

**INVESTIGASI EKSPERIMEN COURSE-KEEPING STABILITY KAPAL
TONGKANG DENGAN VARIASI BENTUK DAN DIMENSI SKEG
SKRIPSI**

*Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Strata 1 (S1)
Sarjana Teknik Perkapalan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin*



**HASRUL
D311 16 314**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2021**



LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

*Investigasi Eksperimen Course-Keeping Stability Kapal Tongkang Dengan
Variasi Bentuk dan Dimensi Skeg*

Disusun dan diajukan oleh:

HASRUL

D311 16 314

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

Gowa, 12 Juli 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



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

Andi Dian Eka Anggriani, ST., MT
NIP. 19870824 201903 2 009

Mengetahui,

**Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**



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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hasrul
NIM : D311 16 314
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Investigasi Eksperimen Course-Keeping Stability Kapal Tongkang Dengan Variasi Bentuk dan Dimensi Skeg

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

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil orang lain, maka saya bersedia mengenai sanksi atas perbuatan tersebut

Gowa, 12 Juli 2021

Yang menyatakan,



Hasrul



ABSTRAK

Hasrul,” INVESTIGASI EKSPERIMEN COURSE-KEEPING STABILITY KAPAL TONGKANG DENGAN VARIASI BENTUK DAN DIMENSI SKEG”(dibimbing oleh Suandar Baso dan Andi Dian Eka Anggriani)

Dalam merancang suatu kapal perlu diperhatikan beberapa aspek, salah satunya aspek penting yang perlu diperhatikan adalah tentang kemampuan olah gerak akibat gelombang air laut pada perairan yang diinginkan. Hal ini berkaitan dengan gerakan kapal yang merupakan respon suatu kapal dari gaya luar yang bekerja pada kapal tersebut. Gerakan yang ditimbulkan karena gaya luar yang bekerja atau gelombang air laut akan mempengaruhi keselamatan dan kenyamanan penumpang atau awak kapal itu sendiri.

Salah satu parameter utama lainnya yang sangat menentukan terhadap stabilitas kapal adalah bentuk konstruksi lambung, maka dari itu dibutuhkan terobosan-terobosan terbaru untuk mengatasi permasalahan tersebut salah satu terobosan tersebut adalah dengan menambahkan *skeg* pada bagian transome kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar pengaruh pemasangan *skeg* terhadap stabilitas kapal yang dihasilkan sebelum dan sesudah pemasangan *skeg*.

Dalam pengujian ini ada dua(2) jenis *skeg* yang di bandingkan dengan tiga(3) sudut variasi. Dimana jenis *skeg* yaitu Acute Angel Skeg (AAS) dan Round Bend Skeg (RBS), dari hasil yang di dapatkan dimana panjang tali tidak mempengaruhi *Amplitudo* yang di hasilkan dari pengujian. Sedangkan untuk gerak *swaying* panjang tali sangat berpengaruh untuk *Amplitudo* yang di hasilkan. Pengaruh terbesar dari data *swaying* yang di peroleh adalah jenis *skeg* dan pengaruh kolam pada air. Untuk gerak *yawing* muatan 50% yang di hasilkan pada pengujian, dimana gerak yang paling netral di setiap panjang tali adalah jenis AAS 40°, sedangkan untuk gerak *yawing* muatan 100% yang di hasilkan pada pengujian, dimana gerak yang paling netral di setiap panjang tali adalah jenis AAS 40°. Untuk gerak *swaying* muatan 50% yang di hasilkan pada pengujian, dimana gerak yang paling netral di setiap panjang tali adalah jenis AAS 40°, Sedangkan untuk gerak *swaying* muatan 100% yang di hasilkan pada pengujian, dimana gerak yang paling netral pada 1L panjang tali adalah jenis AAS 40°. Berdasarkan hasil pengujian dari berbagi variasi bentuk *skeg*, berdasarkan pengaruh panjang tali dan variasi sarat, dapat di simpulkan bentuk Acute Angel Skeg 40° menghasilkan amplitudo dan gerak yang paling netral di bandingkan bentuk *skeg* lainnya.

Kata Kunci : Tongkang, Skeg, dan Course Keeping Stability



ABSTRAK

Hasrul, "COURSE-KEEPING STABILITY EXPERIMENTAL INVESTMENT OF BARGE WITH VARIATION OF SKEG'S SHAPE AND DIMENSIONS" (supervised by Suandar Baso and Andi Dian Eka Anggriani)

It is necessary to give more attention on several aspects in designing a ship, one of the important aspects that need to be considered is the ability to maneuver due to the sea waves in the desired waters. This relates to the movement of the ship which is the response of a ship from the external force acting on the ship. Movements caused by external forces acting or the waves of the sea water will affect the safety and comfort of the passengers or crew of the ship itself.

One of the other main parameters that really determines the stability of the ship is the shape of the hull construction, therefore the latest breakthroughs are needed to overcome these problems. The purpose of this study was to determine how much the installation of the *skeg* affected the stability of the final ship before and after the installation of skeg.

In this test, there were two (2) types of skeg compared to three (3) angles of variation. The types of skeg are *Acute Angel Skeg* (AAS) and *Round Bend Skeg* (RBS). The results showed that the length of the rope did not affect the amplitude generated from the test. In contrast, the swaying motion of the rope influenced the amplitude. The biggest influence of the swaying data obtained is the type of skeg and the effect of the pool on the water. For the 50% load yawing motion produced in the test, the most neutral motion in each length of the rope was the AAS 40° type, while for the 100% load yawing motion produced in the test, the most neutral motion in each length of the rope was AAS 40° type. For the 50% charge swaying motion generated in the test, the most neutral motion in each length of the rope was the AAS 40° type, while for the 100% charge swaying motion generated in the test, the most neutral motion in 1L length of the rope was AAS 40° type. Based on the test results from various variations of skeg shapes, based on the influence of rope length and laden variations, it can be concluded that the Acute Angel Skeg 40° form produces the most neutral amplitude and motion compared to other skeg forms.

Keywords: Barge, Skeg, and Course Keeping Stability



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta shalawat dan salam penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal penelitian ini dengan judul penelitian yaitu:

“INVESTIGASI EKSPERIMEN COURSE-KEEPING STABILITY KAPAL TONGKANG DENGAN VARIASI BENTUK DAN DIMENSI SKEG”

Pengerjaan proposal penelitian ini merupakan persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk dapat melanjutkan ketahap Skripsi guna mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusunan tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang saya lalui dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan baik itu berupa doa, materi, bimbingan, semangat, dan dorongan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, saya mengucapkan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak, yaitu kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu **Bapak Capt. Alm. Dg Tallasa** dan **Ibu Hawiah** atas kasih sayang, dukungan, pengorbanan dan doa yang selama ini telah diberikan, serta terima kasih kepada keluarga besar atas sumbangsi dan dorongan yang telah diberikan.
2. Bapak **Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.**, selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin, sekaligus dosen pembimbing I, dan kepala Laboratorium Hidrodinamika Kapal atas segala kesabaran dan waktu yang telah diluangkannya untuk memberikan dukungan, bimbingan serta pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.

