

**INVESTIGASI TAHANAN KAPAL *PLANNING HULL* DENGAN
STEPPED BENTUK *2U* DAN *DEAD RISE ANGLE 5 DEGREE*
MENGUNAKAN *AUTODESK COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***

SKRIPSI

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



KEVIN ADHITYA DA LOPEZ

D3116315

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA 2023

LEMBAR PENGESAHAN

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

Judul Skripsi :

INVESTIGASI TAHANAN KAPAL *PLANNING HULL* DENGAN *STEPPED* BENTUK 2U DAN *DEAD RISE ANGLE 5 DEGREE* MENGGUNAKAN *AUTODESK COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

Disusun Oleh :

**KEVIN ADHITYA DA LOPEZ
D311 16 315**

Gowa, Januari 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Prof. Ir. Mansyur Hasbullah, M.Eng

Nip. 19490814 197903 1 002

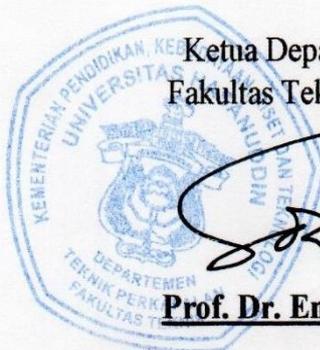
Pembimbing II

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

Nip. 19850526 201212 2 002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



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

Nip. 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : KEVIN ADHITYA DA LOPEZ

NIM : D31116315

Program Studi : TEKNIK PERKAPALAN

Jenjang : S1 (STRATA SATU)

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

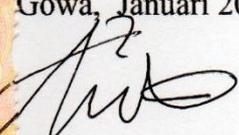
**“INVESTIGASI TAHANAN KAPAL *PLANNING HULL* DENGAN
STEPPED BENTUK 2U DAN *DEAD RISE ANGLE 5 DEGREE*
MENGUNAKAN *AUTODESK COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil kerja saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.



Gowa, Januari 2023


Kevin Adhitya Da Lopez

ABSTRACT

Kevin Adhitya Da Lopez / D31116315. ” *INVESTIGATION OF SHIP PLANNING HULL RESISTANCE WITH STEPPED SHAPE 2U AND DEAD RISE ANGLE 5 DEGREE USING AUTODESK COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* ”. (Supervised by Mansyur Hasbullah and A. Ardianti)

The main principle use of the Stepped planing hull is (wetted surface area) because emergence turbulence under the hull , and will add power Press to the (lifting force), so that with alone will reduce resistance and raise efficiency . The addition of the Deadrise angle to the stepped hull is variation new research. This thing proved with the more tall trim degree then Mark ship resistance will reduce caused by long reduced waterline though with the same speed . Data processing in research this use Maxsurf Modeler software help , Rhinoceros 6 for do modeling ships and boundary layers, as well as Autodesk CFD application for perform the simulation process . model resistance ship experience drop in accordance with addition number of stepped on the same F_nV . The use of stepped is very influence ship resistance , where the more increase number of stepped 2U then the more the resistance are also small Thing this influenced by area field wet a model, the more fast something Genre fluid the more there 's a lot of pressure going on so that result in power lift and minimize wide field soaked wet . Best Resistance is a 3 stepped 2U model which can reduce resistance the biggest ship that is by 87,208% compared to variation another stepped number on the same froud number .

Keywords : Semi - Planing Hull, Stepped, Ship Trim , ship Resistance , Numerical Method

ABSTRAK

Kevin Adhitya Da Lopez / D31116315. ” **INVESTIGASI TAHANAN KAPAL PLANNING HULL DENGAN STEPPED BENTUK 2U DAN DEADRISE ANGLE 5 DERAJAT MENGGUNAKAN AUTODESK COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS** ”. (Dibimbing oleh Mansyur Hasbullah dan A. Ardianti)

Prinsip dasar dari penggunaan lambung bertangga (Stepped planing hull) ialah mengurangi luas permukaan basah (wetted surface area) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal, dan akan menambah daya tekan keatas kapal (lifting force), sehingga dengan sendirinya akan mengurangi tahanan dan menaikkan efisiensi. Penambahan Deadrise angle pada stepped hull merupakan variasi baru yang dilakukan pada penelitian ini. Hal ini dibuktikan dengan semakin tinggi derajat trim maka nilai tahanan kapal akan berkurang disebabkan oleh panjang garis air yang berkurang pula walaupun dengan kecepatan yang sama. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan bantuan software Maxsurf Modeler, Rhinoceros 6 untuk melakukan pemodelan kapal dan boundary layer, serta aplikasi Autodesk CFD untuk melakukan proses simulasi. Tahanan model kapal mengalami penurunan sesuai dengan penambahan jumlah stepped pada F_nV yang sama. Penggunaan stepped sangat mempengaruhi tahanan kapal, dimana semakin bertambah jumlah stepped 2U maka semakin kecil pula tahanan yang didapatkan hal ini dipengaruhi oleh luas bidang basah suatu model, semakin cepat suatu aliran fluida semakin besar pula tekanan yang terjadi sehingga mengakibatkan daya angkat dan meminimalisir luas bidang basah yang tercelup. Tahanan terbaik adalah model 3 stepped 2U yang dapat mereduksi tahanan kapal paling besar yaitu sebesar 87,208% dibanding variasi jumlah stepped lainnya pada froud number yang sama.

