

STUDI TAHANAN PADA KAPAL FERI CEPAT BERLAMBUNG TIGA TANGGA

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

SUNARDI SEMUEL RINDING

D311 16 009



**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA 2021



LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

Studi Tahanan pada Kapal Feri Cepat Berlambung Tiga Tangga

Disusun dan diajukan oleh:

SUNARDI SEMUEL RINDING

D311 16 009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Gowa, 8 Juli 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing I

Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT

NIP. 19730206 200012 1 002

Pembimbing II

Ir. Hj. Rosmani, MT.

NIP. 1960620 198802 2 001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Perkapalan



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT

NIP. 19730206 200012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sunardi Samuel Rinding

NIM : D311 16 009

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Studi Tahanan pada Kapal Feri Cepat Berlambung Tiga Tangga

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya 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, 8 Juli 2021

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink is written over a yellow revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem, the text '10.000', 'METERAL TEMPEL', and the serial number '257BAJX318186418'.

Sunardi Samuel Rinding



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir penelitian ini. Berdasarkan hasil seminar proposal, judul penelitian yang dikaji adalah

STUDI TAHANAN PADA KAPAL FERI CEPAT BERLAMBUNG TIGA TANGGA

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, penulis menyampaikan rasa terima kasih sedalam – dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Yohanis Rinding dan Martha Sarra' atas kesabaran, pengorbanan, nasehat dan yang terutama doa yang tak putus – putusnya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
2. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT., selaku pembimbing I sekaligus Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin dan Ibu Ir. Rosmani, MT selaku pembimbing II sekaligus Ketua Labo Hidrodinamika Teknik Perkapalan yang telah banyak memberikan bimbingan dan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Eng. A. Ardianti, ST., MT dan Ibu Andi Dian Eka Anggriani., ST., MT selaku dosen laboratorium hidrodinamika sekaligus penguji dalam tugas akhir



4. Bapak Farianto Fachruddin L., ST., MT. selaku Penasehat Akademik yang selalu membimbing dan mendidik penulis selama masa perkuliahan ini..
5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
6. Ibu Uti, Kak Yudi, Pak Afif dan Pak Rio selaku staff Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kesabarannya selama penulis mengurus segala persuratan di kampus.
7. 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.
8. Kepada teman-teman KMKO Teknik 2016, terima kasih untuk kebersamaannya dari tahun 2016 sampai saat ini.
9. Kepada kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.
10. 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 dalam 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, 8 Juli 2021

Sunardi Samuel Rinding



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.2 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kapal Ferry.....	5
2.2 Kapal Cepat (<i>High Speed Craft</i>)	5
2.3 Karakteristik <i>Semi Planing Hull</i>	9
2.2 Karakteristik Kapal Cepat	9
Stepped Hull.....	11
Bahan Kapal.....	12



2.2 Trim Kapal	16
2.5 Tangki Percobaan (<i>Towing Tank</i>)	17
2.2 Perbandingan Model	17
2.10 Metode Wyman	19
BAB III METODE PENELITIAN	22
1.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
2.5 Jenis Penelitian.....	22
3.3 Metode Pengumpulan Data	22
2.5 Metode Pengolahan Data	22
3.4.1 Kajian Pustaka	23
3.4.2 Data Kapal	23
2.3 Pemodelan Kapal Berlambung Tiga Tangga Menggunakan Maxsurf.....	24
2.5 Pembuatan Model Kapal	28
2.5 Persiapan Pengujian	32
3.7.1 Matriks waktu pengujian	32
3.7.2 Matriks kebutuhan pengujian	33
3.7.3 SOP Pengujian.....	36
2.3 Analisis data	37
3.8.1 Analisis Kecepatan dan Derajat Trim Model Kapal.....	37
3.8.2 Pengkondisian Trim Model Kapal.....	37
3.8.3 Menghitung Tahanan Model Kapal dengan Maxsurf Resistance.....	39
2.5 Penarikan Kesimpulan.....	40
3.10 Kerangka Pemikiran.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
Untuk Hidrostatik Model Kapal	42
Untuk Model Kapal	43
Analisis Kecepatan dan Derajat Trim Model Kapal	44



4.3.1 Analisis Kecepatan dan Trim Kapal Berlambung 3 Tangga Bentuk V	44
4.3.2 Analisis Kecepatan dan Trim Kapal Berlambung 3 Tangga Bentuk U	46
4.3.3 Analisis Kecepatan dan Trim Kapal Berlambung 3 Tangga Bentuk W	48
4.3.4 Analisis Kecepatan dan Trim Kapal Berlambung 3 Tangga Bentuk 2U	50
4.2 Perhitungan Tahanan Model Kapal	52
4.4.1 Perhitungan Tahanan Model Kapal Berlambung 3 Tangga bentuk V	52
4.4.2 Perhitungan Tahanan Model Kapal Berlambung 3 Tangga bentuk U	54
4.4.3 Perhitungan Tahanan Model Kapal Berlambung 3 Tangga bentuk W	56
4.4.4 Perhitungan Tahanan Model Kapal Berlambung 3 Tangga bentuk 2U	58
2.2 Perbandingan Nilai Tahanan Model Kapal Pada Setiap Bentuk <i>Stepped</i>	60
BAB V KESIMPULAN	63
1.2 Kesimpulan	63
2.5 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	



DAFTAR NOTASI

Loa	= Panjang keseluruhan kapal (m)
Lwl	= Panjang garis air kapal (m)
v	= Kecepatan kapal (knot)
g	= percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
Rn	= Angka Reynold
Fn	= Angka Froude
FnV	= Froude Number Volume
Cw	= Koefisien Wyman
Cb	= Koefisien blok
Slr	= Rasio kecepatan dan panjang kapal
Pc	= Koefisien propulsif
$\eta_s \eta_b$	= Efisiensi poros dan baling - baling
η_{rr}	= Efisiensi relatif rotatif
η_o	= Efisiensi open water test
η_h	= Efisiensi lambung kapal
SHP	= Shaft Horse Power (HP)
DHP	= Delivery Horse Power (HP)
EHP	= Efficiency Horse Power (HP)
Rt	= Tahanan total (N)
L_r	= Skala model
L_m	= Panjang model (m)
L_p	= Panjang Kapal (m)
V_m	= Kecepatan model (m/s)
V_p	= Kecepatan Kapal (m/s)
ν	= Viskositas (m^2/s)
ρ	= Massa Jenis Fluida (kg/m^3)



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Ukuran Utama Kapal.....	23
Tabel 3.2	Kebutuhan / material pembuatan model	28
Tabel 3.3	Matriks waktu pengujian.....	32
Tabel 3.4	Matriks kebutuhan pengujian.....	36
Tabel 4.1	Ukuran utama model kapal	42
Tabel 4.2	Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal 3 tangga bentuk V.....	45
Tabel 4.3	Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal 3 tangga bentuk U.....	47
Tabel 4.4	Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal 3 tangga bentuk W.....	49
Tabel 4.5	Nilai <i>Froude number</i> volume model kapal 3 tangga bentuk 2-U	51
Tabel 4.6	Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 3 Tangga Bentuk V	52
Tabel 4.7	Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 3 Tangga Bentuk U	54
Tabel 4.8	Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 3 Tangga Bentuk W.....	56
Tabel 4.9	Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 3 Tangga Bentuk 2-U	58
Tabel 4.10	Tabel Nilai Tahanan Model Kapal 3 Tangga Setiap Bentuk	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Hovercraft</i>	6
Gambar 2.2	<i>Hidrofoil</i>	7
Gambar 2.3	Catamaran	8
Gambar 2.4	<i>Monohull</i>	8
Gambar 2.5	Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori <i>displacement hull, planing hull, semi-planing hull</i>	9
Gambar 2.6	Visualisasi <i>Stephull</i>	11
Gambar 2.7	Kapal planning dengan step melintang	11
Gambar 2.8	Perhitungan perbandingan antara sudut tirm dan kecepatan	12
Gambar 2.9	Posisi stephull di midship lebih optimal disbanding dengan posisi yang lebih ke haluan	12
Gambar 2.10	Kapal Kondisi Even Keel	16
Gambar 2.11	Kapal Kondisi Trim by Stern	16
Gambar 2.12	Kapal Kondisi Trim by Head	17
Gambar 2.13	Tangki Percobaan	17
Gambar 3.1	Gambar <i>lines plan</i> kapal	23
Gambar 3.2	Gambar section pada material frame	24
Gambar 3.3	Tampilan awal model kapal tanpa stepped pada <i>Maxsurf Modeller</i>	25
Gambar 3.4	Tampilan awal model kapal tanpa stepped pada <i>Maxsurf Modeller</i>	25
Gambar 3.5	Tampak atas kapal dengan penampang stepped V	26
Gambar 3.6	Tampak samping kapal dengan stepped V	26
Gambar 3.7	Proses trim kapal untuk membuat stepped V	27
Gambar 3.8	Tampak kapal dengan tiga stepped v pada <i>maxsurf modeller</i>	27
Gambar 3.9	Gambar <i>section</i> pada material <i>frame</i>	29
Gambar 3.10	Gambar <i>frame</i> direkatkan pada pola <i>waterline</i>	29
Gambar 3.11	Pemasangan <i>Stepped</i>	30



Gambar 3.12	Pelepasan model dari cetakan.....	31
Gambar 3.13	Pemasangan shaft dan mesin pada model	31
Gambar 3.14	ESC(<i>Elektronic speed control</i>).....	33
Gambar 3.15	Remote Control	33
Gambar 3.16	Receiver.....	34
Gambar 3.17	Baterai	34
Gambar 3.18	Motor DC brushless.....	34
Gambar 3.19	Propeller 3 blade.....	35
Gambar 3.20	Shaft dan Universal Joint	35
Gambar 3.21	Tampilan menu rotate surface	38
Gambar 3.22	Tampilan <i>profile</i> model kapal 3 <i>stepped v</i>	38
Gambar 3.23	Tampilan awal <i>maxsurf resistance</i>	39
Gambar 3.24	Tampilan pemilihan <i>surface</i>	39
Gambar 3.25	Menu <i>Analysis</i>	40
Gambar 3.26	Data nilai Tahanan dan Kurva nilai Tahanan dengan metode <i>Wyman</i>	40
Gambar 3.27	Kerangka pikir penelitian	41
Gambar 4.1	Tampak bawah dan tampak prespektif kapal berlambung tiga tangga bentuk V.....	43
Gambar 4.2	Tampak bawah dan tampak prespektif kapal berlambung tiga tangga bentuk U.....	43
Gambar 4.3	Tampak bawah dan tampak prespektif kapal berlambung tiga tangga bentuk W.....	43
Gambar 4.4	Tampak bawah dan tampak prespektif kapal berlambung tiga tangga bentuk 2-U	43
Gambar 4.5	Kondisi trim $0,83^{\circ}$ model kapal 3 tangga bentuk V dengan kecepatan 1,220 m/s	44
Gambar 4.6	Kondisi trim 1° model kapal 3 tangga bentuk V dengan kecepatan 1,447 m/s	44
Gambar 4.7	Kondisi trim $1,41^{\circ}$ model kapal 3 tangga bentuk V dengan kecepatan 1,815 m/s	44



