi maupun pada saat menjalani perkuliahan ini.
3. Andi Dian Eka Anggriani, ST.,MT, selaku pembimbing 2 yang telah banyak memberikan bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik

penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

4. Bapak Ir. Lukman Bochary, MT ,dan Ibu Ir. Rosmani, MT selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
6. Seluruh staff Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu membantu segala administrasi selama kuliah.
7. Kepada adik-adik saya (Rahma, Nazwa, Farid, Ipong, dan Nadya) Terima kasih dan maaf yang sedalam-dalamnya atas perbuatan penulis sebagai kakak, semoga kalian selalu dalam lindungan Tuhan.
8. Kepada Teman- teman PERIZCOPE yang telah memberikan kenangan serta dedikasi sehingga penulis dapat sampai pada titik ini
9. Kepada teman-teman Program Studi Teknik Perkapalan Angkatan 2017, terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami bersama yang menjadikan penulis bisa tumbuh dewasa dalam pikiran dan perbuatan.
10. Kepada saudara-sodaraku anak-anak MEN’S terima kasih atas doa-doanya walaupun penulis tau bahwa kalian jarang berdoa.
11. Kepada saudara-sodaraku 6 Sekawan terima kasih atas motivasi dan sarannya kepada penulis selama ini dengan gaya bahasa yang sering menusuk hati.
12. Kepada saudara-sodaraku ANGKER09 yang paling zangar sekalia terima kasih telah menemani hari-hari penulis di kontrakan selama proses pengerjaan skripsi ini berlangsung, semoga mendapat tempat terbaik di sisi.
13. Kepada kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.
14. Kepada seluruh pihak terkait yang turut membantu baik langsung maupun tidak langsung saya ucapkan.
15. Dan terakhir kepada partner paling special saya dan support system terbaik saya, Andi Iqra Alwaini ST. Mungkin ungkapan terima kasih saya tidak cukup diucapkan dengan kata-kata.

Penyusun menyadari dengan sepenuh hati bahwa didalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kesalahan maupun kekurangan. Untuk itu peneliti memohon maaf dan meminta kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti sendiri maupun bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya.

Gowa, Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I 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 Planning Hull	7
2.4 <i>Stepped Hull</i>	9
2.5 Propulsi Kapal	12
2.6 Tahanan Kapal	13
2.6.1 Tahanan gesek (<i>Friction Resistance</i>)	13
2.6.2 Tahanan Sisa (<i>Residual Resistance</i>)	14
2.7 Trim Kapal	16
2.8 <i>Deadrise angle</i>	17
2.9 Hukum Perbandingan Model	17
2.9.1 Kesamaan Geometris	18
2.9.2 Kesamaan Kinematis	19
2.9.3 Kesamaan Dinamis	20
2.10 Metode Wyman	20
2.11 Tangki Percobaan (Towing Tank)	23

BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian	25
3.2 Jenis Penelitian.....	25
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	25
3.4 Metode Pengolahan Data	25
3.4.1 Kajian Pustaka	25
3.4.2 Data Kapal	26
3.4.3 Pembuatan Model Kapal	26
3.4.4 Pengujian Model.....	30
3.4.5 Matriks pengujian waktu	30
3.4.6 Matriks kebutuhan pengujian	31
3.4.7 SOP pengujian	34
3.5 Analisa Data.....	35
3.5.1 Analisa Kecepatan Dan Derajat Trim Model Kapal.....	35
3.5.2 Pengkondisian trim model kapal	35
3.6 Penarikan kesimpulan	40
3.7 Kerangka pemikiran.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Desain <i>Deadrise angle</i> 10° Dan <i>Stepped</i> Pada Kapal.....	42
4.2 Bentuk Model Kapal	43
4.3 Analisis Kecepatan Dan Trim Model Kapal <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat <i>Stepped V</i>	43
4.4 Perhitungan Tahanan Kapal Dengan Lambung <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat <i>Stepped V</i>	44
4.4.1 Perhitungan Tahanan Kapal dengan <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat dan 1 <i>Stepped V</i>	44
4.4.2 Perhitungan Tahanan Kapal Dengan <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat dan 2 <i>Stepped V</i>	49
4.4.3 Perhitungan Tahanan Kapal dengan <i>Deadrise angle</i> 10 derajat dan 3 <i>Stepped V</i>	53
4.5 Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal Untuk Setiap Kondisi <i>Stepped V</i>	57
4.5.1 Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal dan Kecepatan yang sama untuk Setiap Jumlah <i>Stepped V</i>	57