Kata Kunci: Semi Planing Hull, Stepped, Trim Kapal, Tahanan Kapal, Metode Numerik

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu,

ALHAMDULILLAH, segala puji dan syukur kepada Allah SWT, atas limpahan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul

STUDI TAHANAN KAPAL CEPAT AKIBAT PENGARUH BENTUK BENTUK *STEPPED 2U* DAN *DEADRISE ANGLE 5* DERAJAT MENGGUNAKAN *AUTODESK CFD*

Pengerjaan tugas akhir ini merupakan 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. Kepada orang tua tercinta. Yang selalu mendoakan, menyemangati, dan mendanai penulis selama masa perkuliahan lagi tidak henti-hentinya memberikan wejangan tentang kehidupan baik yang sudah dilalui maupun belum dilalui.
2. Bapak Prof. Ir. Mansyur Hasbullah, M.Eng. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr.Eng. Andi. Ardianti S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah senantiasa sabar mengarahkan serta membimbing dan mendidik penulis dalam pengerjaan skripsi ini.

3. Kepada bapak Akbar Asis S.T., M.T, serta bapak Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran sehingga laporan ini bisa terselesaikan.
4. Kepada Ibu Ir. Hj. Rosmani, M.T., Ibu A.Dian Eka S.T., M.T., Bapak Ir. Lukman Bochary., M.T., Bapak Akbar Asis S.T., M.T. selaku dosen laboratorium hidrodinamika.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T. Selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin
6. Bapak Wahyuddin, S.T.,M.T. selaku Penasehat Akademik yang selalu membimbing dan mendidik penulis selama masa perkuliahan ini.
7. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
8. Seluruh staff Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kesabarannya selama penulis mengurus segala persuratan di kampus.
9. Kepada teman-teman Program Studi Teknik Perkapalan Angkatan 2016 terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami bersama yang menjadikan penulis bisa tumbuh dewasa dalam pikiran dan perbuatan.
10. Kepada keluarga besar da lopez yang selalu ada dikala gundah gulana.
11. Kepada teman-teman sepermainan yang kadang ada dan kadang tidak tapi selalu mensupport dan menyemangati penulis agar selalu melanjutkan penelitian ini.
12. Kepada kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.
13. Kepada bapak kos yang telah memberi saya tenggat waktu lebih lama agar dapat membayar kos, baik dicicil maupun secara kontan.
14. 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.

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, Januari 2023



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRACT	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Kapal	6
2.2 Kapal cepat	8
2.3 Stepped Hull	10
2.4 Tahanan Kapal.....	13
2.5 Trim kapal	16
2.6 Deadrise Angle	17
2.7 Autodesk CFD	18
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.....	21
3.4.1 Data Kapal.....	21
3.4.2 Pemodelan Kapal Cepat dengan <i>Deadrise Angle</i> dan <i>Stepped Hull</i>	22
3.4.3 Pemodelan Ulang Menggunakan Rhinoceros 6	27

3.4.4	Simulasi CFD (Computational Fluid Dynamic).....	30
3.4.5	Konvergen	35
3.4.6	Analisa Data	35
3.4.7	Kesimpulan.....	35
3.5	Kerangka Pemikiran	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Visualisasi Velocity Magnitude dan Static Pressure	37
4.1.1	Velocity Magnitude.....	37
4.1.2	Static Pressure.....	45
4.2	Nilai Residual In dan Residual Out	52
4.3	Prediksi Tahanan Model Kapal	53
BAB V PENUTUP.....		58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN.....		61

DAFTAR NOTASI

Loa	= Panjang keseluruhan kapal (m)
Lbp	= Panjang kapal dari Ap hingga Fp
Lwl	= Panjang garis air kapal (m)
B	= Lebar Kapal (m)
T	= Sarat Kapal (m)
H	= Tinggi Kapal (m)
D	= Displasment (Ton)
v	= Kecepatan kapal (knot)
g	= percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
Rn	= Angka Reynold
Fn	= Angka <i>Froude</i>
FnV	= Froud <i>Number Volume</i>
Cw	= Koefisien waterline
Cb	= Koefisien blok
Slr	= Rasio kecepatan dan panjang kapal
Pc	= Koefisien propulsif
Rt	= Tahanan total (Kn)
Lr	= Skala model
Lm	= Panjang model (m)

V_m = Kecepatan model (m/s)

V_p = Kecepatan Kapal (m/s)

V = Volume (m^3)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal satu stepped 2U kecepatan 2.105 m/s dengan trim 2.579°	37
Gambar 4.2 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal satu stepped 2U kecepatan 2.941 m/s dengan trim 3.73°	38
Gambar 4.3 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal satu stepped 2U kecepatan 4.065 m/s dengan trim 4.092°	39
Gambar 4.4 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal dua stepped 2U kecepatan 2.227 m/s dengan trim 2.87°	40
Gambar 4.5 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal dua stepped 2U kecepatan 3.559 m/s dengan trim 4.117°	41
Gambar 4.6 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal dua stepped 2U kecepatan 4.464 m/s dengan trim 4.197°	41
Gambar 4.7 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal tiga stepped 2U kecepatan 2.105 m/s dengan trim 2.941°	43
Gambar 4.8 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal tiga stepped 2U kecepatan 3.021 m/s dengan trim 3.983°	43
Gambar 4.9 Visualisasi velocity magnitude planes model kapal tiga stepped 2U kecepatan 3.759 m/s dengan trim 4.696°	44
Gambar 4.10 Visualisasi static pressure model kapal satu stepped 2U kecepatan 2.105 m/s dengan trim 2.579°	46
Gambar 4.11 Visualisasi static pressure model kapal satu stepped 2U kecepatan 2.941 m/s dengan trim 3.73°	46
Gambar 4.12 Visualisasi static pressure model kapal satu stepped 2U kecepatan 4.065 m/s dengan trim 4.092°	47
Gambar 4.13 Visualisasi static pressure model kapal dua stepped 2U kecepatan 2.227 m/s dengan trim 2.87°	48
Gambar 4.14 Visualisasi static pressure model kapal dua stepped 2U kecepatan 3.559 m/s dengan trim 4.117°	48
Gambar 4.15 Visualisasi static pressure model kapal dua stepped 2U kecepatan 4.464 m/s dengan trim 4.197°	49