Andi Dian Eka Anggriani, ST., MT. selaku dosen pembimbing II, yang meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan



mulai dari awal penelitian hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini selesai.

4. **Ibu Wihdat Djafar, ST., MT., MlogsupChMgmt.** dan **Ibu Ir. Hj. Rosmani, MT.** selaku penguji dalam seminar skripsi, yang telah memberikan masukan yang membangun serta saran guna tercapainya hasil yang lebih baik dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Teman-teman Angkatan 2016, khususnya **CRUIZER 2016** dan teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. **Annisa Fitrah Ramadhani** yang telah memberikan perhatian, semangat, dukungan, bantuan dan doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini
7. Rekan-rekan di Laboratorium Hidrodinamika, yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan dan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Seluruh dosen, staff, dan karyawan Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Saya menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan, oleh karena itu sebagai penulis, saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga karya ini dapat bermanfaat.

Makassar, Juli 2021

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Skeg.....	5
2.2. Course keeping stability.....	6
2.3. Gerak yawing dan swaying.....	7
2.4. Kapal Tongkang.....	8
. <i>Barrack barge</i>	9
. <i>Dry Bulk Cargo Barge</i>	9



2.4.3.	<i>Liquid Cargo Barge</i>	10
2.4.4.	<i>Car-float Barge</i>	10
2.4.5.	<i>Split Hopper Barge</i>	11
2.4.6.	<i>Power barge</i>	12
2.5.	Operasional Kapal tunda dan tongkang.....	12
2.5.1.	Operasional	12
2.5.2.	Kapal Tunda atau Tug Boat	13
2.5.3.	Operasional Kapal Tunda dan Tongkang.....	15
2.6.	Pengujian Model.....	16
2.7.	Tangki Tarik (Towing Tank).....	20
2.8.	Tali Tunda	22
METODE PENELITIAN.....		24
3.1.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	24
3.1.1.	Lokasi penelitian	24
3.1.2.	Waktu penelitian	24
3.2.	Jenis Penelitian	24
3.3.	Metode Pengumpulan Data	24
3.4.	Metode Pengolahan Data.....	25
3.4.1.	Data Kapal.....	25
3.4.2.	Pemodelan.....	26
3.4.3.	Matriks Kebutuhan Pengujian.....	27
3.4.4.	Pembuatan Model Fisik.....	31
3.4.5.	Penentuan skenario pengujian.....	39
	Pengujian model.....	39
	Analisis Data	42



3.7. Penarikan Kesimpulan.....	43
3.8. Kerangka Berpikir	43
BAB IV	45
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1. Design Skeg.....	45
4.1.1 Acute Angel Skeg (AAS).....	45
4.1.2 Round-Bend Skeg	46
4.2. Skala Perbandingan Kecepatan Model.....	48
4.3. Proses Pengambilan Data Pengujian	49
4.3.1. Data Yawing.....	50
4.3.2. Data Swaying	51
4.4. Skenario Pengujian.....	53
4.5. Hasil Pengujian Course Keeping Stability Kapal Tongkang	53
4.5.1. Kondisi sarat 50% Acute Angel Skeg dan Round Bend Skeg	53
4.5.2. Kondisi Pemuatan 100% Acute Angel Skeg dan Round Bend Skeg...	65
4.6. Perbandingan Model Skeg Sesuai Gerak Kapal dan Sarat.....	77
4.6.1. Perbandingan Skeg Gerak Yawing Sarat 50%	77
4.6.2. Perbandingan Skeg Gerak Yawing Muatan 100%	80
4.6.3. Perbandingan Skeg Gerak Swaying Muatan 50%	83
4.6.4. Perbandingan Skeg Gerak Swaying Muatan 100%	86
4.7. Tabel Kesimpulan Perbandingan Panjang Tali, Sarat dan Jenis Skeg	89
Untuk penarikan kesimpulan untuk jenis skeg terbaik saat pengujian ada beberapa parameter pengambilan kesimpulan, yaitu mempertimbangkan variasi panjang tali, variasi sarat dan juga variasi bentuk skeg. Berikut beberapa parameter pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil pengujian:	89
Panjang tali terbaik berdasarkan variasi sarat dan jenis skeg.....	89



Untuk sarat 50% berikut tabel prngambilan kesimpulannya:.....	89
Untuk sarat 100% berikut tabel prngambilan kesimpulannya:.....	90
b. Jenis skeg terbaik berdasarkan variasi sarat, panjang tali dan jenis skeg....	90
BAB V	91
KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN.....	93



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Ukuran utama kapal	25
Tabel 3.2. Ukuran model kapal dengan skala 1:50	27
Tabel 3.3 Matriks kebutuhan pengujian.....	30
Tabel 3.4 Panjang tali.....	32
Tabel 3.5. Variasi Sarat.....	32
Tabel 3.6. Kebutuhan / material pembuatan model	33
Tabel 4.1. data pengujian gerak yawing pada jenis AAS 20° muatan 50%.....	50
Tabel 4.2. data pengujian gerak swaying pada jenis AAS 20° muatan 50%	52
Tabel 4.3. Panjang tali terbaik berdasarkan variasi sarat dan jenis skeg Untuk sarat 50%.....	89
Tabel 4.3. Panjang tali terbaik berdasarkan variasi sarat dan jenis skeg Untuk sarat 100%.....	90
Tabel 4.1. Jenis skeg terbaik berdasarkan variasi sarat, panjang tali dan jenis skeg	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. variasi bentuk skeg yang umum terpakai	6
Gambar 2.2 macam-macam gerak pada kapal	7
Gambar 2.3. Tongkang.....	7
Gambar 2.4 <i>Barrack Barge</i>	9
Gambar 2.5. Dry bulk cargo barge.....	10
Gambar 2.6 Liquid cargo barge	10
Gambar 2.7 <i>Car-Float Barge</i>	11