4.5.2 Perbandingan Nilai Tahanan Total Model Kapal Dan Nilai <i>Froude Number Volume</i> Yang Sama Untuk Setiap Jumlah <i>Stepped V</i>	58
4.6 Perbandingan Nilai Tahanan Model Kapal <i>Stepped V Deadrise Angle</i> 5 Derajat Dan Model Kapal <i>Stepped V Deadrise Angle</i> 10 Derajat Untuk Kecepatan Yang Sama Pada Setiap Jumlah <i>Stepped</i>	60
BAB V KESIMPULAN.....	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

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	= <i>Froude number volume</i>
Cw	= Koefisien Wyman
Cb	= Koefisien blok
Slr	= Rasio kecepatan dan panjang kapal
Pc	= Koefisien propulsif
η_{sb}	= Efisiensi poros dan baling – baling
η_r	= 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	= <i>Efficiency</i> Horse Power (HP)
Rt	= Tahanan total (Kn)
Lr	= Skala model
Lm	= Panjang model (m)
Lp	= Panjang Kapal (m)
Vm	= Kecepatan model (m/s)
Vp	= Kecepatan Kapal (m/s)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Alat dan Bahan	27
Tabel 3.2	Tabel Matriks Pengujian	31
Tabel 3.3	Matriks Kebutuhan Pengujian.....	34
Tabel 4.1	Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat dan 1 <i>Stepped V</i> Pada Maxsurf Resistance	45
Tabel 4.2	Tabel Nilai Tahanan Gesek dan Tahanan Sisa Model <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat dan <i>Step V</i> Pada Maxsurf Resistance	47
Tabel 4.3	Nilai Tahanan Gesek, Tahanan Sisa dan Koefisien Tahanan Model <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat dan 2 <i>Stepped V</i> Pada <i>Maxsurf Resistance</i>	49
Tabel 4.4	Nilai Tahanan Gesek, Tahanan Sisa dan Koefisien Tahanan Model <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat dan 2 <i>Stepped V</i> Pada Maxsurf Resistance.....	51
Tabel 4.5	Tabel Nilai Tahanan Model <i>Deadrise angle</i> 10 derajat dan 3 <i>stepped V</i> pada maxsurf resistance	53
Tabel 4.6	Nilai Tahanan gesek, Tahanan sisa dan Koefisien Tahanan Model <i>Deadrise angle</i> 10 Derajat dan 3 <i>Stepped V</i> Pada Maxsurf Resistance.....	55
Tabel 4.7	Nilai Tahanan Model Kapal dengan Lambung <i>Deadrise angle</i> 10 derajat untuk Setiap Variasi Jumlah <i>Stepped V</i> untuk Kecepatan yang Sama	57
Tabel 4.8	Nilai Tahanan Model Kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>stepped V</i> , 2 <i>stepped V</i> , dan 3 <i>stepped V</i> untuk nilai Froude Number yang Sama	58
Tabel 4.9	Perbandingan Koefisien Tahanan Kapal <i>Stepped V</i> Maxsurf dan Eksperimen untuk setiap jumlah <i>stepped</i> dengan nilai Kecepatan yang sama.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lambung Kapal Cepat.....	6
Gambar 2.2	Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori <i>displacement hull</i> , <i>planning hull</i> , <i>semi-planning hull</i>	7
Gambar 2.3	Tipe <i>Planning Hull</i>	8
Gambar 2.4	<i>Deadrise angle</i> pada kapal <i>planning hull</i>	9
Gambar 2.5	Visualisasi Kapal dengan <i>Stepped</i>	11
Gambar 2.6	Kapal dengan Lambung bertangga.....	11
Gambar 2.7	Grafik rasio Hambatan/Displasmen dan sudut trim terhadap Kecepatan	12
Gambar 2.8	<i>Propulsi kapal</i>	12
Gambar 2.9	Kapal Kondisi <i>Even Keel</i>	16
Gambar 2.10	Kapal Kondisi <i>Trim by Stern</i>	16
Gambar 3.1	Lines Plan Kapal pada Software Autocad	26
Gambar 3.2	Peletakan <i>Stepped</i> pada Software Autocad	27
Gambar 3.3	Proses Pengaplikasian Serat Met ke Badan Kapal	28
Gambar 3.4	Pengamplasan model kapal	29
Gambar 3.5	Penggambaran garis sarat dan section model.....	29
Gambar 3.6	Menghubungkan alat penggerak.....	29
Gambar 3.7	ESC (Elektronic speed control)	31
Gambar 3.8	Remote Control	32
Gambar 3.9	Receiver 32.....	32
Gambar 3.10	Baterai 5000 mAh.....	32
Gambar 3.11	Motor DC brushless.....	33
Gambar 3.12	Propeller 3 blade.....	33
Gambar 3.13	Shaft dan Universal Joint.....	33
Gambar 3.14	Tampilan menu "Surface"	36
Gambar 3.15	Tampilan menu "Rotate Surface".....	36
Gambar 3.16	Tampilan Profile model kapal pada kondisi trim	37