Gambar 4.8	Kondisi trim $1,91^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk V dengan kecepatan 2,331 m/s	44
Gambar 4.9	Kondisi trim $2,62^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk V dengan kecepatan 3,058 m/s	45
Gambar 4.10	Kondisi trim $3,04^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk V dengan kecepatan 3,484 m/s	45
Gambar 4.11	Kondisi trim $0,82^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk U dengan kecepatan 1,190 m/s	46
Gambar 4.12	Kondisi trim 1° model kapal 3 tangga bentuk U dengan kecepatan 1,488 m/s	46
Gambar 4.13	Kondisi trim $1,6^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk U dengan kecepatan 1,961 m/s	46
Gambar 4.14	Kondisi trim $1,91^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk U dengan kecepatan 2,639 m/s	46
Gambar 4.15	Kondisi trim $2,3^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk U dengan kecepatan 3,155 m/s	47
Gambar 4.16	Kondisi trim 3° model kapal 3 tangga bentuk U dengan kecepatan 4,132	47
Gambar 4.17	Kondisi trim $0,78^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk W dengan kecepatan 1,212 m/s	48
Gambar 4.18	Kondisi trim $1,08^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk W dengan kecepatan 1,538 m/s	48
Gambar 4.19	Kondisi trim $1,6^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk W dengan kecepatan 1,969 m/s	48
Gambar 4.20	Kondisi trim $1,87^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk W dengan kecepatan 2,398 m/s	48
Gambar 4.21	Kondisi trim $2,58^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk W dengan kecepatan 3,175 m/s	49
Gambar 4.22	Kondisi trim $3,05^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk W dengan kecepatan 3,690 m/s	49



Gambar 4.23	Kondisi trim $0,86^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk 2-U dengan kecepatan 1,126 m/s	50
Gambar 4.24	Kondisi trim $0,98^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk 2-U dengan kecepatan 1,274 m/s	50
Gambar 4.25	Kondisi trim $1,37^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk 2-U dengan kecepatan 1,757 m/s	50
Gambar 4.26	Kondisi trim 1.81° model kapal 3 tangga bentuk 2-U dengan kecepatan 2,309 m/s	50
Gambar 4.27	Kondisi trim 2.44° model kapal 3 tangga bentuk 2-U dengan kecepatan 3,096 m/s	51
Gambar 4.28	Kondisi trim $2,96^\circ$ model kapal 3 tangga bentuk 2-U dengan kecepatan 3,745 m/s	51
Gambar 4.29	Kurva tahanan model kapal lambung tiga tangga bentuk V untuk setiap kenaikan <i>Froude number Volume</i>	53
Gambar 4.30	Kurva tahanan model kapal lambung tiga tangga bentuk U untuk setiap kenaikan <i>Froude number Volume</i>	55
Gambar 4.31	Kurva tahanan model kapal lambung tiga tangga bentuk W untuk setiap kenaikan <i>Froude number Volume</i>	57
Gambar 4.32	Kurva tahanan model kapal lambung tiga tangga bentuk 2-U untuk setiap kenaikan <i>Froude number Volume</i>	59
Gambar 4.33	Kurva Tahanan Model Kapal berlambung tiga tangga dengan varian bentuk <i>stepped</i> untuk setiap kenaikan <i>Froude number Volume</i>	61



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel *offset lines plan* kapal *semi planning* SS 4
- Lampiran 2. Penentuan Skala Ukuran Utama Model Kapal
- Lampiran 3. Tabel Kecepatan Model Kapal Berlambung Tiga Tangga Bentuk V, U, W dan 2-U
- Lampiran 4. Penentuan Nilai Tahanan Total Model Kapal Berlambung Tiga Tangga Untuk Setiap Bentuk Stepped Pada Kenaikan F_nV Yang Sama



ABSTRACT

Sunardi Samuel Rinding/D311 16 009. "A study of ship resistance on a three stepped hulled fast ferry". (Supervised by Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T. and Ir. Rosmani, M.T.)

The trend of speed boat design is currently undergoing changes or modifications in order to get a ship design that guarantees performance and safety when sailing in the ocean, one of which is the modification of the hull. The hull modification used is the addition of a stepped hull form. The principle of using stepped hull is to reduce the wetted surface area due to turbulence under the hull. The stepped shape design was originally based on 2D (dimensional) geometric features, namely V and W shapes and 2-Dimensional geometric segment, namely U and 2-U shapes. The cross-sectional area of each stepped V, U, W, and 2-U is the same which is about 4.1899 m². The purpose of this study was to determine the resistance value of the three stepped hull model in each trim condition and determine the ratio of the resistance values in various forms of three stepped hull. The method used are experimental method and numerical simulation where the result is the resistance value of the V-shaped three stepped hull fast ferry model increased in trim conditions from 0.83° to 1.41° by 46% and decreased in trim conditions from 1.41° to trim condition 2.62° by 27%. The U-shape experienced an increase in the resistance value at trim conditions of 0.82° to 1.6° by 62% and decreased at trim conditions of 1.6° to 3° trim conditions by 29%. The W shape has an increase in resistance value at trim conditions from 0.78° to 1.6° by 42% and decreases at trim conditions from 1.6° to trim conditions at 3.05° by 34%. And the 2-U shape experienced an increase in the resistance value at 0.86° to 1.37° trim conditions by 67% and decreased at 1.81° trim conditions to 2.96° trim conditions by 26%. The resistance value of three stepped hull model with a W shape at high speed is 5.170 N or by 22%, smaller than the V, U, and 2-U shapes which each have a resistance value of 5,920 N, 6,286 N, and 5,660 N. The change in the value of the ship resistance is influenced by the increase in trim, the greater the trim condition due to high speed, the value of the ship resistance decreases due to the reduction in the wetted surface area of ship.

Keywords: *Stepped Hull, Ship Speed, Ship Trim, Ship Resistance, and Maxsurf Software.*



ABSTRAK

Sunardi Samuel Rinding/D311 16 009. "Studi tahanan pada kapal feri cepat berlambung tiga tangga". (Dibimbing oleh Dr. Eng. Suandar Baso, S.T., M.T. dan Ir. Rosmani, M.T.)

Tren desain kapal cepat saat ini mengalami perubahan atau modifikasi guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar di lautan, salah satunya pada modifikasi hull. Modifikasi hull yang digunakan ialah penambahan bentuk stepped hull. Prinsip dari penggunaan stepped hull adalah mengurangi permukaan basah (wetted surface area) karena timbulnya turbulensi di bawah badan kapal. Desain bentuk stepped pada awalnya didasarkan pada fitur geometri 2D (dimensi) yaitu bentuk V dan W dan geometri segmen 2 Dimensi yaitu bentuk U dan 2-U. Luas penampang setiap stepped V, U, W, dan 2-U adalah sama yaitu sekitar $4,1899 \text{ m}^2$. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan besar nilai tahanan model kapal berlambung tiga tangga pada masing-masing kondisi trim dan menentukan besar perbandingan nilai tahanan pada berbagai bentuk lambung tiga tangga. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimen dan simulasi numerik dimana hasilnya adalah nilai tahanan model kapal feri cepat berlambung tiga tangga bentuk V mengalami kenaikan pada kondisi trim $0,83^\circ$ sampai $1,41^\circ$ sebesar 46% dan menurun pada kondisi trim $1,41^\circ$ sampai kondisi trim $2,62^\circ$ sebesar 27%. Bentuk U mengalami kenaikan nilai tahanan pada kondisi trim $0,82^\circ$ sampai $1,6^\circ$ sebesar 62% dan menurun pada kondisi trim $1,6^\circ$ sampai kondisi trim 3° sebesar 29%. Bentuk W mengalami kenaikan nilai tahanan pada kondisi trim $0,78^\circ$ sampai $1,6^\circ$ sebesar 42% dan menurun pada kondisi trim $1,6^\circ$ sampai kondisi trim $3,05^\circ$ sebesar 34%. Dan bentuk 2-U mengalami kenaikan nilai tahanan pada kondisi trim $0,86^\circ$ sampai $1,37^\circ$ sebesar 67% dan menurun pada kondisi trim $1,81^\circ$ sampai kondisi trim $2,96^\circ$ sebesar 26%. Nilai tahanan model kapal berlambung tiga tangga dengan bentuk W pada kecepatan tinggi yaitu 5,170 N atau sebesar 22%, lebih kecil dibandingkan bentuk V, U, dan 2-U yang masing-masing memiliki nilai tahanan sebesar 5,920 N, 6,286 N, dan 5,660 N. Perubahan nilai tahanan kapal dipengaruhi oleh kenaikan trim, semakin besar kondisi trim akibat kecepatan tinggi maka nilai tahanan kapal berkurang karena pengurangan luas bidang basah kapal.

Kata Kunci : Stepped Hull, Kecepatan Kapal, Trim Kapal, Tahanan Kapal, dan Software Maxsurf.



BAB I

PENDAHULUAN

4.1 Latar belakang

Saat ini jaringan transportasi laut sangat diperlukan untuk dapat menghubungkan pelabuhan-pelabuhan dari satu pulau dengan pulau lainnya. Hal ini dikarenakan timbulnya lalu lintas pergerakan antar pulau untuk pemenuhan kebutuhan barang dan jasa yang merupakan konsekuensi dari kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan. Sehingga sistem transportasi yang efisien dan efektif sangat berperan penting dalam memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut.