Gambar 4.16 Visualisasi static pressure model kapal tiga stepped 2U kecepatan 2.105 m/s dengan trim 2.941°	50
Gambar 4.17 Visualisasi static pressure model kapal tiga stepped 2U kecepatan 3.021 m/s dengan trim 3.983°	50
Gambar 4.18 Visualisasi static pressure model kapal tiga stepped 2U kecepatan 3.759 m/s dengan trim 4.696°	51
Gambar 4.19 Grafik froud number volume (FnV) dan tahanan model kapal satu stepped 2U	54
Gambar 4.20 Grafik froud number volume (FnV) dan tahanan model kapal dua stepped 2U	54
Gambar 4.21 Grafik froud number volume (FnV) dan tahanan model kapal tiga stepped 2U	54
Gambar 4.22 Grafik froud number volume (FnV) dan tahanan model kapal tanpa stepped	54
Gambar 4.23 Perbandingan grafik hubungan antara froude number volume (FnV) dan tahanan antara model kapal tanpa stepped dan menggunakan stepped 2U	54
Gambar 4.24 Grafik hubungan antara froude number volume (FnV) dan tahanan per model kapal stepped 2U	57

DAFTAR TABEL

No table of figures entries found.

Tabel 4.1 Luas bidang basah model satu stepped 2U.....	39
Tabel 4.2 Luas bidang basah model dua stepped 2U	42
Tabel 4.3 Luas bidang basah tiga stepped 2U	45
Tabel 4.4 Nilai Residual In dan Residual Out model kapal satu stepped 2U.....	52
Tabel 4.5 Nilai Residual In dan Residual Out model kapal dua stepped 2U	52
Tabel 4.6 Nilai Residual In dan Residual Out model kapal tiga stepped 2U	52
Tabel 4.7 Nilai FnV dan tahanan kapal satu stepped 2U.....	53
Tabel 4.8 Nilai FnV dan tahanan kapal satu stepped 2U.....	54
Tabel 4.9 Nilai FnV dan tahanan kapal satu stepped 2U.....	55
Tabel 4.10 Nilai FnV dan tahanan kapal tanpa stepped	55
Tabel 4.11 Persentasi perbandingan Tahanan Model.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Offset Lines Plan Kapal Penumpang Cepat SS 44	61
Lampiran 2. Penentuan Skala Model	62
Lampiran 3. Statistik Jumlah Elemen Mesh	63
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Wall Calculator Tahanan Model Kapal	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu Negara yang menjadi Negara kepulauan terbesar di dunia adalah Indonesia. Negara ini juga memiliki posisi geografis yang unik sekaligus menjadikannya strategis. Hal ini dapat dilihat dari letak Indonesia yang berada di antara dua samudera dan dua benua sekaligus memiliki perairan yang menjadi salah satu urat nadi perdagangan internasional. Posisi ini menempatkan Indonesia berbatasan laut dan darat secara langsung dengan sepuluh negara di kawasan. Keadaan ini menjadikan wilayah perairan Indonesia rentan terhadap gesekan yang dapat menyebabkan instabilitas dalam negeri dan di kawasan.

Pada daerah yang banyak dialiri sungai, laut, maupun danau yang mempunyai pulau-pulau yang dipisahkan oleh air, sehingga transportasi laut merupakan suatu alternatif yang sangat dominan dan masih sangat efektif. Dengan adanya lautan yang memisahkan antar daerah maka di perlukan transportasi laut sebagai penghubung antar daerah yaitu dengan menggunakan moda transportasi kapal.

Maka dari itu pada era modern ada banyak jenis moda transportasi laut dan salah satunya merupakan kapal cepat atau yang biasa disebut *planing hull* yang terdiri dari gaya gesek (*friction*) dan gaya vertikal (*induced drag*). Fenomena ini membuat para ahli kapal terinspirasi untuk menciptakan desain kapal yang dapat menurunkan tahanan gesek. 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.

Tahanan kapal merupakan gaya hambatan atau gaya tahanan yang dilakukan fluida baik cair atau gas terhadap kapal untuk mencapai kecepatan servisnya. Gaya ini terjadi karena interaksi antara lambung kapal dengan fluida. Desain lambung kapal dilakukan sedemikian rupa untuk mengurangi tahanan kapal pada kecepatan servisnya. Maka dari itu diperlukan berbagai desain lambung agar mencapai tahanan yang diinginkan dan salah satu desain yang dapat mengubah tahanan dengan mengatur *deadrise* dari lambung tersebut. Oleh sebab itu pada penelitian ini dilakukan *deadrise* (β) pada sudut 5 derajat untuk mencari tahanan kapal pada tipe kapal cepat, yaitu *planning hull*.

Kapal *planning hull* merupakan kapal cepat dengan Volume Froude Number $FrV = 1,0-3,5$ dimana berat kapal sebagian besar ditopang oleh gaya angkat hidrodinamika sehingga haluan kapal terangkat pada kecepatan tinggi (Molland, Turnock, & Hudson, 2017). Sedangkan *deadrise* disebut juga *rise of floor* adalah besar sudut kemiringan alas terhadap garis dasar kapal apabila kapal dilihat dari pandangan *body plan*.