Gambar 2.8 <i>Split Hopper Barge</i>	11
Gambar 2.9 <i>Power barge</i>	12
Gambar 2.10. Kapal tunda	13
Gambar 2.11. Kapal tunda	16
Gambar 2.12. Kolam Uji.....	21
Gambar 2.13. Alat Penarik Model (<i>carriage</i>).....	21
Gambar 2.14 <i>Tali Tambat</i>	22
Gambar 3.1. <i>Lines Plan</i>	26
Gambar 3.2. Pemodelan melalui aplikasi AutoCAD	26
Gambar 3.3 ESC(<i>Elekctronic speed control</i>).....	28
Gambar 3.4 Remote Control	28
Gambar 3.5 Receiver.....	28
Gambar 3.6 Baterai	29
Gambar 3.7 Motor DC brushless	29
Gambar 3.8 Profeller 3 blade	30
Gambar 3.9 Shaft dan Universal Joint	30
Gambar 3.10. <i>Section</i>	34
Gambar 3.11. <i>Frame</i>	34
Gambar 3.12. Pembentukan <i>frame</i>	34
Gambar 3.13. <i>Frame</i> direkatkan pada pola waterline	35
Gambar 3.14. Proses pemasangan kulit	35
Gambar 3.15. Hasil setelah pemasangan kulit	36
Gambar 3.16. Pemberian resin dan <i>fiber matt</i>	36



Gambar 3.17. Model setelah proses dempul	37
Gambar 3.18. Hasil pengecatan <i>epoxy</i>	37
Gambar 3.19. Hasil pengecatan model	37
Gambar 3.20. Hasil <i>marking</i> model	38
Gambar 3.21. pembuatan model skeg	38
Gambar 3.22. penempatan dan jarak skeg	38
Gambar 3.23. skema pengujian	40
Gambar 3.24. proses pengujian	41
Gambar 3.25. penempatan compas pengukur gerak yawing	41
Gambar 3.26. penempatan camera perekam gerak swaying	41
Gambar 3.27 bentuk data yaw dan sway yang terambil	43
Gambar 3.28. proses analisis data swaying	43
Gambar 3.29. Diagram alur penelitian	44
Gambar 4.1 Design skeg jenis Acute Angel Skeg (AAS) 20°	45
Gambar 4.2 design skeg jenis Acute Angel Skeg (AAS)40°	46
Gambar 4.3 design skeg jenis Acute Angel Skeg (AAS) 60°	46
Gambar 4.4 design skeg jenis Round Bend Skeg (RBS) 20°	47
Gambar 4.5 design skeg jenis Round Bend Skeg (RBS) 40°	47
Gambar 4.6 design skeg jenis Round Bend Skeg (RBS) 60°	48
Gambar 4.7 Proses pengambilan data pengujian	49
Gambar 4.8 Pengambilan data yawing	50
Gambar 4.9 Penggambaran data swaying	52
Gambar 4.10 Kondisi pemuatan 50%	53



Gambar 4.11 grafik gerak yawing pada jenis AAS 20° kondisi sarat 50%	54
Gambar 4.12 grafik gerak swaying pada jenis AAS 20° kondisi sarat 50%	55
Gambar 4.13 grafik gerak yawing pada jenis AAS 40° kondisi sarat 50%	55
Gambar 4.14 grafik gerak swaying pada jenis AAS 40° kondisi sarat 50%	56
Gambar 4.15 grafik gerak yawing pada jenis AAS 60° kondisi sarat 50%	57
Gambar 4.16 grafik gerak swaying pada jenis AAS 60° kondisi sarat 50%	58
Gambar 4.17 grafik gerak yawing pada jenis RBS 20° kondisi sarat 50%	59
Gambar 4.18 grafik gerak swaying pada jenis RBS 20° kondisi sarat 50%	60
Gambar 4.19 grafik gerak yawing pada jenis RBS 40° kondisi sarat 50%	60
Gambar 4.20 grafik gerak swaying pada jenis RBS 40° kondisi sarat 50%	61
Gambar 4.21 grafik gerak yawing pada jenis RBS 60° kondisi sarat 50%	62
Gambar 4.22 grafik gerak swaying pada jenis RBS 60° kondisi sarat 50%	63
Gambar 4.23. Kondisi Pemuatan 100%	63
Gambar 4.24 grafik gerak yawing pada jenis AAS 20° kondisi sarat 100%	64
Gambar 4.25 grafik gerak swaying pada jenis AAS 20° kondisi sarat 100%	65
Gambar 4.26 grafik gerak yawing pada jenis AAS 40° kondisi sarat 100%	66
Gambar 4.27 grafik gerak swaying pada jenis AAS 40° kondisi sarat 100%	66
Gambar 4.28 grafik gerak yawing pada jenis AAS 60° kondisi sarat 100%	67
Gambar 4.29 grafik gerak swaying pada jenis AAS 60° kondisi sarat 100%	68
Gambar 4.30 grafik gerak yawing pada jenis RBS 20° kondisi sarat 100%	69
Gambar 4.31 grafik gerak swaying pada jenis RBS 20° kondisi sarat 100%	69

4.32 grafik gerak yawing pada jenis RBS 40° kondisi sarat 100%	70
4.33 grafik gerak swaying pada jenis RBS 40° kondisi sarat 100%	71



Gambar 4.34 grafik gerak yawing pada jenis RBS 60° kondisi sarat 100%	72
Gambar 4.35 grafik gerak swaying pada jenis RBS 60° kondisi sarat 100%	72
Gambar 4.36 perbandingan skeg pada gerak yawing sarat 50% dan 1L tali	73
Gambar 4.37 perbandingan skeg pada gerak yawing sarat 50% dan 1,5L tali	74
Gambar 4.38 perbandingan skeg pada gerak yawing sarat 50% dan 1,5L tali	75
Gambar 4.39 perbandingan skeg pada gerak yawing sarat 100% dan 1L tali	76
Gambar 4.40 perbandingan skeg pada gerak yawing sarat 100% dan 1,5L tali	77
Gambar 4.41 perbandingan skeg pada gerak yawing sarat 100% dan 2L tali	78
Gambar 4.42 perbandingan skeg pada gerak swaying sarat 50% dan 1L tali.....	79
Gambar 4.43 perbandingan skeg pada gerak swaying sarat 50% dan 1,5L tali.....	80
Gambar 4.44 perbandingan skeg pada gerak swaying sarat 50% dan 2L tali.....	81
Gambar 4.45 perbandingan skeg gerak swaying sarat 100% dan 1L tali	82
Gambar 4.46 perbandingan skeg pada gerak swaying sarat 100% dan 1,5L tali.....	83
Gambar 4.47 perbandingan skeg pada gerak swaying sarat 100% dan 2L tali.....	84



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Menurut peraturan menteri perhubungan Republik Indonesia nomor PM. 48 tahun 2018 pasal 1 ayat 4 yang berbunyi, kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah. Penyelenggaraan kewajiban pelayanan publik untuk angkutan barang adalah pelaksanaan angkutan barang dari dan ke daerah tertinggal, terpencil, terluar, dan perbatasan sesuai dengan trayek yang telah ditetapkan, dengan tetap memperhatikan dan menjaga keselamatan serta keamanan transportasi. Angkutan laut adalah kegiatan angkutan yang menurut kegiatannya melayani kegiatan angkutan laut. Salah satu jenis kapal yang digunakan dalam pelayanan angkutan barang adalah kapal tongkang. Kapal tongkang adalah jenis kapal yang membawa barang-barang dan muatan dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lainnya.