Kapal sebagai moda transportasi merupakan suatu bangunan sistemik yang sangat dominan dan masih sangat efektif untuk menghubungkan pulau-pulau yang dipisahkan oleh air. Pelayaran yang nyaman dan masih populer saat ini baik di luar negeri maupun dalam negeri untuk menyeberangkan penumpang, barang, dan kendaraan yakni kapal penyeberangan berupa feri roll on roll off atau yang lebih dikenal dengan kapal ro-ro atau feri ro-ro.

Tak hanya kapal feri ro-ro yang digunakan 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. Kapal penumpang cepat sering digunakan sebagai transportasi penyeberangan antara pulau-pulau kecil yang tidak terjangkau oleh kapal feri ro-ro di Indonesia.

Kapal cepat memiliki kecepatan yang relatif lebih besar dibanding kapal yang lain, disebabkan karena model rancangan dari kapal cepat di rancang untuk meminimalisir tahanan yang dihasilkan sehingga kecepatan kapal dapat meningkat secara signifikan. Karena kecepatan kapal cepat tergolong tinggi maka dalam merencanakan desain lambung harus memperhatikan aspek tahanan yang dihasilkan oleh kapal cepat. Namun, kecelakaan dikarenakan performa



dari kapal cepat masih sering terjadi dan menjadi perhatian serius. Sehingga dalam mendesain kapal berkecepatan tinggi harus mempertimbangkan aspek-aspek yang berkaitan dengan keselamatan dan performa kapal.

Tren desain kapal cepat saat ini mengalami perubahan atau modifikasi guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar di lautan, salah satunya pada modifikasi bentuk lambung. Salah satu cara pada modifikasi lambung ialah penambahan bentuk lambung tangga (*stepped hull*). Prinsip dari penggunaan lambung tangga adalah mengurangi permukaan 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.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Fahreza, 2020) mengenai inovasi bentuk lambung dengan menggunakan aplikasi maxsurf, mengatakan bahwa semakin tinggi derajat trim maka nilai dari tahanan kapal akan berkurang disebabkan oleh panjang garis air berkurang walaupun pada kecepatan yang sama.

Berdasarkan uraian diatas, sehingga pada penelitian ini penulis tertarik untuk melakukan studi tahanan pada kapal feri cepat berlambung tiga tangga.

2.3 Rumusan Masalah

Sebagaimana diuraikan pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir (skripsi) ini adalah:

1. Berapa besar perubahan nilai tahanan model kapal berlambung tiga tangga pada masing- masing kondisi trim menggunakan *Software Maxsurf*?
2. Berapa besar perbandingan nilai tahanan model kapal berlambung tiga tangga antara bentuk V, U, W, dan 2U menggunakan *Software Maxsurf*?



3.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberikan dalam penelitian ini adalah:

1. Kapal yang digunakan adalah kapal feri cepat.
2. Bentuk lambung tiga tangga yang akan diuji yaitu bentuk V, U, W, dan 2U. Setiap bentuk *stepped* memiliki luas penampang yang sama.
3. Perhitungan tahanan model kapal berlambung tiga tangga menggunakan Software Maxsurf Resistance.
4. Pengujian model kapal dilakukan di tangki percobaan (*towing tank*) pada kondisi air tenang, Laboratorium Hidrodinamika Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Unhas.
5. Kondisi trim dan kecepatan yang digunakan berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian
6. Daya propeller dan daya mesin kapal diabaikan
7. Skala model kapal yaitu 1:15

2.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Menentukan besar perubahan nilai tahanan model kapal berlambung tiga tangga pada masing-masing kondisi trim menggunakan *Software Maxsurf*.
2. Menentukan berapa besar perbandingan nilai tahanan model kapal berlambung tiga tangga antara bentuk V, U, W, dan 2U menggunakan *Software Maxsurf*.

2.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi mengenai pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat.
2. Mengetahui bagaimana pengaruh perubahan nilai tahanan model kapal menggunakan lambung tiga tangga.



2.5 Sistematika Penulisan

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

BAB I: Pendahuluan

Dalam bab ini mengemukakan tentang informasi secara keseluruhan dari penelitian ini yang berkenaan dengan Latar belakang judul penelitian yang kemudian diturunkan pada Rumusan masalah, Batasan masalah, Tujuan penelitian, Manfaat penelitian, dan Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB II: Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan dengan singkat tentang teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini.

BAB III: Metodologi Penelitian

Dalam bab ini dikemukakan mengenai lokasi atau daerah penelitian, waktu penelitian, jenis penelitian, jenis data, teknik pengolahan data, serta kerangka pikir penelitian.

BAB IV: Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini berisikan penyajian data yang telah diperoleh, proses pengolahan, hasil pengolahan data serta pembahasan.

BAB V: Penutup

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

Daftar Pustaka



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.3 Kapal Ferry

Kapal Ferry adalah salah satu angkutan penyeberangan yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya. Kapal Ferry 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 ferry merupakan angkutan perairan antar pulau di Indonesia yang populer. (Rosmani, 2013)

Banyak ferry 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, ferry yang mengangkut kapal dioperasikan 24 jam per hari. Ada juga beberapa ferry internasional yang melayani Selat Malaka antara Sumatra dan Malaysia, dan juga Singapura, dan pulau-pulau kecil Indonesia seperti Batam.

Tak hanya kapal ferry yang digunakan 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. Kapal cepat sering digunakan sebagai transportasi penyeberangan antara pulau-pulau kecil yang tidak terjangkau oleh kapal ferry di Indonesia.

2.2 Kapal Cepat (*High Speed Craft*)



Kapal cepat atau dalam bahasa inggrisnya disebut *high-speed craft* merupakan kapal yang dirancang untuk memiliki kecepatan tinggi untuk an komersil. Kapal cepat pertama yang dibangun adalah jenis *hydrofoils*

dan *hovercraft*, tetapi pada tahun 1990 jenis kapal cepat *catamaran* dan *monohull* menjadi lebih populer. Kebanyakan kapal berkecepatan tinggi berfungsi sebagai kapal feri penumpang, tetapi untuk jenis *catamaran* dan *monohull* yang terbesar juga membawa mobil, bus, truk besar, dan lain-lain.

Kapal cepat menggunakan sistem *waterjet* atau tekanan udara yang tinggi untuk bergerak dengan cepat di air. Adapun jenis-jenis kapal cepat atau *high-speed craft* antara lain:

1. Hovercraft

Kapal cepat yang pertama kali diperkenalkan adalah jenis *hovercraft*. Sebuah *hovercraft* menggunakan sistem bertekanan udara untuk mendorong badan kapal. *Hovercraft* merupakan alat transportasi yang paling disukai dan digunakan terutama sebagai kendaraan penyelamat jika terjadi bencana alam. Nama *hovercraft* digunakan karena kapal ini melayang di atas permukaan air karena tekanan udara yang mendorong kapal keatas.



(Sumber: *Majalah teknologi dan strategi militer 26*)

Gambar 2.1 : *Hovercraft*

2. Hidrofoil

Hidrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal. Ketika kapal meningkatkan kecepatannya, hidrofoil memproduksi gaya angkat sehingga lambungnya terangkat dan keluar dari air. Hal ini



menyebabkan pengurangan gesekan antara lambung kapal dengan air dan oleh karena itu terjadi peningkatan kecepatan.



(Sumber: *The international hydrofoil society*)

Gambar 2.2: *Hidrofoil*

3. Katamaran

Kapal cepat berjenis katamaran muncul pada tahun 90-an. Kapal katamaran adalah kapal yang memiliki 2 lambung kapal atau memiliki 2 badan kapal. Bila dibandingkan dengan kapal berbadan tunggal, banyak sekali kelebihan dari kapal katamaran ini yaitu stabilitas melintang yang lebih baik, hambatan yang nilainya kecil, dan area geladak yang lebih luas. Katamaran berasal dari bahasa India Tamil “*Kattumaram*” atau multi lambung yang berarti kapal yang mempunyai dua lambung. Sampai saat ini jenis kapal ini banyak digunakan untuk kapal-kapal penumpang, perahu-perahu layar, bahkan beberapa perahu-perahu nelayan. Keuntungan lain dari katamaran selain stabil adalah kapal jenis ini memiliki badan yang sangat lebar karena jembatan (*bridge*) antara satu lambung dengan lambung yang lainnya digunakan sebagai tempat muatan. Pada kapal ro-ro, muatan mobil dan penumpang akan lebih banyak dibanding dengan kapal berjenis lain dengan kapasitas muatan yang sama besar.





(Sumber: Prochazka Zuzana)

Gambar 2.3 : Catamaran

4. Monohull

Seperti namanya jenis kapal cepat ini memiliki lambung tunggal atau mono. Kapal *monohull* menjadi populer di samping katamaran dalam periode waktu yang sama dengan demikian menambahkan banyak variasi untuk jenis kapal cepat yang ada. Alasan terpenting mengapa monohull digunakan adalah karena aspek stabilitas dari ballast (berat air yang ditambahkan untuk membuat kapal seimbang akibat gaya oleng).