Gambar 3.17	Tampilan pemilihan Surface.....	37
Gambar 3.18	Tampilan Menu “Analysis”	38
Gambar 3.19	Tampilan pemilihan metode, kecepatan dan effeciency.....	38
Gambar 3.20	Tampilan Calculate Free Surface	39
Gambar 3.21	Data hasil perhitungan nilai tahanan	39
Gambar 3.22	Kurva nilai tahanan.....	40
Gambar 3.23	Diagram alir penelitian	41
Gambar 4.1	<i>Linesplan</i> kapal pada <i>autocad</i> hasil import ke <i>dx</i> f.....	42
Gambar 4.2	Pemodelan 3 dimensi kapal penumpang cepat SS 44	42
Gambar 4.3	Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal 1 <i>Stepped V</i>	43
Gambar 4.4	Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal 1 <i>Stepped V</i>	43
Gambar 4.5	Tampak Bawah dan Tampak Samping Model Kapal 1 <i>Stepped V</i>	43
Gambar 4.6	Pengukuran Trim Model Kapal	44
Gambar 4.7	Kondisi Trim 2,1899 derajat model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>stepped V</i> kecepatan 2.123 m/s.....	45
Gambar 4.8	Permukaan luas bidang basah dan pola aliran air pada kondisi Trim 2,1899 derajat model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>Stepped V</i> dengan kecepatan 2.123 m/s.....	45
Gambar 4.9	Kurva trim model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>Stepped V</i> untuk tiap variasi kecepatan.....	46
Gambar 4.10	Kurva nilai tahanan total untuk setiap variasi kecepatan model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>stepped V</i>	46
Gambar 4.11	Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>stepped V</i>	47
Gambar 4.12	Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>stepped V</i> ..	48
Gambar 4.13	Kurva nilai koefisien tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>stepped V</i>	48
Gambar 4.14	Kondisi Trim 2,61 derajat model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 2 <i>Stepped V</i> dengan kecepatan 2,169 m/s.....	49

Gambar 4.15	Permukaan luas bidang basah dan pola aliran air pada kondisi Trim 2,61 derajat model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 2 <i>Stepped V</i> dengan kecepatan 2,169 m/s	49
Gambar 4.16	Kurva trim model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 2 <i>stepped V</i> untuk setiap variasi kecepatan.....	50
Gambar 4.17	Kurva nilai tahanan untuk setiap variasi kecepatan model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 2 <i>stepped V</i>	50
Gambar 4.18	Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 2 <i>stepped V</i>	51
Gambar 4.19	Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 2 <i>stepped V</i> ..	52
Gambar 4.20	Kurva nilai koefisien tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 2 <i>stepped V</i>	52
Gambar 4.21	Kondisi Trim 2,1941 derajat model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 3 <i>Stepped V</i> dengan kecepatan 2.132 m/s.....	53
Gambar 4.22	Permukaan luas bidang basah dan pola aliran air kondisi Trim 2,1941 derajat model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 3 <i>Stepped V</i> dengan kecepatan 2.132 m/s	53
Gambar 4.23	Kurva trim model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 3 <i>stepped V</i> untuk setiap variasi kecepatan.....	54
Gambar 4.24	Kurva tahanan terhadap kecepatan model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 3 <i>stepped V</i>	54
Gambar 4.25	Kurva tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 3 <i>stepped V</i>	55
Gambar 4.26	Kurva nilai tahanan gesek dan tahanan sisa untuk setiap kondisi trim model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 3 <i>stepped V</i> ..	56
Gambar 4.27	Kurva nilai koefisien tahanan terhadap <i>Froude number volume</i> model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 3 <i>stepped</i>	56
Gambar 4.28	Kurva nilai tahanan model kapal <i>deadrise angle</i> 10 derajat dengan 1 <i>stepped V</i> , 2 <i>stepped V</i> , 3 <i>stepped V</i> untuk variasi kecepatan yang Sama.	57

- Gambar 4.29 Kurva nilai tahanan model kapal *deadrise angle* 10 derajat dengan 1 *stepped V*, 2 *stepped V*, 3 *stepped V* untuk Setiap Nilai *Froude number volume* yang Sama 59
- Gambar 4.30 Perbandingan Nilai Tahanan Terhadap Kecepatan Pada Tiap Jumlah *Stepped* pada *Deadrise angle* 5 derajat dan 10 derajat 61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki elektabilitas tinggi khususnya di Indonesia. Hal ini mengingat Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di Dunia dengan jumlah pulau yang mencapai ribuan dan dipisahkan oleh perairan yang luas. Sehingga diperlukannya jaringan transportasi laut yang dapat menghubungkan pulau-pulau tersebut.