Dalam merancang suatu kapal perlu diperhatikan beberapa aspek, salah satunya aspek penting yang perlu diperhatikan adalah tentang kemampuan olah gerak akibat gelombang air laut pada perairan yang diinginkan. Hal ini berkaitan dengan gerakan kapal yang merupakan respon suatu kapal dari gaya luar yang bekerja pada kapal tersebut. Gerakan yang ditimbulkan karena gaya luar yang bekerja atau gelombang air laut akan mempengaruhi keselamatan dan kenyamanan penumpang atau awak kapal itu sendiri.

Salah satu parameter utama lainnya yang sangat menentukan terhadap stabilitas kapal adalah bentuk konstruksi pada bagian transome kapal, maka dari itu dibutuhkan terobosan-terobosan terbaru untuk mengatasi permasalahan tersebut

tersebut adalah dengan menambahkan *skag* pada bagian kapal. Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengetahui seberapa besar



pengaruh penambahan *skeg* terhadap stabilitas kapal yang dihasilkan setelah pemasangan *skeg*.

1.2. Rumusan Masalah

Dilihat dari latar belakang yang dijelaskan, maka permasalahan yang akan diteliti adalah:

- Bagaimana pengaruh *skeg* berdasarkan bentuk dan dimensi terhadap gerak yawing dan swaying kapal tongkang?

1.3. Tujuan Penelitian

Dilihat dari rumusan masalah yang ada, tujuan yang ingin dicapai adalah :

- Mengetahui bagaimana pengaruh *skeg* berdasarkan bentuk dan dimensi terhadap gerak yawing dan swaying kapal tongkang.

1.4. Batasan Masalah

Dilihat dari permasalahan yang ada maka perlu ada pembatasan masalah agar dalam penelitian bisa mempermudah analisis dan menjadi lebih teratur :

1. Sampel yang digunakan adalah model tongkang 300 x 80 x 20 Ft.
2. Model menggunakan skala perbandingan 1 : 50.
3. Panjang tali tambat yang digunakan adalah 1L, 1,5L dan 2L. Dimana L merupakan LOA dari tongkang. Diameter tali tambat yang di gunakan adalah 2 mm yang di sesuaikan dengan skala pebandingan 1 : 50.
4. Jenis *skeg* yang dimaksud adalah *Acute Angel Skeg* (AAS) dan *Round Bend Skeg* (RBS), dimana sudut yang di gunakan adalah 20°, 40°, dan 60°.
5. Jarak antara *skeg* di sesuaikan dengan *skeg* yang terpasang pada tongkang.
6. Muatan yang di gunakan pada model di sesuaikan dengan sarat kapal.
7. Metode yang digunakan dalam mengerjakan penelitian ini adalah pengujian model.

Tongkang dalam keadaan sarat 50 % dan 100%.

Pengujian gerak Swaying dan Yawing dilakukan di air tenang.



10. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode penarikan oleh tug boat yang di beri mesin.
11. Eksperimen yang akan dilakukan menggunakan beberapa skenario, berdasarkan bentuk dan dimensi skeg yang di gunakan.
12. Pengujian dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan tidak lain mempertimbangkan manfaat yang ingin dicapai yakni :

1. Memberikan hasil data percobaan untuk dijadikan bahan acuan dalam pembuatan jurnal penelitian.
2. Menjadi bahan acuan dalam merancang kapal barge yang menggunakan skag.
3. Dijadikan sebagai media bahan ajar terkait dengan materi *Course Skeaping Stability*.

1.6. Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan dalam penelitian ini yakni :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini mengemukakan tentang penjelasan informasi keseluruhan dari penelitian ini yang kemudian diturunkan menjadi latar belakang, rumusan masalah, tujuan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan tentang teori-teori dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa masalah sehingga diperoleh penyelesaian dari masalah yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



Pada bab ini berisi tentang metode yang digunakan untuk mengumpulkan data serta kerangka analisa data untuk menyelesaikan masalah secara bertahan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan mengenai masalah yang ada yakni mengetahui *Course Stability* pada kapal tongkang yang mengalami kebocoran melalui percobaan model.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran-saran yang berkaitan dengan penulisan.

DAFTAR PUSTAKA

Di bagian daftar pustaka berisi tentang literatur-literatur yang menjadi sumber acuan penyelesaian penelitian.

LAMPIRAN



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

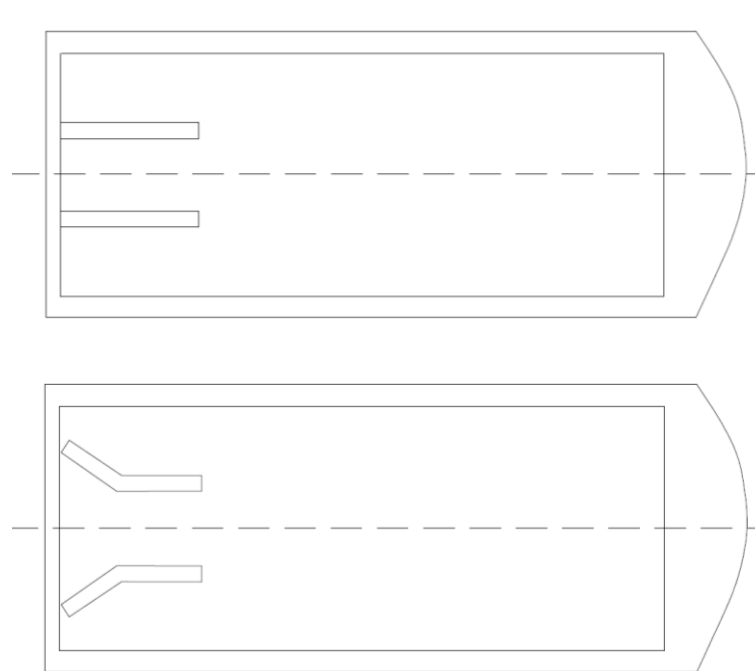
2.1. Skeg

Skeg adalah salah satu bentuk modifikasi yang diberikan pada bagian buritan kapal (semacam sirip) yang bertujuan untuk membantu fluida mengalir lebih smooth melewati lambung kapal. Pada umumnya skeg dibagi menjadi dua jenis, pertama adalah jenis skeg yang ditempatkan inboard dengan shaft propeller, skeg jenis ini mempunyai dua fungsi yaitu untuk menyangga shaft, juga untuk memperlancar aliran fluida. Yang kedua adalah skeg yang ditempatkan outer shaft, skeg ini akan lebih efektif dalam mengatur aliran fluida agar lebih smooth menuju propeler (Dwitara, dkk., 2013) Lebih lanjut Dwitara, dkk. (2013) menguraikan bahwa tujuan barge menggunakan skeg pada bagian buritan kapal untuk membuat aliran fluida menjadi lebih smooth. Pada pengaplikasiannya, model skeg tidak hanya sebatas bentuk lurus membujur badan kapal (konvensional), namun juga ada bentuk variasi skeg yang dibengkokkan untuk mendapatkan aliran fluida yang diinginkan. Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengetahui pola aliran fluida yang terjadi akibat perubahan bentuk skeg.