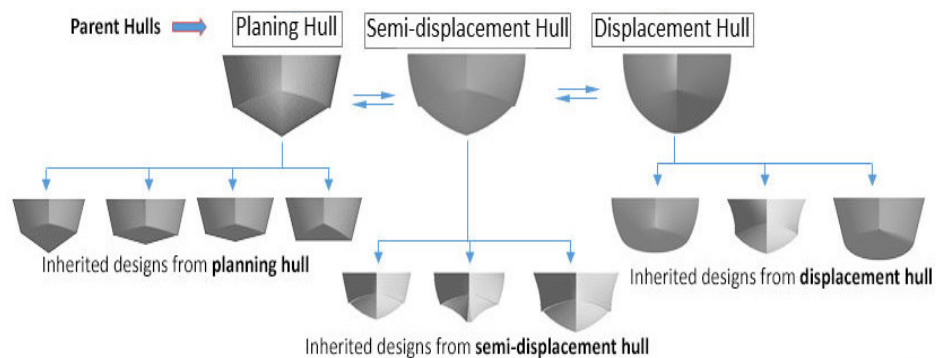
(Sumber: Tarjan Gregor)

Gambar 2.4 : Monohull



2.5 Karakteristik *Semi Planing Hull*

Bentuk lambung untuk kapal-kapal seperti ini yakni tampak dari bentuk lambung di bagian bawah air umumnya diklasifikasikan dalam tiga kategori antara lain a). tipe *displacement hull* untuk kecepatan rendah, b). tipe *semi-planing hull* untuk rentang kecepatan menengah, dan c). tipe *planing hull* untuk rentang kecepatan tinggi. Bentuk-bentuk tersebut disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori displacement hull, planing hull, semi-planing hull

Tipe *semi-planing hull* sangat cocok untuk kecepatan menengah pada rentang kecepatan antara tipe *displacement hull* dan tipe *planing hull*. Luasan penampang lambung secara lateral di bawah garis air sedikit turun dari bagian tengah kapal ke bagian belakang kapal dimana menunjukkan antara tipe *displacement hull* dan *planing hull*. Dengan kata lain, tipe *semi-planing hull* menunjukkan performa yang kurang pada kecepatan rendah dibandingkan dengan tipe *displacement hull* and pada kecepatan tinggi dibandingkan dengan tipe *planing hull*.

2.2 Karakteristik Kapal Cepat



Karakteristik *high-speed craft* dipengaruhi oleh *froude number*-nya. *ude number* yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk *high-speed craft*, luas bidang basah efektif berkurang seiring

dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, *Froude Number* (Fn) sering digunakan sebagai parameternya. (Rosmani, A. Haris Muhammad, Muh. Algan, 2013)

Fn didefinisikan sebagai berikut:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \times l}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- v : kecepatan kapal (m/s)
- g : percepatan gaya gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- l : panjang kapal (m)

FnV didefinisikan sebagai berikut:

$$FnV = \frac{v}{\sqrt{g \times \sqrt[3]{V}}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- v : kecepatan kapal (m/s)
- g : percepatan gaya gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- V : volume kapal (m^3)

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

Bilangan *Froude* juga merupakan merupakan bilangan yang menunjukkan penggolongan sebuah kapal, antara lain :

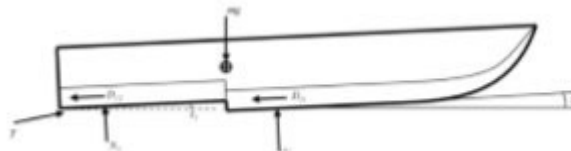
- $Fn < 0,2$ tergolong kapal yang memiliki kecepatan lambat
- $0,2 < Fn < 0,35$ tergolong kapal yang memiliki kecepatan sedang
- $Fn > 0,35$ tergolong kapal cepat

Untuk kapal jenis *semi-displacement* nilai *Froude Number* (Fn) biasanya besar antara 0,4 sampai 1.



2.2 Stepped Hull

Seiring dengan meningkatnya modifikasi kapal cepat, meningkat pula resistensi yang disebabkan oleh gelombang yang signifikan, sehingga pembuatan kapal membutuhkan kritisasi efektifitas yang tinggi. Desain dan analisis prosedur diperlukan untuk kapal 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. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)



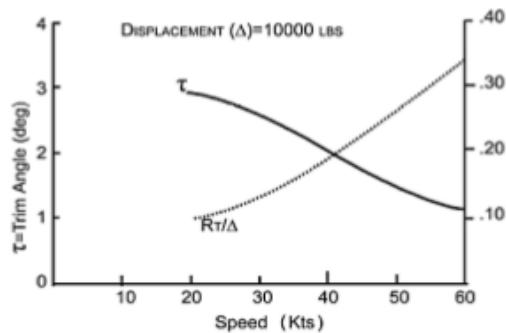
Gambar 2.6. Visualisasi Stephull



Gambar 2.7. Kapal dengan Step Melintang

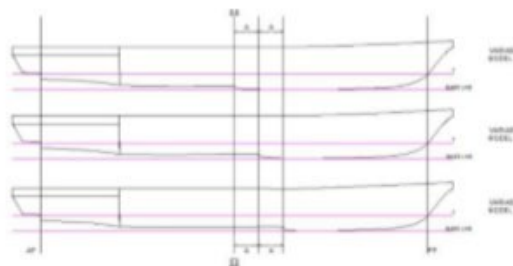
Pada kapal cepat dengan modifikasi stephull, sudut trim dari kapal monohull planing akan berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan dan rasio hambatan/displasemen akan bertambah seiring dengan meningkatnya kecepatan. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)





Gambar 2.8. Perhitungan antara sudut trim, R_t/Δ , dan Kecepatan

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 ke arah haluan. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)



Gambar 2.9. Posisi Stephull di midship lebih optimal disbanding dengan posisi yang lebih ke haluan

4.2 Tahanan Kapal

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



air. Untuk mengatasi tahanan tersebut, maka kapal membutuhkan sejumlah daya dorong sehingga dapat melewati air laut dengan kecepatan tertentu sesuai dengan kebutuhan operasinya. Daya dorong ini berupa gaya yang bekerja untuk melawan hambatan pada badan kapal yang tercelup di air, hambatan gelombang dan hambatan dari angin yang mengenai badan kapal yang berada di atas permukaan air laut. Hambatan-hambatan tersebut merupakan komponen tahanan kapal yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.

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

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

A. Tahanan gesek (*Friction resistance*)

Tahanan gesek timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai tahanan gesek. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang di lalulinya. 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*, R_n)

$$R_n = \frac{v \times L}{\nu} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

v : Kecepatan (m/s)

L : Panjang (m)

ν : Viskositas air

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

$$C_f = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

(Merupakan formula dari ITTC)

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

$$Slr = \frac{V_s}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots(2.5)$$

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

B. Tahanan sisa (*Residual Resistance*)

Tahanan sisa didefenisikan 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 (Superstruktura) 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)

C. Tahanan Total (*Total Resistance*)

Tahanan total kapal terdiri dari beberapa komponen tahanan. Menurut Guldahammer dan Harvald (harvald, 1983), komponen tahanan dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan di bawah ini:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T S v^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

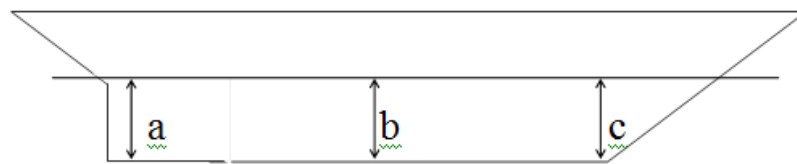
R_T = Tahanan Total (N)



- ρ = Massa jenis Fluida (Kg/m^3)
 C_T = Koefisien tahanan total
 S = Luas bidang basah (m^2)
 v = Kecepatan (m/s)

4.2 Trim Kapal

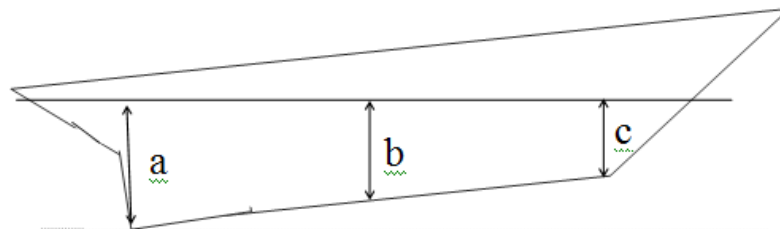
Hind (1967) menyatakan bahwa trim adalah perbedaan antara *draft* depan dan *draft* belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Trim biasanya diukur dalam ukuran inci yang dinyatakan sebagai positif dan negatif. Trim terbagi menjadi 3 bagian, yaitu *even keel*, *trim by the head*, dan *trim by the stern*.



Gambar 2.10 Kapal Kondisi Even Keel.
 Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

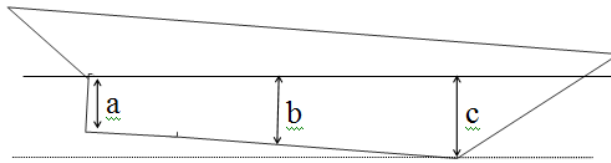
Gambar 2.11 menunjukkan kapal trim even keel yaitu *draft* depan sama dengan *draft* belakang ($a = c$) dimana $b=(a+c)/2$, hanya terjadi bilamana kapal tidak dalam keadaan hogging atau sagging.

Gambar II



Gambar 2.11 Kapal Kondisi *Trim by Stern*.
 Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

Gambar III



Gambar 2.12 Kapal Kondisi *Trim by Head*.
Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

2.2 Tangki Percobaan (*Towing Tank*)

Towing tank adalah tangki percobaan yang berisikan air tawar (tidak digunakan air asin dengan alasan kerusakan alat / model), berbentuk persegi panjang. *Towing tank* umumnya digunakan untuk mengetes tahanan dengan menggunakan model yang bergerak dalam tangki pada kecepatan tertentu sepanjang tangki. (Djabbar, 2011)



Gambar 2.13. Tangki Percobaan

2.2 Perbandingan Model

Zohuri B (2015) menuliskan bahwa dalam pembuatan model kapal harus memenuhi Hukum perbandingan sebagai berikut:

a. Kesamaan Geometris

Pada dasarnya kesamaan geometri antara model dan kapal dapat diperoleh jika rasio semua dimensi model dan kapal adalah sama. Secara matematika maka dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$L_{ratio} = \frac{L_{model}}{L_{ship}} \text{ atau } \frac{L_M}{L_S} = L_r \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana,



- L_r = skala model
 L_m = panjang model (m)
 L_s = panjang Kapal (m)

b. Kesamaan Kinematis

Kesamaan kinematis merujuk pada persamaan gerakan. Karena gerakan dideskripsikan oleh jarak dan waktu, itu menunjukkan kesamaan panjang (kesamaan geometri) dan kesamaan interval waktu. Jika panjang model dan prototipe memiliki rasio tetap kecepatannya harus memiliki rasio tetap terhadap interval waktu. Kesamaan kinematis dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$\frac{V_M}{\sqrt{gL_M}} = \frac{V_S}{\sqrt{gL_S}} \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana,