Salah satu masalah yang di hadapi dalam perencanaan kapal yakni menyangkut tahanan serta kecepatan kapal yang harus sesuai permintaan. Oleh karena itu banyak bermunculan inovasi kapal cepat yang didesain dengan spesifikasi untuk dapat mengatasi masalah tersebut. Tahanan kapal diperhitungkan sebagai salah satu faktor penentu mesin yang akan digunakan untuk mengatasi besaran tahanan sehingga kecepatan kapal dapat tercapai. Untuk perencanaan lambung kapal cepat itu sendiri terdiri atas 3 jenis yaitu; *Planing Hull*, *Displacement Hull*, dan *Semi Displacement*. Namun pada umumnya masih jarang perencanaan lambung kapal yang menggunakan *deadrise angle* sehingga menarik untuk diketahui perbedaan atau dampak dalam kaitannya terhadap perencanaan lambung kapal ini.

Kapal dengan lambung *Planing Hull* umumnya merupakan kapal berkecepatan tinggi yang biasa 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 yang muncul, memicu banyak perkembangan serta modifikasi terhadap lambung kapal, pemilihan mesin dan *propulsor*. Salah satu perkembangan terhadap lambung yaitu *stepped hull* hal ini untuk efisiensi dan efektifitas terhadap performa kapal.(Sandiary dkk, 2019).

Berdasarkan penelitian sebelumnya. Dibuat investigasi pengaruh tahanan kapal pada kapal *Semi Planning 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 “Investigasi Secara Eksperimen Pengaruh *Deadrise Angle* 10 Derajat dan *Stepped Hull* Bentuk V Terhadap Tahanan Kapal Cepat”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat kita kaitkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sejauhmana pengaruh bentuk lambung kapal *planing hull* dengan *deadrise angle* 10 derajat dan varisai jumlah *stepped hull* berbentuk V terhadap Tahanan kapal.
2. Seberapa besar perubahan nilai tahanan yang terjadi akibat pengaruh *deadrise* 10 derajat dan *stepped hull* berbentuk V pada kecepatan kapal di berbagai kondisi kecepatan melalui pengujian model.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat kita kaitkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi jumlah *stepped* yaitu: 1 *stepped*, 2 *stepped*, dan 3 *stepped*.
2. Data yang diambil melalui pengujian model adalah kecepatan dan waktu.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan pengaruh *deadrise* 10 derajat dan *stepped hull* berbentuk V terhadap tahanan kapal melalui pengujian model.
2. Menentukan besar perubahan nilai tahanan yang terjadi akibat pengaruh *deadrise* 10 derajat dan *stepped hull* berbentuk V pada kecepatan kapal di berbagai kondisi kecepatan melalui pengujian model.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi mengenai pengaruh *deadrise angel* 10 derajat dan *stepped hull* berbentuk V terhadap tahanan kapal melalui pengujian model
2. Sebagai bahan masukan dalam mendesain kapal cepat.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam Bab I akan dijelaskan latar belakang dari penelitian sehingga termuatkan beberapa rumusan masalah, tujuan, dan manfaat

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab II bermuatkan literatur-literatur mengenai teori yang berkaitan dalam Batasan penelitian, dan literatur ini yang menunjang pembahasan dan digunakan sebagai dasar pemikiran penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Dalam Bab III 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 IV 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 V 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)

Dalam jurnal Rosmani (2013) 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 adalah:

$$P = R.V$$

$$P = k. V^3$$

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

2.2 Karakteristik Kapal Cepat

Kapal cepat adalah kapal dengan kecepatan operasi maksimum diatas 30 knot, mengingat banyaknya ragam karakteristik hidrostatis kapal dengan menggunakan *Froude number* (Fn), maka kapal dengan Fn diatas 0,4 atau *submerged hull* (lambung tercelup) masih tergolong sebagai kapal cepat seperti kapal *conventional monohull* dan *catamaran*. (Habib Zubaer, Untung Budiarto, Muhammad Iqbal, 2018)