Pada penelitian ini bentuk modifikasi yang diberikan pada bagian buritan kapal tongkang untuk mengubah arah aliran fluida yang melewati buritan kapal. Seiring berjalannya waktu, perkembangan bentuk skeg pada kapal tongkang sangat bervariasi. Penelitian yang lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui bentuk aliran yang ditimbulkan dan besar tekanan yang diakibatkan karena perubahan bentuk skeg tersebut.

Pada umumnya, jenis kapal tongkang menggunakan *skeg* pada bagian buritan kapal untuk membuat aliran fluida agar lebih *smooth*. Pada pengaplikasiannya, bentuk *skeg* tidak hanya berbentuk lurus membujur badan kapal (konvensional). Namun, juga ada bentuk variasi skeg yang dibengkokkan untuk mendapatkan aliran fluida yang diinginkan.





Gambar 2.1. variasi bentuk skeg yang umum terpakai

Gambar diatas menunjukkan variasi dari bentuk *skeg* kapal tongkang yang difungsikan untuk menjaga olah gerak kapal. Namun dari variasi bentuk *skeg* seperti gambar di atas belum pernah diadakannya penelitian untuk membahas gerak sway dan yaw yang di akibatkan oleh olah gerak kapal.

2.2. Course keeping stability

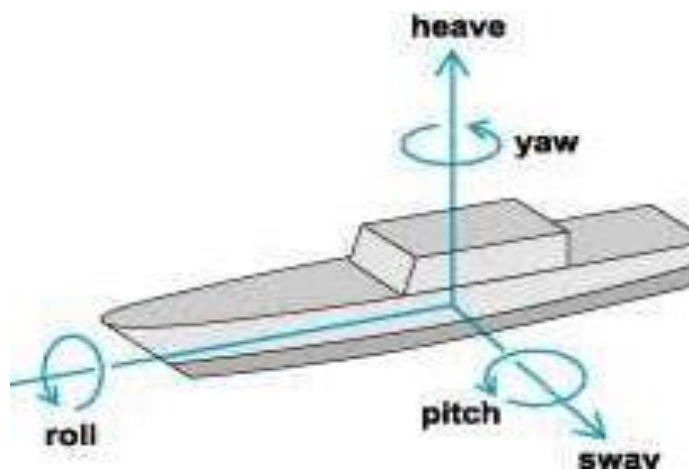
Course keeping stability adalah kemampuan untuk mengarahkan sebuah kapal ke arah yang lurus dengan gerakan kemudi (*rudder*) yang minim walaupun adanya gangguan. (*Committee of Commerce, 1977*). Secara umum *course keeping stability* masih perlu dilakukan penelian yang lebih lanjut untuk melihat gerakan kapal yang terjadi. Menurut *Committee of Commerce, course keeping stability* dibagi menjadi 2 yaitu stabil secara dinamis dan stabil secara statis. Stabil secara statis yang dimaksud ketika kapal tidak mendapat gangguan dan kapal tersebut berjalan kearah yang lurus, sedangkan stabil secara dinamis yaitu ketika kapal mendapat gangguan pada gerak kapal, kapal tersebut akan meneruskan gerakan sepanjang kapal tersebut menerima gangguan dengan mengabaikan dari kemudi.



Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa studi mengenai *course keeping stability* kapal sistem derek dibahas untuk menyelidiki karakteristik gerak kapal derek dalam berbagai kecepatan dan sudut angin. Kijima dan Varyani (1986) melakukan analisis linier dan ditemukan bahwa ketika sudut angin berubah dari haluan ke buritan, stabilitas dari kapal yang ditarik cenderung menjadi tidak stabil. Selain itu, Kijima dan Wada (1983) mempresentasikan bahwa tentu saja stabilitas tongkang yang ditarik biasanya tidak stabil. Menggunakan model eksperimental dalam tangki penarik, Yasukawa dan Nakamura (2007) menemukan bahwa stabilitas tongkang yang tidak stabil akan pulih. Namun, tongkang yang ditarik itu dipisahkan dari kapal tunda, dimana gerak kapal tunda diasumsikan diberikan.

2.3. Gerak yawing dan swaying

Swaying adalah pergerakan pergeseran kapal dari kiri ke kanan (stabilitas arah) sedangkan Yawing adalah pergerakan memutar sisi bagian kapal agar dapat di kemudikan (stabilitas gerak samping). Pemilihan gerak yawing dan swaying karena gerak yang di akibatkan oleh tongkang identik dengan 2(dua) gerak tersebut. Dimana pada penujian kali ini dua gerak tersebut akan di buatkan grafik yang menunjukkan 2(dua) gerak tersebut.



Gambar 2.2 macam-macam gerak pada kapal



2.4. Kapal Tongkang

Kapal Tongkang merupakan suatu jenis kapal yang dengan lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung, digunakan untuk mengangkut barang dan ditarik dengan kapal tunda atau digunakan untuk mengakomodasi pasang-surut seperti pada dermaga apung. (Wikipedia, 2020).



Gambar 2.3. Tongkang

Sumber : <https://seosatu.com/>

Berdasarkan pengertian tersebut maka tongkang merupakan jenis kapal yang digunakan untuk membawa barang, namun tongkang tidaklah dapat bekerja sendiri atau tidak seperti kapal pada umumnya yang memiliki penggerak sendiri namun tongkang harus ditarik bersama dengan kapal atau angkutan laut lainnya di air. Pada umumnya tongkang digunakan pada perairan yang agak dangkal seperti sungai ataupun kanal. Namun pada saat sekarang ini sebagian besar tongkang digunakan secara luas di pelabuhan.

Tongkang telah dioperasikan sebelum masa revolusi industri. Sebelum revolusi industri di Eropa, tongkang digunakan sebagai alat transportasi utama untuk mengangkut barang melintasi tempat-tempat yang dihubungkan oleh perairan atau dalam hal ini sebagai jembatan untuk melintasi perairan. Tetapi setelah revolusi industry dan penemuan mesin uap, permintaan untuk penggunaan tongkang sebagai moda alat pengangkut barang mulai berkurang karena terkendala pada kecepatan. Namun pada zaman millennial ini, tongkang masih dapat ditemukan karena tongkang



berkembang menjadi alat utilitas yang penting untuk mengangkut barang seperti batubara, minyak, dan berbagai macam barang curah.