- V_M = kecepatan model (m/det)
 V_S = kecepatan kapal (m/det)

c. Kesamaan Dinamis

Kesamaan dinamis adalah kesamaan gaya. Perbedaan gaya antara kapal dan model harus memiliki rasio skala yang sama. Gaya yang dimaksud adalah tekanan, gaya grafitasi, viskositas, elastisitas dan tegangan permukaan. Selain itu, sifat fisik yang mempengaruhi adalah massa jenis, viskositas, elastisitas, dan lainnya. Sebagai contoh, gaya yang bekerja pada inersia $f_i = \rho v^2 l^2$ dan yang bekerja pada viskositas $f_v = \mu v l$, dan memiliki rasio konstan pada semua *homologous points* model dan prototipe, memberikan persamaan berikut:

$$\frac{(f_i)_{\text{model}}}{(f_i)_{\text{prototype}}} = \frac{(f_v)_{\text{model}}}{(f_v)_{\text{prototype}}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Atau

$$\left(\frac{f_i}{f_v}\right)_{\text{model}} = \left(\frac{f_i}{f_v}\right)_{\text{prototype}} = \left(\frac{vl\rho}{\mu}\right)_{\text{model}} = \left(\frac{vl\rho}{\mu}\right)_{\text{prototype}}$$

$$(Re)_{\text{model}} = (Re)_{\text{prototype}}$$

Dimana:

$$Re = \text{Reynold number, } vl/v$$



- v = Kecepatan
 l = Panjang
 ν = Viskositas kinematis (m^2/det)
 ρ = Massa jenis (kg/m^3)

Untuk menghindari terjadinya ombak pada dinding tangki atau biasa disebut dengan *blockage effect* maka ukuran model harus disesuaikan dengan ukuran tangki serta tinggi air dalam tangki dengan sarat model. Menurut harvald, penentuan lebar model (B_m) adalah sebagai berikut:

$$B_m < 1/10 B \text{ tangki} \dots \dots \dots (2.10)$$

2.10 Metode Wyman

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 *Maine Maritime Academy* (Eric W. Sponberg, 2010). Koefisien Wyman dijabarkan sebagai berikut :

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

Dimana :

- C_w : Koefisien *Wyman*
 v : Kecepatan (m/s)
 Lwl : Panjang garis air (m)



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

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

Dimana :

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

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

$$DHP = SHP \times \eta_s \eta_b \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

- DHP : *Power Delivery* (HP)
- $\eta_s \eta_b$: Efisiensi poros dan baling-baling

Selanjutnya setelah nilai dari *Power Delivery* sudah didapatkan kemudian *Power Delivery* digunakan untuk mencari nilai EHP (*Effective Horse*



Power) atau biasa juga disebut *Power Effective* (PE) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat (*resistance*), agar kapal dapat bergerak. Adapun persamaannya diuraikan sebagai berikut:

$$EHP = DHP \times Pc \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$Pc = \eta_{rr} \times \eta_o \times \eta_h \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

- Dimana :
- η_{rr} : Efisiensi relatif rotatif (1,02-1,05)
 - η_o : Efisiensi propeller saat *open water test*
(40% - 70%)
 - η_h : Efisiensi lambung kapal

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

- Dimana :
- t : Thrust deduction power ($t = k \times w$)
 - w : Wake friction ($w = [0,5Cb] \times 0,05$)
 - Cb : Koefisien blok

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

$$R_t = \frac{EHP}{v} \quad \dots\dots\dots(2.17)$$

- Dimana :
- EHP : *Power Effective* (HP)
 - R_t : Tahanan total (kN)
 - v : Kecepatan (m/s)



BAB III

METODE PENELITIAN

2.5 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan penelitian dilaksanakan terhitung mulai bulan Januari 2021.

4.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini ada dua yakni berbasis eksperimen dan simulasi numerik menggunakan *software maxsurf*. Pengujian model dilakukan dalam rangka mendapatkan data kecepatan dan kondisi trim kapal, sedangkan simulasi numerik menggunakan *software maxsurf* dilakukan untuk mendapatkan nilai tahanan dari kapal berlambung tiga tangga di air tenang.

2.2 Metode Pengumpulan Data

- a) Data prime/langsung, data yang diperoleh secara langsung atau data yang pertama kali dikumpulkan. Data primer dari penelitian ini yaitu :
 - 1. Data ukuran utama Kapal Cepat
 - 2. Gambar lines plan Kapal Cepat
- b) Data sekunder/tidak langsung, adapun metode pengumpulan data sekunder dengan cara sebagai berikut:
 - Kajian pustaka, merupakan metode pengambilan data dengan cara mempelajari literatur yang relevan dengan studi yang dilakukan.

4.2 Metode Pengolahan Data



Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan bantuan beberapa fasilitas yang tersedia di laboratorium hidrodinamika kapal untuk melakukan eksperimen dalam memperoleh kecepatan dan kondisi trim kapal serta

software maxsurf untuk memperoleh nilai tahanan kapal. Ada pun yang diperlukan untuk mengelolah data sebagai berikut:

3.4.1 Kajian Pustaka

Pada tahap ini, penulis mengumpulkan daftar referensi dari semua jenis referensi yang terkait dengan permasalahan yang diteliti seperti buku, jurnal, artikel, disertasi, tesis, skripsi, dan karya ilmiah lainnya.

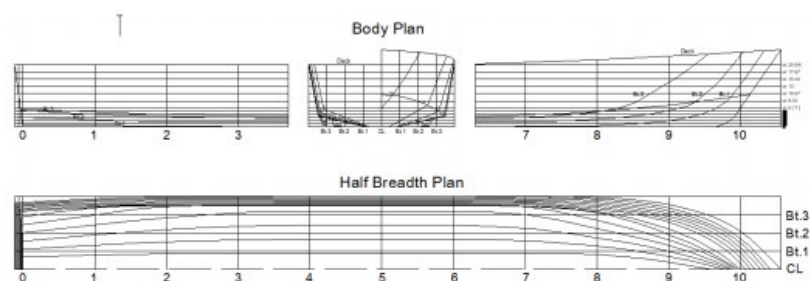
3.4.2 Data Kapal

Kapal yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini adalah jenis Kapal Cepat Semi Planing SS 44 dengan dimensi kapal sebagai berikut:

Tabel 3.1 Ukuran Utama Kapal

1. <i>Length Over All</i> (LOA)	: 19,00 m
2. <i>Length Between Perpendicular</i> (LBP)	: 17,72 m
3. <i>Length Water Line</i> (LWL)	: 17,77 m
4. <i>Breadht</i> (B)	: 4,51 m
5. <i>Depth</i> (H)	: 1,80 m
6. <i>Draught</i> (T)	: 0,45 m
7. <i>Displacment</i>	: 20,17 ton

Sumber : Agung A,2019



Sumber : Agung A,2019

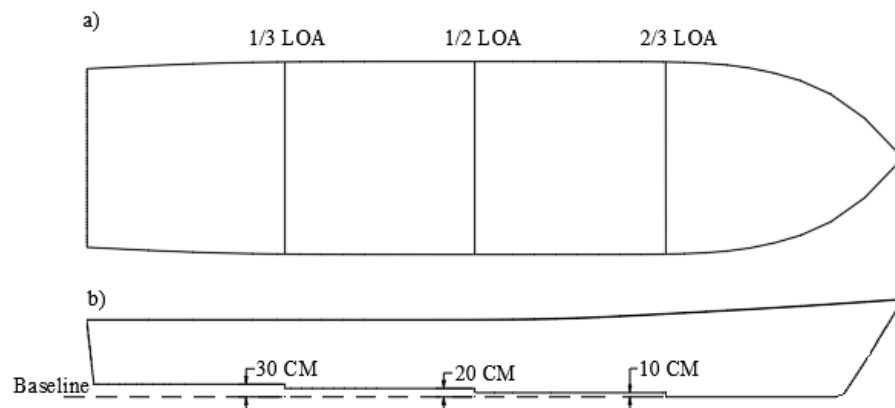
Gambar 3.1 Lines plan kapal pada *software autocad*



4.2 Pemodelan Kapal Berlambung Tiga Tangga Menggunakan Maxsurf

Setelah semua data dan referensi terkumpul, selanjutnya dilakukan pemodelan ulang atau modifikasi model kapal dengan menambahkan bentuk stepped pada bagian lambung kapal menggunakan *software Maxsurf Modeller*.

Pada tahap pemodelan kapal feri berlambung tiga tangga dirancang menjadi empat bentuk yaitu bentuk stepped V, U, W dan 2-U dimana luas bidang basahnya adalah sama. Untuk lokasi penempatan stepped, dimana satu stepped terletak di dekat dasar haluan sekitar $\frac{2}{3}$ Loa dari transom, untuk dua stepped berada disekitar pertengahan kapal atau $\frac{1}{2}$ Loa dan untuk tiga stepped berada di $\frac{1}{3}$ Loa dari transom. Untuk ketinggian stepped yaitu naik sebesar 10 cm setiap steppednya dihitung dari baseline. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Sumber: Hasil olah data

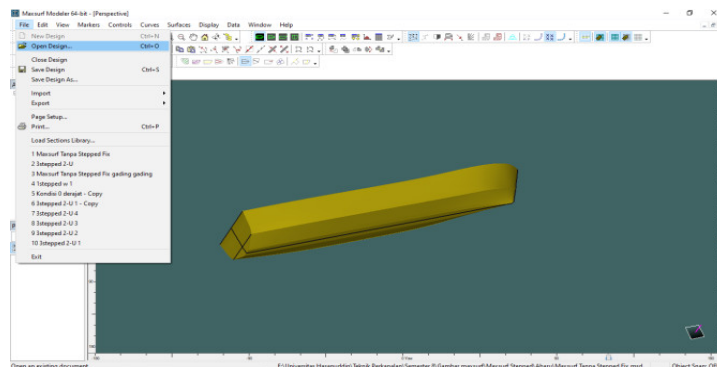
Gambar 3.2 Sketsa peletakan Stepped kapal

Dari Gambar 3.2 dapat diketahui lokasi peletakan setiap ujung stepped pada gambar bagian a, dan untuk setiap kenaikan steppednya dapat dilihat a gambar b.