Dalam jurnal Rosmani (2013), Karakteristik *high speed craft* dipengaruhi *Froude number*-nya. *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:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g} \times L}$$

Dimana:

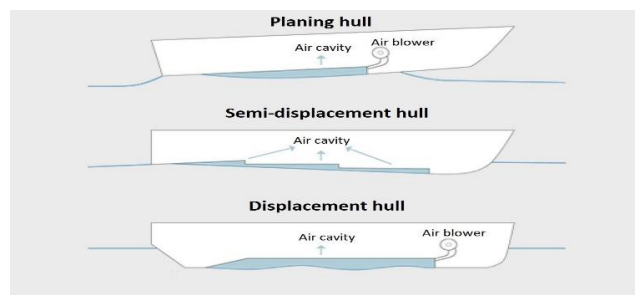
- Fn = *Froude Number*
- V = Kecepatan (m/s)
- g = Percepatan Gravitasi (m/s²)
- L = Panjang kapal

Berdasarkan Fn-nya kapal cepat dibagi dalam 3 jenis, yaitu :

- 1) *Displacement Vessel* (Fn<0,4)
- 2) *Semi-Displacement Vessel* (0,4-0,5 <Fn< 1,0-1,2)
- 3) *Planing hull/Vessel*((Fn>1,0-1,2)

Baird (1998), mengelompokkan batasan besaran angka Froude berdasarkan tipe lambung kapal (dapat dilihat pada Gambar 2.1) dibawah ini:

- | | |
|---------------------------|--|
| $Fn > 0.4-0.5$ | <i>Displacement</i> |
| $0.4-0.5 > Fn > 1.0 -1.2$ | <i>Semi displacement</i> |
| $Fn > 1.0 -1.2$ | <i>Planning hull/vessel (lambung planning)</i> |

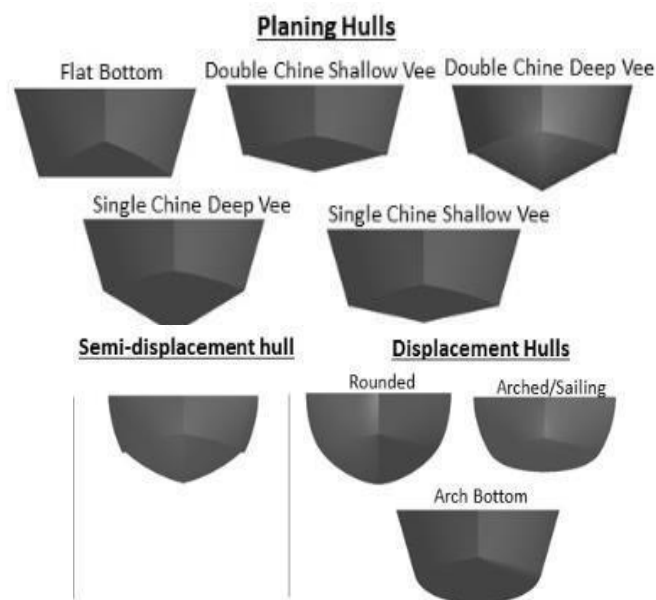


Gambar 2.1 Lambung Kapal Cepat
 Sumber: (<https://mboat.eu/displacement-hull/>)

2.3 Planning Hull

Kapal *planning hull* 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 *planning hull* untuk rentang kecepatan tinggi. Bentuk-bentuk tersebut disajikan pada Gambar 2.2 berikut.



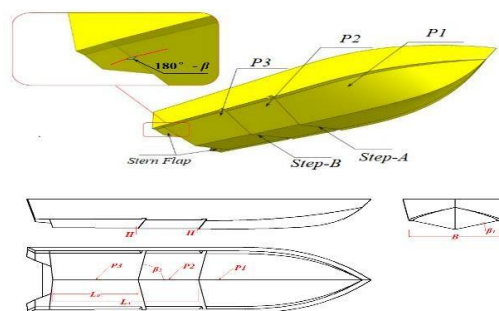
Gambar 2.2 Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori *displacement hull*, *planning hull*, *semi-planning hull*

Sumber : Sharoz khan, 2017

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

Menurut A. Haris Muhammad (2009), 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* (*flyingboat*) 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).