Karena perkembangan zaman, tongkang pun mengalami perkembangan. Adapun beberapa jenis tongkang menurut muatannya, yaitu:

2.4.1. Barrack barge

Barrack Barge biasa dikenal dengan rumah kapal. Rumah kapal seperti ini sangat umum di tempat-tempat seperti Kamboja, India Utara (Kashmir), Laos Australia, dan Kanada. Seperti namanya, jenis tongkang seperti ini terutama digunakan untuk keperluan tempat tinggal.



Gambar 2.4 *Barrack Barge*

Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Barracks_ship

2.4.2. Dry Bulk Cargo Barge

Dry Bulk Cargo Barges biasa dikenal dengan kapal tongkang pengangkut barang curah. Jenis tongkang seperti ini mengangkut barang curah kering seperti biji-bijian, makanan, pasir, mineral seperti baja, batubara serta barang-barang curah kering lainnya yang dapat dipindahkan melalui sistem angkut Tongkang.





Gambar 2.5. Dry bulk cargo barge

<https://products.damen.com/en/ranges/stan-hopper-barge/stan-hopper-barge-6020-unrestricted>

2.4.3. *Liquid Cargo Barge*

Jenis tongkang ini benar-benar berlawanan dengan tongkang kargo curah kering. Tongkang ini sangat berguna dalam membawa petrokimia dan pupuk yang digunakan terutama dalam keadaan cair, dan bahan kimia cair industri penting lainnya.



Gambar 2.6 Liquid cargo barge

<https://www.conradindustries.com/projects/inland-tank-barge-2/>

4. *Car-float Barge*

Jenis tongkang laut ini terutama digunakan pada awal abad ke-20 untuk mengangkut kereta rel. Secara sederhana, dapat dikatakan bahwa



kereta-kereta yang terpasang pada tongkang-tongkang ini seperti kereta-rel portabel yang diangkut dari satu lokasi ke lokasi lain. Di zaman sekarang, *car-float barge*, masih berfungsi di beberapa bagian Amerika Serikat.



Gambar 2.7 *Car-Float Barge*

<http://theyachtowner.net/2015/05/car-float-definition/>

2.4.5. *Split Hopper Barge*

Tongkang unik ini digunakan untuk membawa material kerukan karena dilengkapi dengan alat bongkar muat yang tepat. Tongkang *hopper split* digunakan secara luas dalam tujuan konstruksi kelautan karena dapat membongkar material (Tanah, pasir, material kerukan, dll.) Di lokasi. Tongkang ini dapat berupa tipe *self-propelled* yang dilengkapi dengan motor hidrolis dan unit silinder untuk membelah lambung. Ini memiliki lambung terbuka split yang dioperasikan secara hidrolis untuk membawa bongkar muat bahan konstruksi.



Gambar 2.8 *Split Hopper Barge*

<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/split-hopper-barge-124048064.html>



2.4.6. *Power barge*

Power Barge merupakan pembangkit listrik yang dapat dipindahkan yang dimana pembangkit listrik yang dipasang di dek tongkang dan ditarik oleh kapal tunda. Mulanya *power barge* digunakan sebagai sumber daya pembangkit listrik berskala besar yang dapat di angkut selama Perang dunia II.



Gambar 2.9 *Power barge*

<https://judydailies.files.wordpress.com/2015/04/power-ship-465x330.jpg>

2.5. Operasional Kapal tunda dan tongkang

2.5.1. Operasional

Menurut <https://kbbi.web.id/operasional> arti kata operasional ialah berhubungan dengan operasi, yang dimana operasi yang dimaksud berdasarkan pada aturan, operasi yang sesuai dan tidak menyimpang dari suatu norma atau kaidah. Dilansir melalui kaskus.co.id Secara umum, Pengertian Operasional adalah konsep yang bersifat abstrak untuk memudahkan pengukuran suatu variabel. atau operasional dapat diartikan sebagai pedoman dalam melakukan suatu kegiatan ataupun pekerjaan penelitian.

Definisi operasional menurut karakteristik yang diobservasi untuk mendefinisikan atau mengubah konsep-konsep yang berupa konstruk dengan kata-kata yang menggambarkan suatu perilaku atau gejala yang diamati, diukur, dan di tentukan kebenarannya kepada orang lain. operasional adalah



defenisi praktis atau operasional bukan defenisi teoritis tentang variable atau istilah lain dalam penelitian dalam penulisan yang dianggap penting.

2.5.2. Kapal Tunda atau Tug Boat

Menurut situs kutipan dari id.wikipedia.org/wiki/Kapal_tunda menyatakan bahwa pengertian kapal tunda (bahasa Inggris: *tug boat*) adalah kapal yang dapat digunakan untuk melakukan manouver/ pergerakan, utamanya menarik atau mendorong kapal lainnya di pelabuhan, laut lepas atau melalui sungai atau terusan. Kapal tunda digunakan pula untuk menarik tongkang, kapal rusak, dan peralatan lainnya.

Kapal tunda memiliki tenaga yang besar bila dibandingkan dengan ukurannya. Kapal tunda zaman dulu menggunakan mesin uap, saat ini menggunakan mesin diesel. Mesin Induk kapal tunda biasanya berkekuatan antara 750 sampai 3.000 tenaga kuda (500 s.d. 2.000 kW), tetapi kapal yang lebih besar (digunakan di laut lepas) dapat berkekuatan sampai 25.000 tenaga kuda (20.000 kW). Kebanyakan mesin yang digunakan sama dengan mesin kereta api, tetapi di kapal menggerakkan baling-baling. Dan untuk keselamatan biasanya digunakan minimum dua buah mesin induk.



Gambar 2.10. Kapal tunda

https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_tunda

Kapal tunda memiliki kemampuan manuver yang tinggi, tergantung unit penggerak. Kapal Tunda dengan penggerak konvensional memiliki baling-baling di belakang, efisien untuk menarik kapal dari pelabuhan ke pelabuhan lainnya. Jenis penggerak lainnya sering disebut *Schottel*



propulsion system (azimuth thruster/ Z propeller) di mana baling-baling di bawah kapal dapat bergerak 360 derajat atau sistem propulsi *Voith-Schneider*, yang menggunakan semacam pisau di bawah kapal yang dapat membuat kapal berputar 360 derajat.

Secara umum, kapal tunda atau *tug boat* diperlukan untuk membantu menarik kapal lainnya, sesuai dengan kegunaannya maka kemampuan tenaga pendorong dan peruntukan kapal tunda atau *tug boat* ditetapkan oleh syahbandar.