Adapun langkah-langkah pembuatan model dengan lambung stepped sebagai berikut:

1. Membuka program *Maxsurf Modeler* dan pilih *file* lalu *open file*, cari *file maxsurf*.

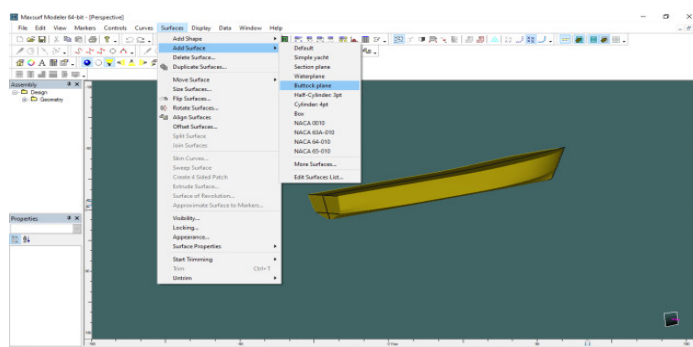


Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.3 Tampilan awal model kapal tanpa stepped pada *Maxsurf Modeller*

Pada kasus ini model dengan stepped V yang akan dibuat terlebih dahulu. Adapun data ukuran utama kapal dan tabel *offset linesplan* kapal feri cepat terdapat pada Tabel 3.1 dan Lampiran 1

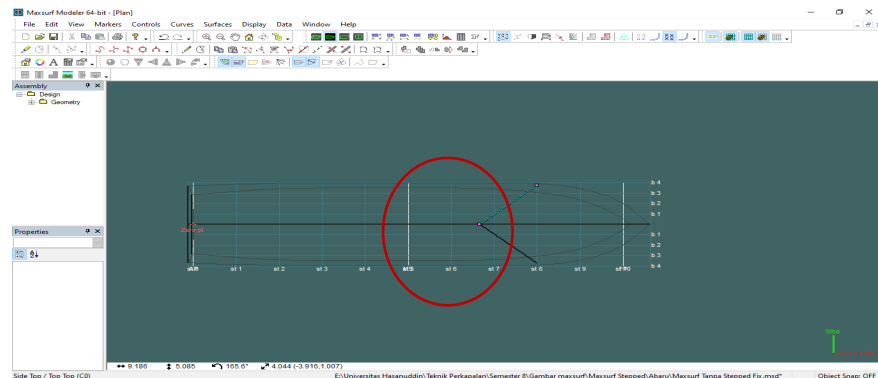
2. Membuat penampang stepped dengan cara masuk ke menu *surface* lalu *add surface* dan pilih *buttock* untuk penampang melintang dan *waterplane* sebagai dasarnya.



Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.4 Tampilan awal model kapal tanpa stepped pada *Maxsurf Modeller*

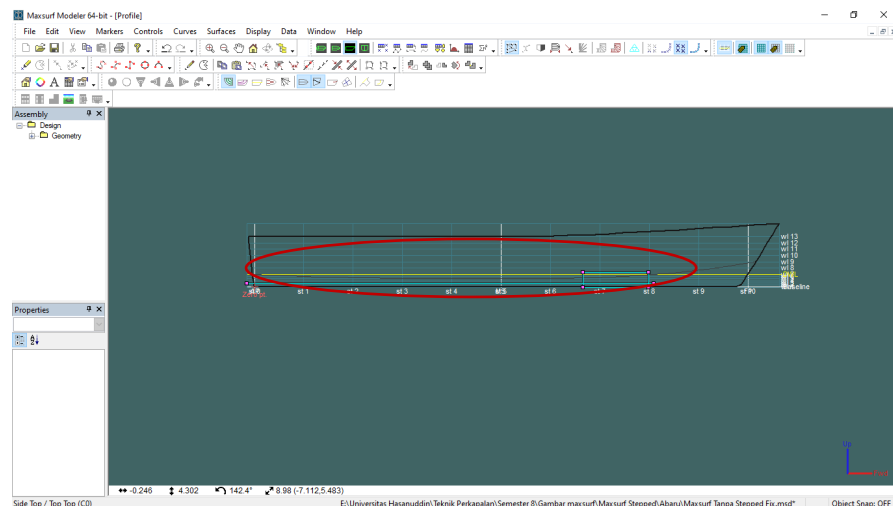
Letakkan ujung stepped pada posisi yang telah ditentukan lalu sesuaikan luasan penampang segitiga hingga mencapai 14,999 m² pada aplikasi autocad sehingga nantinya luasan bidang basah seluruh kapal adalah sama.



Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.5 Tampak atas kapal dengan penampang stepped V

3. Membuat dasar stepped dengan cara pilih *menu surface* lalu *add surface* dan pilih *waterline*. Penambahan waterline baru berguna sebagai penampang dasar kapal untuk ketinggian 10 cm dari *baseline*.



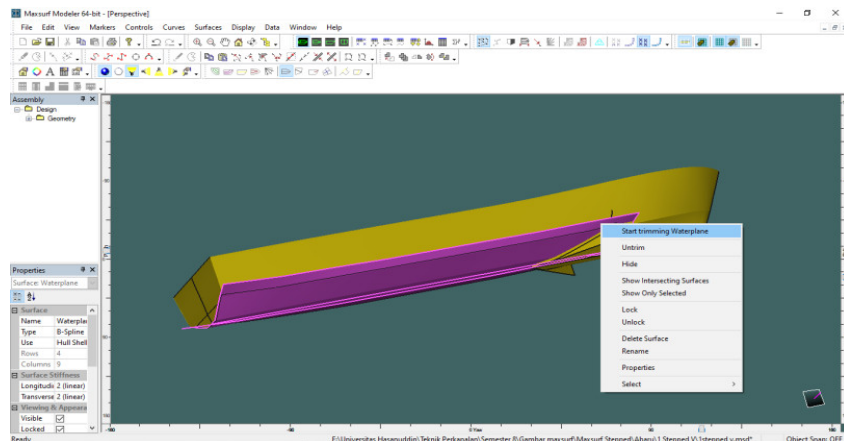
Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.6 Tampak samping kapal dengan stepped V

Setelah dilakukan penambahan penampang melintang dan *waterplane* maka selanjutnya dilakukan proses trim untuk membentuk stepped



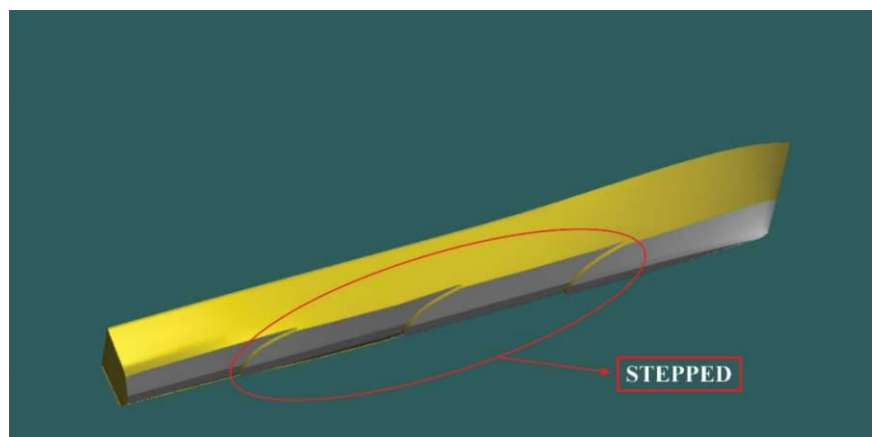
kapal bentuk V. Langkah pertama yaitu klik *surface* yang akan ditrim lalu klik kanan kemudian pilih menu *start to trimming*, klik kembali *surface* yang akan ditrim lalu klik kanan. Setelah itu klik *trim* maka bentuk stepped akan terbentuk. Perhatikan Gambar 3.7



Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.7 Proses trim kapal untuk membuat stepped V

5. Setelah dilakukan *trim surface*, maka akan dihasilkan bentuk kapal seperti pada Gambar 3.8 dimana bentuk stepped yang dibuat adalah tiga stepped v



Sumber: Hasil olah data

Gambar3.8 Tampak kapal dengan tiga stepped v pada *maxsurf modeller*

3.6 Pembuatan Model Kapal

Model dibuat di Laboratorium Hidrodinamika Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Ukuran utama model diperoleh dari hasil penskalaan (λ) berdasarkan pada kesamaan geometri dengan menggunakan persamaan 2.7. Beberapa kebutuhan yang diperlukan selama pembuatan model dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 . Kebutuhan / material pembuatan model.

No	Komponen	Satuan	Jumlah
1	Resin butek	Kg	3
2	Tripleks	Lembar	2
3	Lem korea	Botol	20
4	Katalis	Botol	1
5	Lem fox putih	Botol	1
6	Lem lilin	Batang	5
7	Dempul	Kaleng	2
8	Thinner	Kg	4
9	Epoxy	Kg	2
10	Cat dasar (abu-abu)	Kg	1
11	Cat kuning	Kg	1
12	Mat 300	Kg	1
13	Lakban Kedap	Buah	2
14	Cutter	Buah	2
15	Mata cutter	Pack	1
16	Spidol	Buah	2
17	Kuas	Buah	2
18	Amplas	Meter	1
19	Mata Gerinda Potong	Buah	1



Pembuatan lambung model kapal cepat dilakukan beberapa tahap sebagai berikut :

1. Gambar model dibagi menjadi beberapa *section*. *Section* yang telah dibagi dipisah pisahkan sehingga dapat dibentuk menjadi sebuah *frame*. *Section* diberikan ketebalan agar menjadi pola untuk *frame*.
2. Gambar *section* diprint dan ditempel ke material yang akan dijadikan *frame*



Gambar 3.9 Gambar *section* pada material *frame*.

3. *Section* akan membentuk pola yang kemudian dipotong sehingga membentuk *frame*
4. *Frame* yang sudah jadi direkatkan pada pola *waterline* model secara terbalik sehingga *deck* model berada di bawah



Gambar 3.10 Gambar *frame* direkatkan pada pola *waterline*.

5. *Frame* yang sudah terpasang secara keseluruhan selanjutnya dapat dipasang kulit membentuk pola dari susunan *frame* tersebut.