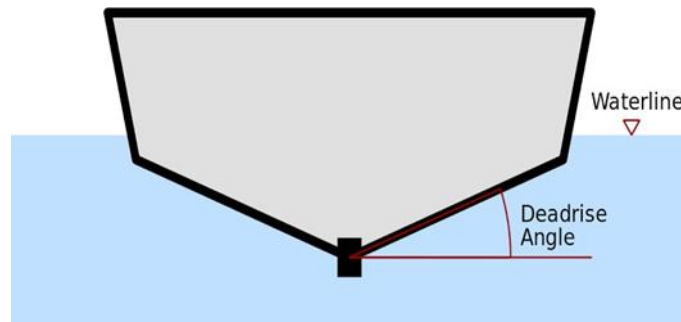
Dapat dilihat pada Gambar 2.3 Tipe *Planning Hull* sebagai berikut;



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

Gambar 2.3 Tipe *Planning Hull*

Kapal tipe Lambung *Planning Hull* ini memiliki *Deadrise Angle*. *Deadrise angle* adalah besar sudut kemiringan pelat dasar kapal terhadap sumbu horizontal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 *Deadrise angle* pada kapal *planning hull*

Sumber : Putranto T,2016.

2.4 *Stepped Hull*

Stepped Hull atau Lambung Bertangga adalah konfigurasi alternatif untuk *planning hull* dengan kecepatan yang biasanya tinggi. *Stepped Hull* memiliki diskontinuitas melintang yang terletak di beberapa titik pada belakang pusat gravitasi kapal dan pusat tekanan. Lokasi dari peletakan diskontinuitas membujur transversal atau tangga ini sangat penting. Untuk memahami alasan di balik desain *Stepped Hull*, seseorang harus memahami prinsip-prinsip hidrodinamika *planning hull*. Saat sebuah kapal melaju, lambung bawah kapal awalnya akan memotong permukaan air pada suatu titik yang disebut titik stagnasi. Untuk kapal dengan *deadrise*, garis stagnasi ini akan memotong ke belakang sampai berpotongan dengan *hard chine* kedua sisi, pada titik dimana aliran tersebut akan terpisah. Bagian yang tepat di belakang garis stagnasi ini yakni bagian bawah lambung kapal, menghasilkan persentase trim yang sangat besar.

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

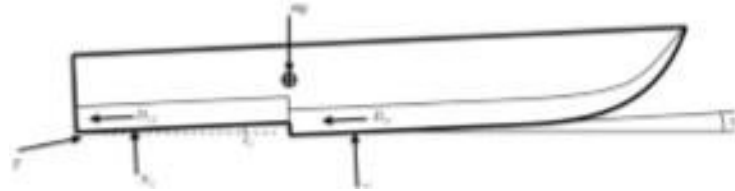
Stepped Hull adalah konfigurasi pada lambung kapal yang bertujuan untuk mengurangi jumlah permukaan lambung yang tercelup air, konfigurasi ini biasa berbentuk mirip “V”. *Stepped Hull* memiliki bukaan yang besar pada sisi outboard pada lambung untuk memberikan rongga udara yang bertujuan untuk men ke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

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

Seiring dengan meningkatnya modifikasi kapal cepat, meningkat pula resistensi yang disebabkan oleh gelombang yang signifikan, sehingga pembuatan kapal membutuhkan kritisasi dan efektifitas yang tinggi. Desain dan analisis prosedur diperlukan untuk kapal berkecepatan tinggi dikarenakan kinerja dan karakter kecepatan tinggi menjadi sangat penting di beberapa bidang yang dibutuhkan. Oleh karena itu, diperlukan untuk membuat strategi perancangan

bentuk lambung dalam rangka mengurangi hambatan kapal. Stepped hull merupakan modifikasi bentuk lambung berupa *stepped* melintang yang ditempatkan pada bawah lambung bagian *Midship* kapal. *Stepped hull* 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. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)

Berikut Visualisasi dan Gambar dari kapal dengan stepped atau lambung bertangga yang dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Visualisasi Kapal dengan *Stepped*

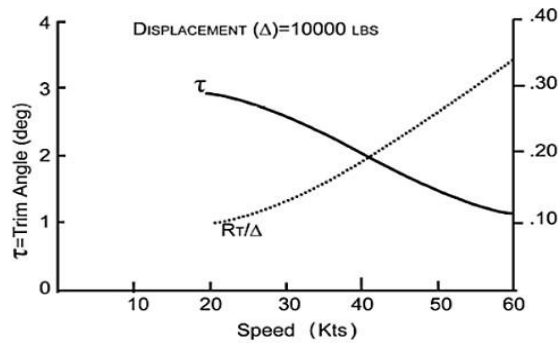
Sumber : Febrian C K,2018



Gambar 2.6 Kapal dengan Lambung Bertangga

Sumber : Febrian C K,2018.