Posisi kapal tunda ini berbeda saat menunda kapal, oleh karena itu menurut posisinya kapal tunda pada saat menunda kapal dibedakan menjadi 3, yaitu:

- a. Towing Tug Boat (Kapal Tunda Tarik)
- b. Pushing Tug Boat (Kapal Tunda Dorong)
- c. Side Tug Boat (Kapal Tunda Tempel)

Adapun Keputusan Menteri Perhubungan No.24 tahun 2002 tentang penggunaan kapal tunda untuk membantu olah gerak kapal. Adapun ketentuan penggunaan jasa penundaan yang berlaku yaitu:

- a. Panjang kapal 70 meter sampai dengan 100 meter menggunakan 1 (satu) unit kapal tunda yang mempunyai daya minimal 800 HP
- b. Panjang kapal diatas 100 meter sampai dengan 150 meter menggunakan 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 1600 HP
- c. Panjang kapal diatas 150 meter sampai dengan 200 meter menggunakan 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 3400 HP
- d. Panjang kapal diatas 200 meter sampai dengan 300 meter menggunakan minimal 2 (dua) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 5000 HP
- e. Panjang kapal diatas 300 meter, ditunda minimal 3 (tiga) unit kapal tunda dengan jumlah daya minimal 10000 HP



Berdasarkan pernyataan diatas maka kapal tunda ialah kapal yang memiliki tenaga besar bila dibandingkan dengan ukurannya, dan dapat digunakan untuk manuever/mengolah gerak utamanya, menarik atau mendorong kapal lain dilaut lepas maupun membantu proses lepas sandar di dermaga suatu pelabuhan.

2.5.3. Operasional Kapal Tunda dan Tongkang

Pengoperasian kapal tunda dan tongkang sering kita jumpai di sepanjang Selat Malaka, atau bahkan di perairan Asia Tenggara dan negara Asia lainnya. Tongkang yang mengangkut kargo atau barang lainnya umumnya tidak memiliki propeller sendiri sehingga bergantung pada kapal tunda untuk memberinya daya dorong, sehingga kapal tunda adalah tenaga penggerak utama dari tongkang yang dihubungkan menggunakan tali penarik jarak tongkang bisa mencapai 200 m atau lebih, Metode yang paling umum kita jumpai adalah derek tunggal (single tow), dimana satu kapal tunda menarik satu tongkang.

Untuk menghitung berapa tarikan tonggak kapal tunda terhadap tongkang yang ditarik dengan perpindahan Δ dan dimensi formula berikut, maka *Transport Canada Publication* telah mengeluarkan (TP 11960 E tahun 1995) sebagai panduan.

$$BP = \{(\Delta^2 / 3 V^3/120 \times 60) + (0,06 B \times D)\} \times K$$

Keterangan:

BP = tarik tonggak yang diperlukan (ton)

Δ = perpindahan penuh dari kapal derek (ton)

V = kecepatan derek (knot)

B = luasnya kapal penarik (meter)

D = kedalaman bagian melintang yang terbuka dari kapal penarik termasuk muatan geladak, diukur di atas permukaan air (meter)

K = faktor yang mencerminkan potensi kondisi cuaca dan laut;

f untuk derek pantai yang terbuka K = 1,0 hingga 3,0



f untuk derek pantai terlindung $K = 0,75$ hingga $2,0$

f untuk derek air yang dilindungi $K = 0,5$ hingga $1,5$

Penting untuk memahami efek dari gerakan pada kapal apa pun terutama dengan kapal tunda saat menarik. Pengetahuan tentang efek dari gerakan tersebut membantu tug master untuk memahami cara mengarahkan tongkang yang di tarik dalam situasi yang berbeda. Tongkang akan mengalami gerakan-gerakan pada saat pengoperasiannya. Kekuatan-kekuatan ini bisa berupa gerakan kemudi ataupun tarikan ke satu arah yang akan menyebabkan posisi tongkang akan berubah. Gerakan tersebut berupa gerakan *Swaying* dan *Yawing*.



Gambar 2.11. Kapal tunda

<https://idntimes.com/istimewa>

2.6. Pengujian Model

Sebelum membuat model, ukuran model merupakan prioritas utama yang perlu diperhatikan karena dalam hal ini besarnya ukuran model haruslah sesuai dengan tempat melakukan pengujian model sehingga diperlukan penskalaan terhadap ukuran kapal sampel untuk mendapatkan ukuran model.

am penentuan skala model tergantung dari ukuran utama kapal yang
ya, ukuran tangki percobaan, dan kecepatan tarik. Mengingat bahwa
an bebas zat cair pada tangki percobaan sangat terbatas, sehingga ombak



yang ditimbulkan oleh dinding tangki akibat adanya getaran akan mempengaruhi gerakan model tersebut.

Dalam pengujian ini, kami menggunakan alat penggerak yang di sesuaikan dengan kecepatan model yang diinginkan, sistem alat penggerak ini menggunakan mesin elektrik, dimana untuk mengontrol gerak kapal menggunakan remote control. Dalam menggunakan alat ini tentu harus mempertimbangkan skala model dan kecepatan, tentu juga harus mempertimbangkan gerak dari kapal saat pengujian. Persamaan gerak linier diturunkan untuk mengkonfirmasi validitas analisis nonlinier di mana batas stabilitas penarik dan daerah ketidakstabilan ditentukan. Beberapa parameter penarik diperlakukan untuk menguji efeknya terhadap stabilitas jalur. Kami berharap bahwa pendekatan numerik yang disajikan akan mengurangi biaya eksperimental yang mahal, meskipun validasi dalam investigasi ini sangat dianjurkan. 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.

Dalam percobaan dengan menggunakan model fisik, ukuran kapal ditransfer ke skala model, dengan demikian maka harus ada atau harus dinyatakan beberapa hukum perbandingan untuk keperluan transfer tersebut. Hukum perbandingan yang dipakai harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Kesamaan geometris

Kesamaan geometris merupakan hal yang sangat sulit untuk dipenuhi mengingat bahwa dalam pelayaran kapal dilaut, permukaan air laut dianggap luas tak berhingga dan kedalaman yang tak berhingga pula sementara ukuran kolam terbatas dengan ukuran model kapal harus kecil, sebanding dengan ukuran kolam atau lainnya. Demikian pula tekanan permukaan pada tangki percobaan yang dianggap sama dengan tekanan atmosfer, yang seharusnya tekanan tersebut harus diturunkan. Kondisi geometris yang dapat terpenuhi dalam suatu percobaan model

kesamaan geometris dimensi – dimensi linier model, misalnya :

perbandingan antara kapal dan model dinyatakan dengan λ dimana :



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

Dimana :

λ = skala perbandingan

L_s = panjang kapal (m)

L_m = panjang model (m)

B_s = lebar kapal (m)

B_m = lebar model (m)

T_s = sarat kapal (m)

T_m = sarat model (m)

Kesamaan geometris juga menunjukkan hubungan antara model dan tangki percobaan. Percobaan dari berbagai referensi :

- TOOD :

$L_m < T$ tangki

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

- HARVALD:

$B_m < 1/10 B$ tangki

$T_m < 1/10 T$ tangki

- UNIVERSITY OF NEW CASTLE :

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

$B_m < 1/15 B$ tangki

$A_o m < 0,4 A_o$ tangki.