6. Permukaan yang masih kurang rata akan ditambahkan dempul guna menghasilkan permukaan yang rata kemudian dihaluskan dengan diampelas.
7. Dilanjutkan membuat cetakan dengan mengaplikasikan serat met ke keseluruhan badan kapal lalu dioleskan resin yang sudah di campurkan dengan katalis guna memudahkan nanti cetakan di lepas dari rangkanya.
8. Setelah cetakan terbentuk, maka selanjutnya dilakukan pembuatan model kapal dengan memasang bentuk *stepped*. Selanjutnya mengoleskan *mirror glass* ke cetakan yang berfungsi agar cetakan dan model kapal nantinya mudah untuk dilepas.



Gambar 3.11 Pemasangan *Stepped*.

9. Aplikasikan serat met ke dalam cetakan dengan mengikuti model cetakan.
10. Oleskan resin yang sudah dicampurkan dengan katalis ke serat met yang sudah di aplikasikan ke cetakan.
11. Setelah kering model kapal dilepaskan dari cetakan.



Gambar 3.12 Pelepasan model dari cetakan.

12. Langkah selanjutnya, menambahkan dempul ke permukaan model kapal yang masih kurang rata kemudian dihaluskan kembali dengan diampelas.
13. Pemasangan sekat pada model
14. Selanjutnya dapat dilakukan proses pengcatan
15. Penempatan lubang propeller dihitung dari $\frac{2}{3}$ dari T kapal.
16. Pemasangan tabung shaft dan shaft
17. Pemasangan *propeller*
18. Menghubungkan mesin dengan *shaft propeller*.



Gambar 3.13 Pemasangan *shaft* dan mesin pada model.

3.6 Persiapan Pengujian

Sebelum melakukan pengujian kapal, terdapat beberapa hal yang harus dipersiapkan. Hal yang harus dipersiapkan diantaranya adalah matriks waktu pengujian, matriks kebutuhan pengujian, dan SOP pengujian. Masing-masing hal tersebut akan dibahas berikut ini.

3.7.1 Matriks waktu pengujian

Matriks waktu pengujian diperlukan untuk mengetahui berapa lama tiap tahapan pengujian dilakukan. Matriks waktu pengujian secara rinci disajikan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Matriks waktu pengujian

No	Tahapan Pengujian	Waktu
1	Menghubungkan mesin dengan esc	10 detik
2	Menghubungkan esc dengan receiver	10 detik
3	Menghubungkan esc dengan baterai	10 detik
4	Menyalakan remot control	10 detik
5	Menghubungkan mesin dengan remot control	5 detik
6	Memastikan remot control telah terhubung dengan model	5 detik
7	Memastikan propeller dan rudder dapat difungsikan	10 detik
8	Memastikan model bisa bergerak dengan kecepatan yang diinginkan	10 detik



3.7.2 Matriks kebutuhan pengujian

Matriks kebutuhan pengujian merupakan rincian kebutuhan yang diperlukan selama pengujian. Matriks kebutuhan pengujian secara rinci memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Menggunakan ESC (*Elektronic speed control*) dengan arus maksimal 120 ampere.



Gambar 3.14 ESC(*Elektronic speed control*)

2. Menggunakan Remote control 6 channel sebagai kendali utama dengan jarak maksimal 150m.



Gambar 3.15 Remote Control

3. Menggunakan Receiver 6 channel sebagai penerima sinyal dari remote control.





Gambar 3.16 Receiver

4. Menggunakan baterai 3 sel dengan kapasitas 5200mAh dengan discharge current (kekuatan hingga baterai kosong) 25C.



Gambar 3.17 Baterai

5. Menggunakan motor DC *brushless* 2445 – 5400KV.



Gambar 3.18 Motor DC brushless

6. Menggunakan propeller 36 mm diameter keseluruhan dengan lubang ditengah untuk shaft sebesar 4mm.



Gambar 3.19 Propeller 3 blade

7. Menggunakan Shaft dengan diameter 3mm dan universal joint 4mm.



Gambar 3.20 Shaft dan Universal Joint

Berikut matriks kebutuhan pengujian secara rinci dapat dilihat pada tabel dibawah ini :



Tabel 3.4. Matriks Kebutuhan Pengujian

No	Nama Barang	Jumlah
1	Model kapal cepat berlambung tiga tangga	4
2	ESC (<i>electronic speed control</i>)	1
3	Remote	1
4	Receiver	1
5	<i>Battery</i>	1
6	<i>Rudder</i>	1
7	Remote Control	1
8	<i>Shaft</i>	1
9	<i>Fleksibel Joint</i>	1
10	Stopwatch	1

3.7.3 SOP Pengujian

Sebelum melakukan eksperimen pengujian tahanan kapal perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memastikan kolam pengujian dalam kondisi baik.
2. ESC (*electronic speed control*) telah terpasang dengan *Battery*.
3. Rudder, Shaft dan Propeller serta semua baut-baut lengkap dan dalam kondisi baik.
4. Remote Control dan Receiver dalam kondisi baik dan siap digunakan.

Setelah melakukan langkah persiapan selanjutnya dilakukan pengukuran kecepatan kapal melalui prosedur pengujian sebagai berikut :

1. Menyalakan semua peralatan yang akan digunakan :
 - a. Menghubungkan mesin dengan esc
 - b. Menghubungkan esc dengan receiver
 - c. Menghubungkan esc dengan baterai
 - d. Menyalakan remot control
 - e. Menghubungkan mesin dengan remot control.
2. Memasang pemberat pada kapal hingga sarat kapal terpenuhi.
3. Mengatur jarak sepanjang 10 m



4. Menyiapkan Stopwatch untuk mengetahui berapa waktu yang diperlukan kapal untuk melewati jarak 10 m setiap variasi kecepatan.
5. Kapal siap diuji dan dikontrol oleh *Remote Control*.

4.2 Analisis data

Setelah pengujian model, dilakukan analisis data dengan tahapan sebagai berikut.

3.8.1 Analisis Kecepatan dan Derajat Trim Model Kapal

Untuk mendapatkan nilai kecepatan dilakukan 3 variasi kecepatan berbeda yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dimana untuk masing-masing variasi kecepatan dilakukan percobaan sebanyak 2 kali dengan jarak yang konstan sehingga dapat ditentukan nilai kecepatan model kapal. Pada setiap kecepatan yang berbeda akan dihasilkan kondisi trim yang berbeda, untuk mengetahui besar sudut trim dari setiap kecepatan maka gambar yang didapatkan dari hasil pengujian dimasukkan ke dalam *software autocad* dengan cara mengukur sudut kemiringan sarat model kapal terhadap permukaan air (sarat model kapal pada setiap kecepatan)

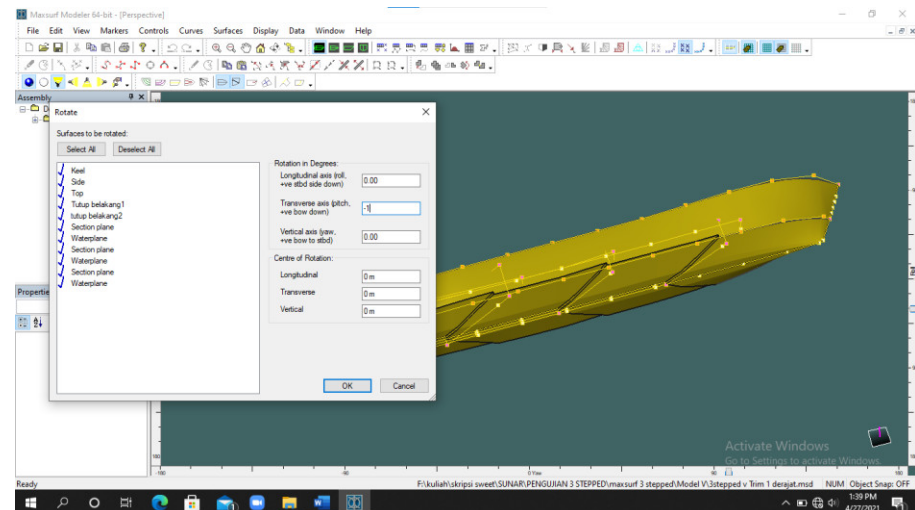
3.8.2 Pengkondisian Trim Model Kapal

Setelah memperoleh derajat trim, selanjutnya menginput kondisi trim model kapal ke dalam aplikasi maxsurf modeller untuk mendapatkan bentuk model kapal sesuai dengan masing-masing kondisi trim Adapun langkah – langkah dalam memberikan variasi trim menggunakan program *Maxsurf Modeller* adalah sebagai berikut

- 1) Mengondisikan trim model kapal dengan cara membuka menu *surface* kemudian pilih *rotate surface*, maka akan muncul kotak dialog baru. Pilih menu *Select all* untuk memilih semua *surface* pada model yang sudah dibuat. Untuk menu *Transverse axis* masukkan nilai -1 yang



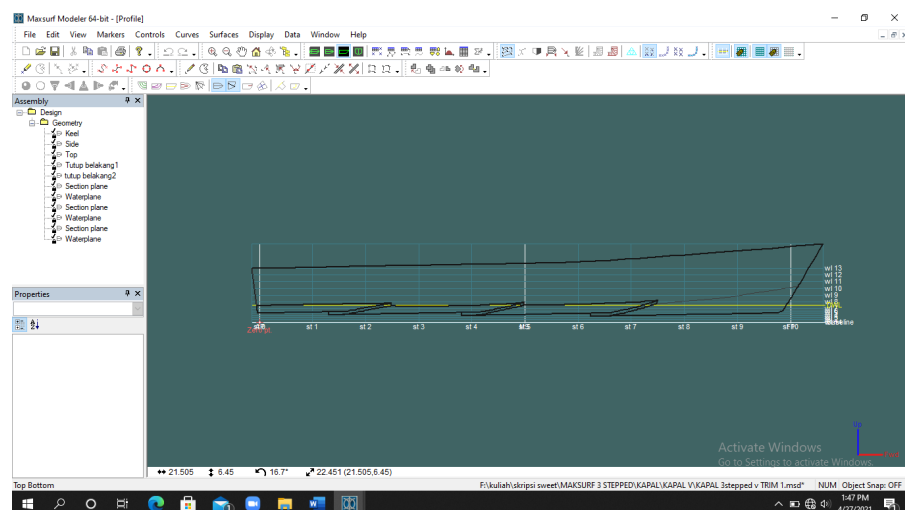
artinya model akan mengalami trim sebesar 1 derajat. Untuk nilai minusnya sendiri adalah arah rotasi ke bawah untuk bagian buritan. Untuk menu *centre of rotation* biarkan nol untuk *longitudinal*, *transverse* dan *vertical*. Hal ini dimaksudkan supaya yang mengalami rotasi atau putaran pada model adalah pada titik *zero point*.



Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.21 Tampilan menu rotate surface

- 2) Selanjutnya yaitu model akan mengalami rotasi seperti tampilan *profile* atau tampak samping berikut. Sama halnya pada kondisi trim 1° , untuk kondisi trim berikutnya dilakukan hal yang sama.



Sumber: Hasil olah data

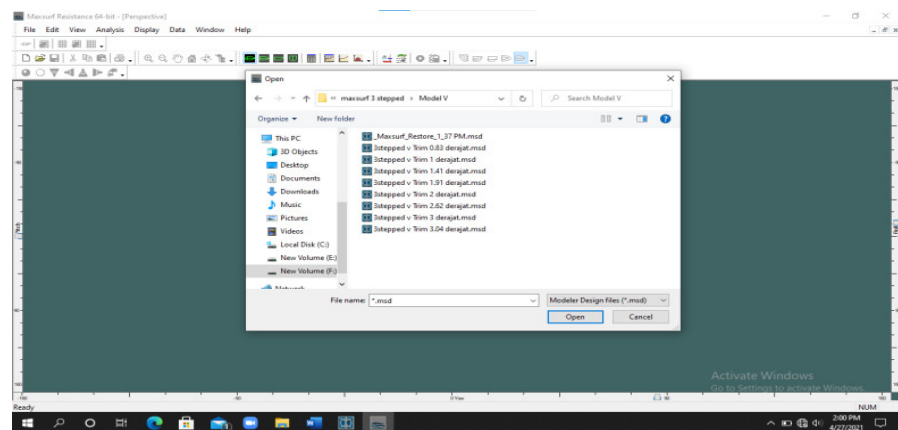
Gambar3.22 Tampilan *profile* model kapal 3 stepped v



3.8.3 Menghitung Tahanan Model Kapal dengan Maxsurf Resistance

Pada tahap ini, model kapal yang sudah dikondisikan sesuai dengan sudut trim akan dihitung nilai tahanannya dengan menggunakan metode *Wyman* dalam *software Maxsurf Resistance*. Adapun langkah pengerjaannya diuraikan sebagai berikut:

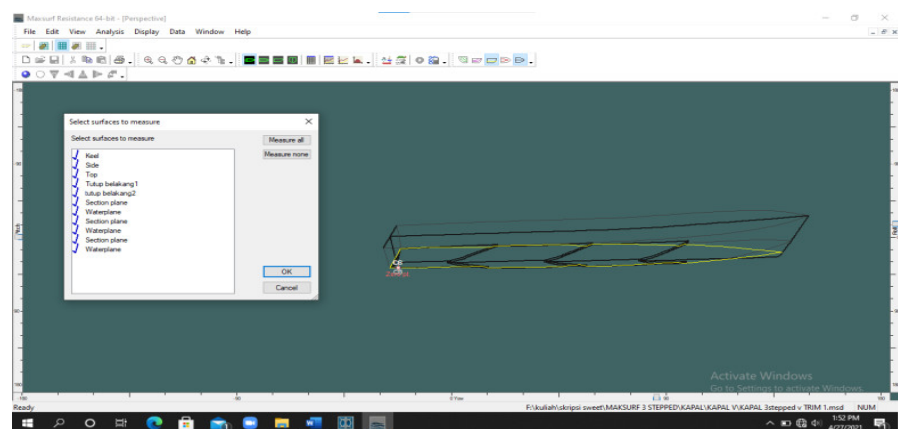
1. Membuka program *Maxsurf Resistance* dan membuat lembar kerja baru dengan memilih *File* lalu *open design* dengan membuka *file* yang telah dibuat di *Maxsurf Modeler*.



Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.23 Tampilan awal *maxsurf resistance*

2. Setelah membuka *file* model kapal yang sudah dikondisikan sesuai dengan sudut trim, kemudian akan muncul kotak dialog baru untuk memilih *surface* yang akan dihitung. Pilih *Measure All*.

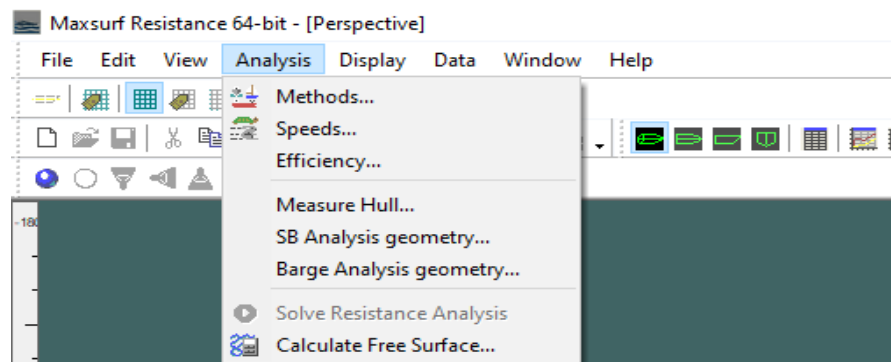


Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.24 Tampilan pemilihan *surface*



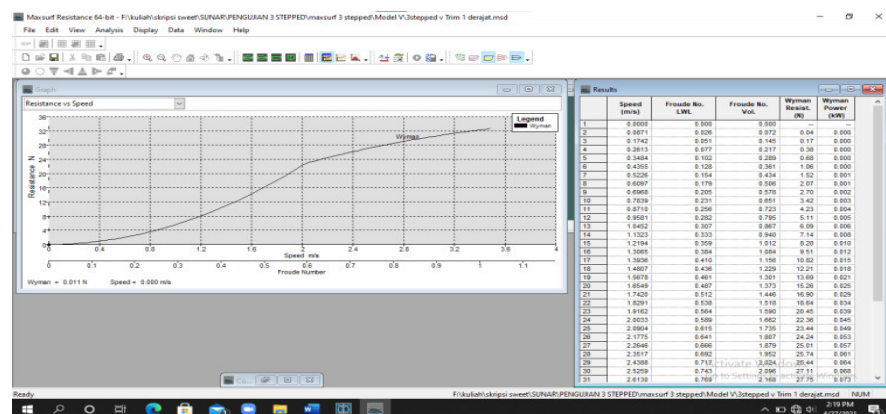
- Langkah selanjutnya yaitu memilih menu *analysis* kemudian akan muncul kotak *Methode*, *Speeds* dan *Efficiency*. Untuk metode perhitungan tahananannya gunakan metode *Wyman*, untuk *Speeds* atau kecepatan atur dari 0 m/s sampai kecepatan tertinggi model dan untuk *efficiency* pilih 60 %. Kemudian pilih *Calculate Free Surface*.



Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.25 menu *analysis*

- Membuka data hasil perhitungan tahanan dengan menggunakan metode *Wyman* dengan cara membuka kotak *result* dan *graph*.



Sumber: Hasil olah data

Gambar 3.26 Data nilai Tahanan dan Kurva nilai Tahanan dengan metode *Wyman*

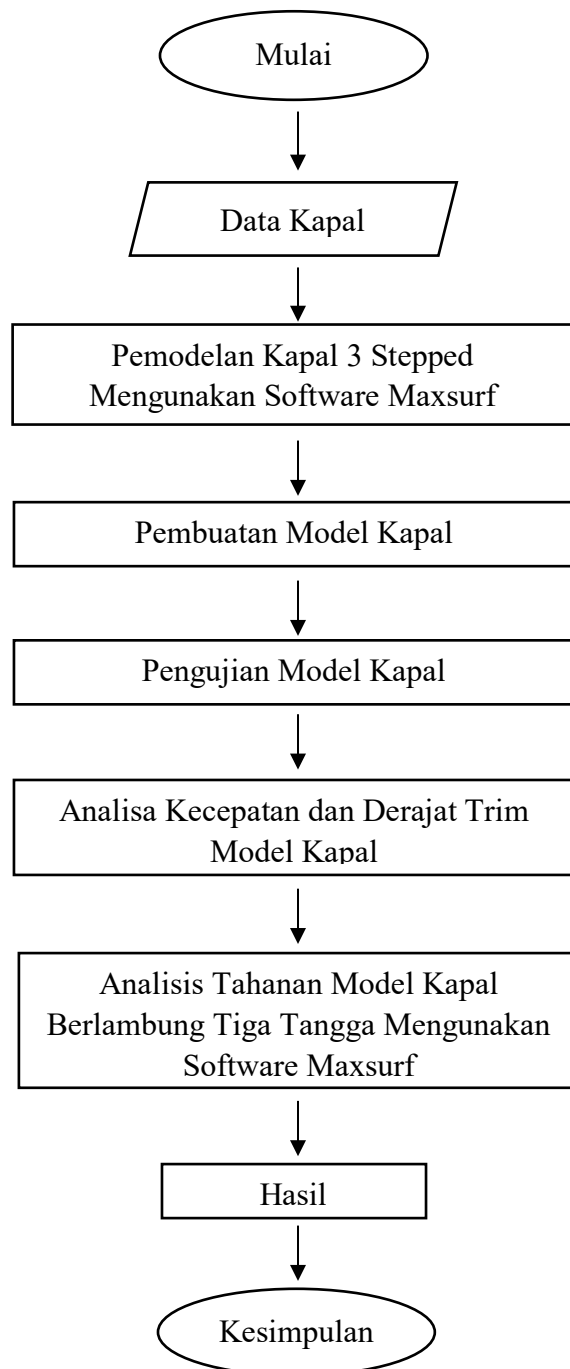
4.2 Penarikan Kesimpulan



Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan terhadap hasil analisis yang dilakukan sekaligus menjawab rumusan masalah yang telah disusun sebelumnya.

3.10 Kerangka Pemikiran

Berikut digambarkan alur penelitian secara singkat sebagaimana dibawah ini:



Gambar 3.27 Kerangka pikir penelitian