Pada kapal cepat dengan modifikasi *stephull*, sudut trim dari kapal *Monohull Planning* akan berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan sedangkan rasio hambatan/displasemen akan bertambah seiring dengan meningkatnya kecepatan. (Habib Zubaer, Untung Budiarto, Muhammad Iqbal, 2018)



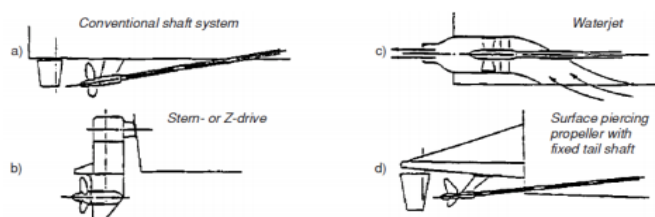
Gambar 2.7 Grafik Rasio Hambatan/Displasmen dan Sudut Trim Terhadap Kecepatan

Sumber : Zubaer,2018.

Dari hasil jurnal tentang analisa posisi stephull, posisi yang paling optimal adalah terletak pada bagian midship kapal karena memiliki nilai hambatan yang lebih rendah dibandingkan dengan posisi stephull yang berada 2-4 frame di depan midship kapal atau yang lebih kearah haluan. .

2.5 Propulsi Kapal

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 sistem propulsi yang dimaksud tersebut sebagaimana dilihat pada Gambar 2.8. (Haris & Alham. 2013)



Gambar 2.8 Propulsi Kapal

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

Batasan penggunaan tipe propulsi berdasarkan *displacement* dan kecepatan :

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

2.6 Tahanan Kapal

Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Sedangkan suatu tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya dan karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya hidrodinamika. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air. (Rosmani, A. Haris Muhammad, Muh. Algan, 2013)

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

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

2.6.1 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. 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 Reynold (*Reynold's number*, R_n)

$$R_n = \frac{V \cdot L}{\nu}$$

- Koefisien gesek (*friction coefficient*, C_f)

Merupakan formula dari ITTC

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

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

$$S_{lr} = \frac{V_s}{\sqrt{L}}$$

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

2.6.2 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-making 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 (*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.

4. Tahanan Pola Gelombang (*Wave Pattern Resistance*)

Tahanan pola gelombang adalah komponen tahanan yang disimpulkan dari hasil pengukuran elevasi gelombang yang jauh dari model kapal; dalam hal ini medan kecepatan bawah permukaan (*subsurface velocity field*), yang berarti momentum fluida, dianggap dapat dikaitkan dengan pola gelombang dengan memakai teori linier. Tahanan yang disimpulkan demikian itu tidak termasuk tahanan pemecahan gelombang (*wave breaking resistance*).

5. Tahanan Tekanan (*Pressure Resistance*)

Tahanan tekanan adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegralakan tegangan normal keseluruhan permukaan kapal menurut arah gerakan kapal.

6. Tahanan Tekanan Viskos (*Viscous Pressure Resistance*)

Tahanan tekanan viskos adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegralkan komponen tegangan normal akibat viskositas dan turbulensi. Kuantitas ini tidak dapat diukur langsung, kecuali untuk benda yang terbenam seluruhnya, dalam hal ini sama dengan tahanan tekanan.

7. Tahanan tambahan (*Added Resistance*)

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan

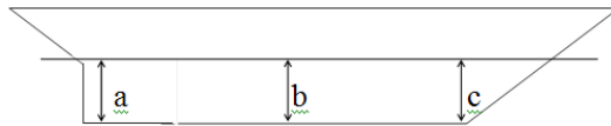
kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi.

Komponen Tahanan tambahan terdiri dari :

- Tahanan anggota badan (*Appendages Resistance*); Yaitu tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi dan sebagainya.
- Tahanan kekasaran; yaitu terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada badan kapal, dan tumbuhan laut.
- Hambatan kemudi (*Steering Resistance*); yaitu akibat pemakaian kemudi mengakibatkan timbulnya hambatan kemudi.

2.7 Trim Kapal

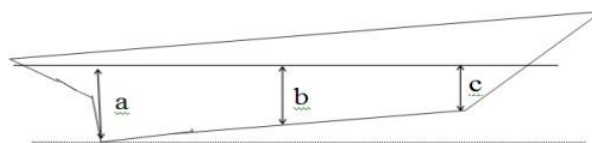
Trim adalah perbedaan antara draft depan dan draft belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Bila muatan lebih berat di bagian depan disebut trim depan (*trim by the head*), kemudian bila lebih berat di belakang disebut trim belakang (*trim by the stern*). Dan apabila draft belakang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



Gambar 2.9 Kapal Kondisi *Even Keel*.