2. Kesamaan kinematis

Kesamaan kinematis antara model dan kapal lebih menitik beratkan pada hubungan antara kecepatan model dengan kecepatan kapal sebenarnya. Dengan menggunakan skala yang menunjukkan hubungan antara kecepatan model dan kecepatan kapal sebenarnya maka dapat dikatakan bahwa kesamaan kinematis bisa



$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

Atau :

$$\frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_s}}$$

Dimana :

Fr = angka froude

Ls = panjang kapal (m)

Lm = panjang model (m)

Vs = kecepatan kapal (m/dt)

Vm = kecepatan model (m/dt)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²).

3. Kesamaan Dinamis

Gaya – gaya yang bekerja berkenaan dengan gerakan fluida sekeliling model dan kapal pada setiap titik atau tempat yang besesuaian harus mempunyai besar dan arah yang sama, dalam hal ini kesatuan harga Reynold yang menggambarkan perbandingan gaya – gaya inersia dengan viskositas :

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

Atau :

$$\frac{V_m \cdot L_m}{\nu} = \frac{V_s \cdot L_s}{\nu}$$

Dimana :

Rn = angka reynold

Ls = panjang kapal (m)

Lm = panjang model (m)

Vs = kecepatan kapal (m/dt)

Vm = kecepatan model (m/dt)

ν = viskositas kinematis fluida (m²/dt) = 1,1883 x 10⁻⁶ (m²/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)



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

2.7. Tangki Tarik (Towing Tank)

Towing tank adalah tanki 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 tanki pada kecepatan tertentu sepanjang tanki. (Djabbar, 2011)

Ada beberapa tipe *towing tank* yang biasa digunakan dalam percobaan model, yakni sebagai berikut : (Djabbar, 2011).

1. Towing tank dengan beban atau gravitasi

Tangki ini dilengkapi dengan tali (senar) yang mengelilingi rol atau katrol, masing-masing saling berlawanan pada ujung katrol. Salah satu katrol bertindak sebagai pengemudi dan lainnya sebagai pengikat atau pengantar.

Katrol pengemudi ini mempunyai poros pada axisnya, proyeksi, proyeksi dari poros pada kedua sisinya. Salah satu sisi poros menahan tali pengikat sistem pemberat dan yang lainnya menahan bobot lawan. Tahanan dapat diketahui dengan menggunakan sistem pembebanan dengan memakai gaya pemberat melalui katrol, dimana pembebanan pada piringan bobot mula lebih berat dari bobot lawan.

Apabila model yang ditarik bergerak pada kecepatan konstan dibawah gaya ini, maka gaya tersebut sama dengan tahanan total model pada kecepatan tersebut.

2. Towing tank dengan kereta penarik

Model dikemukakan oleh mesin dan dilengkapi dengan penarik yang berlawanan arah dengan model yang berada dibawahnya. Kereta penarik



tersebut membawa alat yang dapat mengukur dan mencatat kecepatan pelayaran dan tahanan model yang bergerak di air.

Tipe semacam inilah yang akan digunakan dalam melakukan percobaan yang terdapat di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Perkapalam Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Berikut beberapa gambar tangki percobaan, termasuk alat penarik model :



Gambar 2.12. Kolam Uji



Gambar 2.13. Alat Penarik Model (*carriage*)

Tangki derek berfungsi untuk uji ketahanan dan uji propulsi dengan model kapal yang diderek dan swadaya untuk menentukan seberapa besar daya yang harus disediakan mesin untuk mencapai kecepatan yang ditetapkan dalam kontrak antara galangan kapal dan pemilik kapal. Tank penarik juga berfungsi untuk menentukan perilaku manuver dalam skala model. Untuk ini, model *self-propelled* dihadapkan pada serangkaian manuver zig-zag pada amplitudo sudut kemudi yang berbeda. Pasca proses data uji dengan cara identifikasi sistem menghasilkan model



numerik untuk mensimulasikan manuver lain seperti *uji spiral Dieudonné* atau lingkaran berputar. Selain itu, tangki penarik dapat dilengkapi dengan *PMM* (*planar motion mechanism*) atau *CPMC* (*computerized planar motion carriage*) untuk mengukur kekuatan dan momen hidrodinamika di kapal atau benda yang terendam di bawah pengaruh aliran masuk yang miring dan gerakan yang ditegakkan. Tank penarik juga dapat dilengkapi dengan generator gelombang untuk melakukan tes seakeeping, baik dengan mensimulasikan gelombang alami (tidak teratur) atau dengan memaparkan model ke paket gelombang yang menghasilkan serangkaian statistik yang dikenal sebagai *operator amplitudo respons* (*RAO*), yang menentukan kemungkinan perilaku kehidupan-laut di kehidupan nyata kapal ketika beroperasi di laut dengan berbagai amplitudo dan frekuensi gelombang (parameter ini dikenal sebagai kondisi *laut*). Fasilitas pengujian seakeeping modern dapat menentukan statistik RAO ini, dengan bantuan perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang sesuai, dalam satu pengujian.

2.8. Tali Tunda

Tali tunda adalah tali yang digunakan untuk menambatkan kapal di dermaga atau yang digunakan untuk menarik kapal oleh Tug boat (kapal tunda) atau oleh kapal lain, lebih umumnya juga di gunakan oleh Tug Boat untuk menarik Tongkang.



Gambar 2.14 Tali Tambat



Pada saat ini tali yang dibutuhkan adalah tali yang memiliki kekuatan yang besar, tahan air dan dapat terapung serta memiliki daya renggang dan lentur yang baik. Hal ini semua banyak ditemukan pada jenis tali serat sintetis. Kekuatan tali serat sintetis ataupun kabel baja meliputi beban putus telah ditentukan sesuai tabel yang dikeluarkan oleh badan klasifikasi. Namun demikian kabel baja maupun tali tambat harus dilakukan pengetesan (tes tarik) sebelum digunakan dikapal, biasanya untuk kegunaan dikapal tali tambat maupun kabel baja telah dilengkapi sertifikat pengetesan.

Tali tambat pada saat ini umumnya terbuat dari bahan sintetis seperti penggunaan bahan polypropylene atau serat nilon. Ukuran dan kekuatan dari tali jenis serat sintetis ini disesuaikan dengan material yang digunakan oleh pabrik pembuatnya yang tentunya memiliki perbedaan antara satu dengan yang lain.