Dewasa ini, trend desain kapal cepat mengalami perubahan atau modifikasi guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar di lautan, salah satunya pada modifikasi hull. Salah satu cara modifikasi hull ialah penambahan bentuk *stepped hull*. Prinsip dari penggunaan *stepped hull* adalah mengurangi permukaan bidang basah (*wetted surface area*) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal dan akan menambah gaya tekan keatas yang akan mengurangi tahanan kapal serta menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi. Pada penelitian yang dilakukan Garland, W. R. "*Stepped planing hull investigation, 2010*" desain lambung 2 kapal menggunakan *stepped* diketahui memiliki hambatan yang lebih kecil dibandingkan desain model kapal tanpa *stepped*.

Prinsip dasar dari penggunaan lambung bertangga (*Stepped planing hull*) ialah mengurangi luas permukaan basah (*wetted surface area*) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal, dan akan menambah daya tekan

keatas kapal (lifting force), sehingga dengan sendirinya akan mengurangi tahanan dan menaikkan efisiensi dengan demikian maka akan menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dengan daya mesin yang lebih kecil serta bahan bakar yang lebih sedikit (*Sandiary dkk, 2019*).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Muh. Fachreza, 2020) yang berjudul "Studi Tahanan Berbagai Variasi Bentuk Stepped Semi Planning Hull" yang mengatakan bahwa perubahan nilai tahanan sebuah kapal dipengaruhi oleh luas permukaan kapal yang terendam kedalam air. Hal ini dibuktikan dengan semakin tinggi derajat trim maka nilai dari tahanan kapal akan berkurang disebabkan oleh panjang garis air berkurang walaupun pada kecepatan yang sama. Berdasarkan dari uraian penjelasan di atas maka dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh *deadrise angel* tahanan kapal dengan bentuk stepped planing hull.

Berdasarkan uraian diatas, sehingga pada penelitian ini penulis tertarik untuk mengkaji tentang tahanan kapal, pada tipe lambung kapal semi planing hull dengan berbagai variasi bentuk stepped dengan judul:

**INVESTIGASI TAHANAN KAPAL *PLANNING HULL* DENGAN
STEPPED BENTUK 2U DAN *DEAD RISE ANGLE 5 DEGREE*
MENGGUNAKAN *AUTODESK COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa besar nilai tahanan kapal berbentuk lambung bertangga 2U dan *deadrise angle* 5 derajat dengan variasi jumlah *stepped hulls* ?
2. Berapa besar perubahan nilai tahanan pada kapal berbentuk lambung bertangga 2U dan *deadrise angle* 5 derajat pada beberapa kondisi trim buritan ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Model kapal yang diteliti adalah kapal feri penumpang cepat SS 44 semi planning hull.
2. Perhitungan model tahanan dilakukan pada kondisi air tenang
3. Perhitungan nilai tahanan kapal tidak mempertimbangkan komponen tahanan tambahan.
4. Stepped hull berbentuk 2U dengan variasi satu stepped, dua stepped, dan tiga stepped.
5. Initial condition seperti trim berdasarkan eksperimen di towing tank.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan besar nilai tahanan terhadap lambung kapal *deadrise angle* 5 derajat dengan variasi jumlah *stepped* 2U.
2. Menentukan besar perubahan nilai tahanan pada beberapa kapal berbentuk lambung *deadrise angle* 5 derajat dengan bentuk lambung bertangga 2U pada beberapa kondisi trim buritan menggunakan *Autodesk CFD*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah

1. Sebagai informasi dan referensi mengenai bagaimana pengaruh bentuk lambung bertangga dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat.
2. Sebagai masukan bagi perancang kapal dalam merancang kapal cepat yang efisien saat beroperasi.
3. Untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan nilai tahanan kapal cepat.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 : PENDAHULUAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini menjelaskan tentang teori-teori gambaran wilayah penelitian, berbagai literatur yang menunjang pembahasan dan digunakan sebagai dasar pemikiran dari penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dikemukakan mengenai lokasi atau daerah penelitian, waktu penelitian, jenis penelitian, jenis data, metode pengolahan data, dan kerangka piker penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan uraian mengenai pembahasan permasalahan yang diteliti yaitu hubungan antara penggunaan stepped pada kapal dengan nilai tahanan yang dihasilkan kapal cepat menggunakan Autodesk CFD Software.

BAB V : PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kapal

Seperti yang telah diketahui Indonesia merupakan Negara maritim yang memiliki wilayah laut yang cukup luas sehingga membutuhkan alat transportasi untuk menghubungkan antar wilayah. Saat ini Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut, danau maupun sungai atau sebagainya. Seperti halnya sampan atau perahu yang lebih kecil. Kapal biasanya cukup besar untuk membawa perahu kecil seperti sekoci. Sedangkan dalam istilah Inggris, dipisahkan antara ship yang lebih besar dan boat yang lebih kecil. Secara kebiasaannya kapal dapat membawa perahu tetapi perahu tidak dapat membawa kapal. Ukuran sebenarnya di mana sebuah perahu disebut kapal selalu ditetapkan oleh undang-undang dan peraturan atau kebiasaan setempat.