Sumber: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2015.

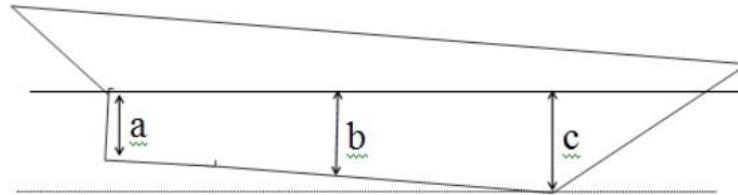
Pada Gambar 2.9 diatas menunjukkan kapal *even keel* yaitu draft depan sama dengan draft belakang ($a = c$) dimana $b = \frac{(a+b)}{2}$, hanya terjadi bilamana kapaltidak hogging atau sagging.



Gambar 2.10 Kapal Kondisi *Trim by Stern*

Sumber: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2015.

Dapat dilihat pada Gambar 2.10 menunjukkan kapal *trim by stern* yaitu draft belakang lebih besar dari draft depan ($a \neq c$).



Gambar 2.11 Kapal Kondisi *Trim by Head*.

Sumber: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2015.

Dapat dilihat pada Gambar 2.11 diatas menunjukkan kapal *trim by Head* yaitu draft balakang lebih kecil dari draft depan ($a \neq c$).

2.8 *Deadrise angle*

Kapal dengan bentuk lambung *deadrise angle* adalah salah satu bentuk lambung dari jenis lambung planing hull. Kapal dengan tipe ini merupakan salah satu jenis kapal yang mempunyai tingkat efisien 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 jumlah tahanan air yang ditanggung juga kecil (D. Savitsky, 1964)

2.9 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 :

Kesamaan geometris

Kesamaan kinematis

Kesamaan dinamis

2.9.1 Kesamaan Geometris

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 :

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

2) HARVALD:

$$B_m < \frac{1}{10} B \text{ tangki } T_m < \frac{1}{10} T \text{ tangki}$$

3) UNIVERSITY OF NEW CASTLE :

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

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

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

2.9.2 Kesamaan Kinematis

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.

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

Atau

$$\frac{V_m}{\sqrt{gL_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{gL_s}}$$

Dimana :

F_n = angka Froude / Froude number

L_s = panjang kapal (m)

L_m = panjang model (m)

V_s = kecepatan kapal (m/s)

V_m = kecepatan model (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

2.9.3 Kesamaan Dinamis

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.

$$R_n = \frac{vL}{\nu}$$

Atau

$$\frac{v_m L_m}{\nu} = \frac{v_s L_s}{\nu}$$

Dimana

- Rn = angka reynold
- Ls = panjang kapal (m)
- Lm = panjang model (m)
- Vs = kecepatan kapal (m/s)
- Vm = kecepatan model (m/s)
- ν = viskositas kinematis fluida (m²/s)
= 1,1883 x 10⁻⁶ (m²/s)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/s)

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

2.10 Metode Wyman

Dalam Muthahhar (2021) menyatakan bahwa Formula universal yang digunakan untuk menghitung hambatan lambung mode lambung planning 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. Beliau pernah mengenyam pendidikan di US Merchant Marine Academy dan saat ini menjadi tenaga pengajar di *Marine Maritime Academy* (Eric W. Sponberg, 2010). Koefisien Wyman dijabarkan sebagai berikut :

$$C_w = 0,8 + \left(0,7 \times \frac{v}{\sqrt{L_{wl}}} \right)$$

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)
- C_w : Koefisien Wyman
- L_{wl} : 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)

η_s : Efisiensi poros

η_b : Efisiensi baling-baling

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

$$EHP = DHP \times P_c$$

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

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

Dimana :

η_{rr} : Efisiensi relatif rotatif (1,02-1,05)

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

η_h : Efisiensi lambung kapal

Dan untuk mencari η_h

$$\eta_h = 1 - t \cdot 1 - w$$

Dimana :

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

w : *Wave 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:

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

Dimana :

EHP : *Effective Horse Power*

V : Kecepatan

2.11 Tangki Percobaan (Towing Tank)

Menurut Djabbar M.Alham dan Rosmani, (2011) bahwa 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*). Adapun dapat dilihat kondisi dari *towing tank* pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Towing Tank Departemen Teknik Perkapalan, Universitas Hasanuddin.