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kapal pada masa lampau menggunakan kayu, bambu ataupun batang-batang papyrus seperti yang digunakan bangsa Mesir kuno kemudian digunakan bahan-bahan logam seperti besi/baja karena kebutuhan manusia akan kapal yang kuat. Sejak dahulu kapal telah digunakan oleh manusia untuk mengarungi sungai atau lautan yang diawali oleh penemuan perahu. Biasanya manusia pada masa lampau menggunakan kan, rakit ataupun perahu, semakin besar kebutuhan akan daya muat maka dibuatlah perahu atau rakit yang berukuran lebih besar yang dinamakan kapal. Untuk penggerakannya manusia pada awalnya menggunakan dayung kemudian angin dengan bantuan layar, mesin uap setelah muncul revolusi Industri dan mesin diesel serta Nuklir. Beberapa penelitian memunculkan kapal bermesin yang berjalan mengambang di atas air seperti Hovercraft dan Eakroplane. Serta kapal yang digunakan di dasar lautan yakni kapal selam

Jaringan transportasi laut diperlukan untuk dapat menghubungkan pelabuhan- pelabuhan dari satu pulau dengan pulau lainnya. Sehingga sistem

transportasi yang efisien dan efektif sangat berperan penting untuk wilayah negara kepulauan Indonesia. Dengan adanya lautan yang memisahkan antar daerah maka di perlukan transportasi laut sebagai penghubung antar daerah yaitu dengan menggunakan moda transportasi kapal. Kapal yang digunakan sebagai moda transportasi penghubung antar daerah/pulau diantaranya menggunakan kapal penyeberangan berupa feri roll on roll off (roro).

Seperti pernyataan diatas dapat diakui bahwa kapal Feri adalah salah satu angkutan penyeberangan yang merupakan angkutan yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya. Kapal Feri RoRo sekarang utamanya berfungsi untuk pengangkutan kendaraan dengan berbagai tipe dan jumlah penumpang yang banyak untuk menghubungkan dua tempat pada satu jalur pelayaran tertentu yang berjauhan jaraknya. Kapal Feri merupakan angkutan perairan antar pulau di Indonesia yang populer. (Rosmani, 2013)

Selain itu masih banyak yang belum mengetahui bahwa banyak feri melayani selat-selat antara pulau yang berdekatan, terutama antara pulau Sumatra dan Jawa, dan juga antara pulau Jawa dan pulau-pulau di Kepulauan Sunda Kecil. Di pelabuhan penyeberangan kapal-kapal sibuk melayani antara Sumatra, Jawa, dan Bali, feri yang mengangkut kapal dioperasikan 24 jam per hari. Ada juga beberapa feri internasional yang melayani Selat Malaka antara Sumatra dan Malaysia, dan juga Singapura, dan pulau-pulau kecil Indonesia seperti Batam.

Seiring waktu Kapal cepat sering digunakan sebagai transportasi penyeberangan antara pulau-pulau kecil yang tidak terjangkau oleh kapal feri di Indonesia dan Tak hanya lagi kapal feri yang di gunakan sebagai moda transportasi penyeberangan antar pulau, tetapi ada juga kapal penumpang cepat (high speed ferry) yang hadir secara langsung dan memberikan alternatif pilihan moda transportasi kapal laut kepada calon penumpang transportasi laut.

2.2 Kapal cepat

High speed craft atau yang biasanya disebut dengan Kapal cepat adalah kapal yang telah dirancang untuk memiliki kecepatan tinggi untuk tujuan komersil dimana biasa digunakan untuk perusahaan yang menyediakan kapal private. Kapal cepat pertama yang dibangun adalah jenis hydrofoils atau hovercraft, tetapi pada tahun 1990-an jenis kapal cepat katamaran dan monohull menjadi lebih populer. Kebanyakan kapal berkecepatan tinggi berfungsi sebagai kapal feri penumpang, tetapi untuk jenis katamaran dan monohull yang terbesar juga membawa mobil, bus, truk besar, dan lain lain.

Menurut *J. Lawrence* (1985), mengatakan karakteristik high speed craft dipengaruhi Froude numbernya. Froude number yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk lanning caft, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, bilangan Froude number (FB) sering digunakan sebagai parameternya. (Fb) didefinisikan sebagai berikut:

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

Dimana:

FN = Froude Number

V = Kecepatan (m/s)

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

L = Panjang kapal (m)

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 terpassang, menghasilkan peningkatan kecepatan hingga 26%. Kesulitan kedua ialah dengan mencoba meningkatkan kecepatan pada kondisi rough water.

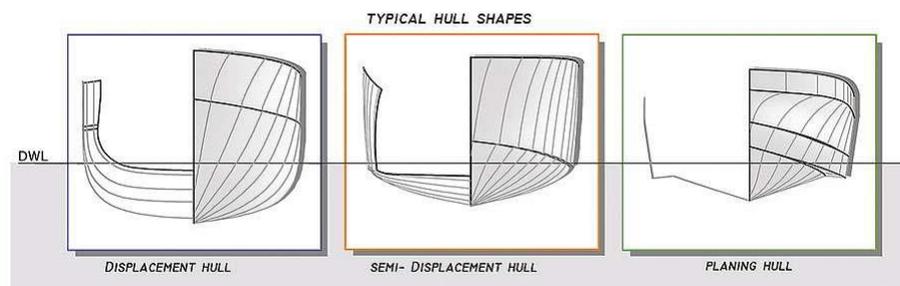
Dimana Bilangan Froude merupakan bilangan yang menunjukkan penggolongan sebuah kapal apakah tergolong kapal cepat, sedang atau kapal lambat. Penggolongan kapal menurut bilangan Froude:

- a. Kapal lambat : kapal berlayar dengan $F_n \leq 0,20$
Hambatan gelombang (R_w) = 0
- b. Kapal sedang : jika $0,20 < F_n < 0,35$
Hambatan gesek (R_f) = 70-75% R_t
Hambatan gelombang (R_w) = 25-30% R_t
- c. Kapal cepat : $F_n \geq 0,35$
Hambatan gelombang = 50% R_t

Pada suatu kondisi air yang tenang, suatu fenomena hidrodinamik yang terjadi pada kapal yang dirancang sebagai kapal *water planning* seperti halnya yang terjadi pada kapal cepat, terjadi kondisi kondisi sebagai berikut [2] :

- a. Lambung memiliki sifat sebagai lambung *displasemen* (pada kondisi lambung memiliki kecepatan nol atau pada kecepatan rendah).
- b. Sebagaimana kecepatan meningkat, lambung akan mendapatkan pengaruh dinamik dari aliran, dikarenakan terjadi peningkatan kecepatan aliran.
- c. Pada kecepatan yang lebih tinggi hingga tercapai koefisien kecepatan antara 0,5 hingga 1,5, maka gaya dinamik tersebut akan berkontribusi menjadi daya angkat (lift).
- d. Pada koefisien kecepatan yang lebih besar dari 1,5, suatu lambung kapal cepat yang dirancang secara baik akan ikut membangkitkan gaya angkat dinamik, yang berpengaruh pada kenaikan titik pusat grafitasi (kenaikan pada lambung). (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)

Menurut *A. Haris Muhammad* (2009), menyatakan Penelitian awal hidrodinamika kapal tipe planing hull telah dimulai di Amerika Serikat (AS) sejak 40 tahun yang lalu. Penelitian ini awalnya bertujuan untuk merencanakan sebuah aircraft (flying boat) dimana air adalah sebagai media pendaratan kapal. Seiring dengan kemandirian teknologi, konsep ini dikembangkan untuk desain lambung sebuah kapal berkecepatan tinggi atau dikenal dengan planing hull. Di-Indonesia, kapal tipe *planing hull* umumnya difungsikan sebagai kapal patroli perairan dan penjagaan pantai. Lambung dengan alas rata serta garis muat (sarat) yang rendah sangat mendukung kapal tipe *planing hull* dapat berkecepatan tinggi serta memiliki stabilitas yang baik



Gambar 2.1 Tipe bentuk hull

2.3 Stepped Hull

Stepped Hull adalah lokasi suatu bidang pada lambung kapal yang bertujuan untuk mengurangi jumlah permukaan lambung yang tercelup air. Steps memiliki bukaan yang besar pada sisi outboard pada lambung untuk memberikan udara yang bertujuan untuk menyedot kebawa. Pada umumnya, stepped hull dapat meningkatkan kecepatan sekitar 10-15% yang diinginkan antara memakai stepped hull dengan tidak memakai stepped hull dengan power pada mesin yang sama.

Suatu alasan mengapa Stepped Hulls lebih efektif adalah area/bagian yang tercelup air bias dibagi beberapa beam dibandingkan dengan panjang kapal, lebar (high-aspect) permukaan lebih efisien, rendah (low-aspect) pada saat kondisi gesekan terhadap air. Jadi, dibalik sebuah ide tentang Stepped Hull adalah untuk

mengurangi permukaan yang tercelup air seperti teori pada pesawat terbang. Banyak yang mengira bahwa Stepped Hull mengurangi lapisan/permukaan lambung yang terkena air, tetapi sesungguhnya pada konsep step hull ini adalah untuk meminimalkan bagian lambung. (Budiarto,2011).

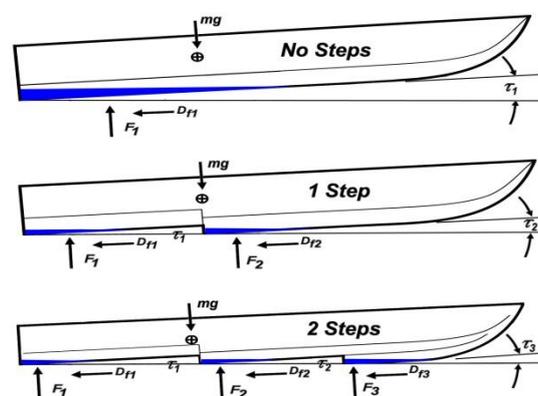
Stepped Hull adalah sebuah alternatif untuk lambung kapal planning atau bentuk kapal berkecepatan tinggi. Lambung stepped memiliki diskontinuitas melintang yang terletak di beberapa titik di belakang pusat grafitasi dan titik tekan kapal. Lokasi longitudinal dari diskontinuitas melintang ini sangat penting. Untuk mengetahui alasan dalam mendesain bentuk stepped ini, kita harus mengetahui prinsip-prinsip hidrodinamika dari bentuk lambung planing ini.

Ketika kapal mulai terangkat, dasar lambung awalnya akan memotong permukaan air pada titik yang disebut titik stagnasi. Untuk kapal dengan deadrise, garis stagnasi akan disapu kembali sampai memotong chine keras di kedua sisi, pada titik dimana aliran akan terpisah. Wilayah di belakang garis stagnasi ini adalah bagian dari lambung bawah yang memberikan presentase yang sangat besar dari pengangkatan yang diperlukan karena tekanan dinamis besar sedang dikembangkan.

Jika diskontinuitas melintang, atau stepped, dari kedalaman yang memadai diletakkan di dasar lambung pada lokasi yang tepat dengan kondisi kecepatan yang tinggi, air yang mengalir disepanjang lambung kapal akan terpisah dari forebody pada stepped. Ini akan meninggalkan beberapa jumlah afterbody (bagian lambung belakang stepped) tidak tersetel asalkan dapat berventilasi memadai (akan dijelaskan kemudian). Air yang telah terpisah oleh stepped akan mengikuti profil permukaan bebas dan dapat menempel kembali ke afterbody. Kombinasi dari lift pada forebody harus dapat mendukung perpindahan kapal. Seperti yang telah dibahas, forebody lift, atau lift yang diselesaikan di pusat tekanan kapal, terhitung kasar 90% dari lift yang dibutuhkan. Oleh karena itu, afterbody harus dapat memberikan 10% sisa lift agar kapal menjadi stabil secara vertikal dan sekitar sumbu longitudinal melalui pusat grafitasi kapal. (Garland, 2010).

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

Stephull merupakan modifikasi bentuk lambung berupa step melintang yang ditempatkan pada bawah lambung bagian midship kapal. 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. (Citra Eka, 2018)



Gambar 2.2 Visualisasi Kapal dengan *Stepped*



Gambar 2.3 Kapal dengan *Stepped hull*

Sumber : Citra Eka, 2018

2.4 Tahanan Kapal

Tahanan suatu kapal adalah gaya arus air yang berlawanan terhadap arah kapal (Harvald, Svend Aage; Resistance and Propulsion of Ships; 1983). Gerakan kapal di fluida bekerja seperti sistem sumbu ortogonal yaitu 3 (tiga) buah sumbu x, y, dan z, ditempatkan sedemikian rupa, pusat sumbu berimpit dengan titik berat kapal. Bidang x, dan y satu bidang dengan permukaan bumi (sejajar). Pada dasarnya tahanan kapal dibagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada di atas permukaan air dan tahanan yang berasal dari bawah permukaan air. Tahanan yang di atas permukaan air adalah yang bekerja pada bagian badan kapal yang kelihatan di atas permukaan air, disini pengaruh adanya udara yang mengakibatkan timbulnya hambatan.

Komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung di air adalah:

A. Tahanan gesek (*Friction resistance*)

Tahanan gesek timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai tahanan gesek. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilaluinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (flow pattern). Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (RV) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos.

Tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal, sebagai berikut:

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

$$Rn = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (2.2)$$

Dimana :

V : Volume (m³)

L : Panjang (m)

ν : Kecepatan (m/s)

- b. Koefisien gesek (*friction coefficient*, Cf)

$$Cf = \frac{0,75}{(\log Rn - 2,0)^2} \quad (2.3)$$

(Merupakan formula dari ITTC)

- c. Rasio kecepatan dan panjang kapal (*speed length ratio*, Slr)

$$Slr = \frac{Vs}{\sqrt{L}} \quad (2.4)$$

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

- B. Tahanan sisa (*Residual Resistance*)

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

- a. Tahanan gelombang (*Wave Resistance*)

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

- b. Tahanan udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara diartikan sebagai Tahanan yang 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.

c. Tahanan bentuk (*Form Resistance*)

Tahanan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup di bawah air menimbulkan suatu tahanan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

d. Tahanan tambahan (*Added Resistance*)

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi.

Komponen tahanan tambahan terdiri dari:

1.) Tahanan anggota badan (*Appendages Resistance*)

Yaitu tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi dan sebagainya.

2.) Tahanan kekasaran

Yaitu terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada badan kapal, dan tumbuhan laut.

3.) Hambatan kemudi (*Steering Resistance*)

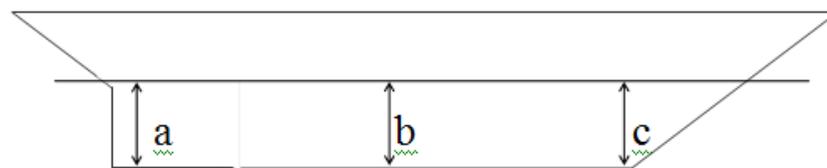
Yaitu akibat pemakaian kemudi mengakibatkan timbulnya hambatan kemudi. (Arwini, 2018)

Menurut Gassemi (dalam Hakim 2020) kapal planing memiliki dua komponen gaya yang bekerja yakni *hydrostatic force* dan *hydrodynamic force* sehingga metode untuk memprediksi hambatan kapal planing berbeda

dari metode untuk memprediksi hambatan kapal displacemen. 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*.

2.5 Trim kapal

Trim dapat diartikan sebagai suatu keadaan kapal senget (list) secara membujur (longitudinal). Hind (1967) menyatakan bahwa trim adalah perbedaan antara *draft* depan dan *draft* belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Trim biasanya diukur dalam ukuran inci yang dinyatakan sebagai positif dan negatif. Trim terbagi menjadi 3 bagian, yaitu *even keel*, *trim by the head*, dan *trim by the stern*. Trim tidak diukur dalam besaran derajat, tetapi dalam perbedaan antara sarat depan (forward draft) dan sarat belakang (after draft) dalam centimeter. Jika sarat depan lebih besar dari sarat belakang, maka kapal dalam kondisi trim depan (trim by the head). Jika sarat belakang lebih besar dari sarat depan, maka kapal dalam kondisi trim belakang (trim by stern).

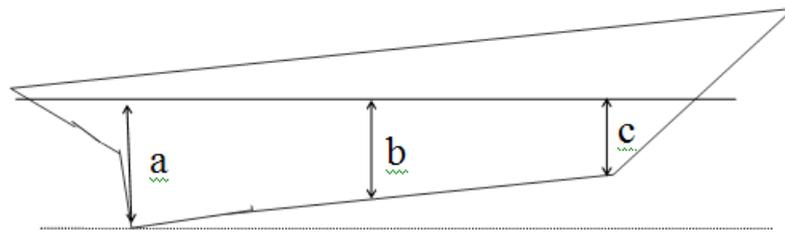


Gambar 2.4 Kapal Kondisi *Even Keel*.

Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

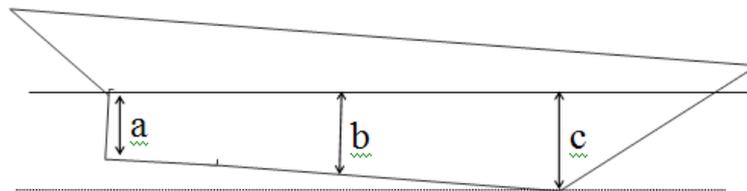
Gambar 2.5 menunjukkan kapal trim even keel yaitu *draft* depan sama dengan *draft* belakang ($a = c$) dimana $b = (a+c)/2$, hanya terjadi bilamana kapal tidak dalam keadaan hogging atau sagging.

Gambar II

**Gambar 2.5** Kapal Kondisi *Trim by Stern*.

Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

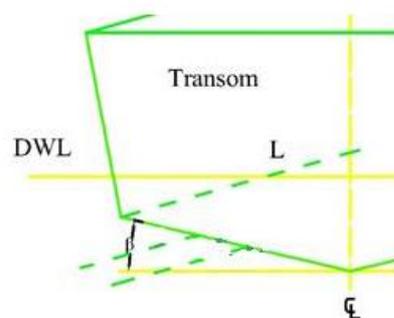
Gambar III

**Gambar 2.6** Kapal Kondisi *Trim by Head*.

Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

2.6 Deadrise Angle

Deadrise disebut juga *rise of floor* adalah besar sudut kemiringan alas terhadap garis dasar kapal apabila kapal dilihat dari pandangan *body plan*.

**Gambar 2.5** Kapal denganstepped hull

Penelitian yang sama telah dilakukan oleh (Putranto, Suastika, & Gunanta, 2017). Peneliti melakukan penelitian pengaruh deadrise terhadap stabilitas

penyakit dan hambatan kapal dengan sudut 6° , 11° , dan 16° . Tahanan terkecil pada 16° , dan kriteria stabilitas terbaik pada sudut 6° . Pada penelitian ini displasemen kapal merupakan variabel tidak tetap karena adanya perubahan deadrise. Peneliti (Aryawan & Putranto, 2018) melakukan studi pengaruh deadrise dan sponson terhadap performa hidrodinamika yaitu tahanan dan olah gerak kapal perikanan aquakultur. Drise yang dipilih adalah 6° karena menghasilkan ruang muat yang besar dan tahanan yang baik. Peneliti lebih memilih kepentingan ruang muat dibandingkan dengan tahanan kapal yang lebih kecil.

Pranatal (2020) Apabila sudut drise semakin kecil maka tahanan kapal akan semakin kecil tetapi dengan pertimbangan displasemen konstan. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada perhitungan dengan bantuan computer.

2.7 Autodesk CFD

Computational Fluid Dynamics (CFD) Adalah salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida dan merupakan aplikasi yang ada pada computer. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas.

Konsep dasar penggunaan *Computational Fluid Dynamic* adalah persamaan Navier – Stokes dengan prinsip yakni, kekekalan massa, kekekalan momentum dan kekekalan energy. Digunakan secara luas untuk memberikan penyelesaian dari masalah secara eksperimen yakni dapat memberikan penjelasan tentang pola aliran yang sulit dan tidak mungkin diketahui dengan menggunakan teknik percobaan dan yang terkait dengan perpindahan panas pada sebuah objek.

Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu :

1. Pre Processor. Proses ini meliputi tahapan pembuatan geometri model tertentu, kemudian meshing, penentuan fluid properties dan penentuan kondisi batas.
2. Solver. Pada tahap ini adalah proses iterasi dari computer atau lebih umum dikenal dengan proses running.
3. Post Solver. Tahap ini merupakan proses penampilan hasil running seperti grafik, vector, dan kontur dan animasi dengan pola warna tertentu. (Muhady 2020)

Baru-baru ini, tinjauan pustaka komprehensif tentang penggunaan CFD untuk aplikasi ini telah diterbitkan (Stathopoulos, 1997; Reichrath dan Davies, 2002; Blocken dan Karmeliet, 2004; Bitsuamlak dkk., 2004; Meroney, 2004; Franke et al., 2004). (Blocken, et al, 2007)

Sebuah pemahaman yang baik diperlukan dalam menyelesaikan algoritma penyelesaian numerik. Terdapat tiga konsep matematika yang berguna dalam menentukan berhasil atau tidaknya algoritma :

- 1) Konvergensi, merupakan properti metode numerik untuk menghasilkan solusi yang mendekati solusi eksakta sebagai grid spacing, ukuran kontrol volume atau ukuran elemen dikurangi mendekati nol.
- 2) Konsisten, merupakan suatu skema numerik yang menghasilkan sistem yang dapat diperlihatkan ekuivalen dengan persamaan pengendali sebagai grid spasi mendekati nol.
- 3) Stabilitas, yaitu penggunaan faktor kesalahan sebagai indikasi metode numerik. Jika sebuah teknik tidak stabil dalam setiap kesalahan pembulatan bahkan dalam data awal dapat menyebabkan osilasi atau divergensi. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018 /<http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>)