

SKRIPSI
INVESTIGASI PERILAKU INTERNAL STRAIN PADA KAPAL
BERBENTUK RIGID DAN ELASTIC BODY MELALUI PENGUJIAN
MODEL

Disusun dan diajukan oleh

ANDI RISWANDI HARRIS

D311 16 017



DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

INVESTIGASI PERILAKU INTERNAL STRAIN PADA KAPAL BERBENTUK RIGID DAN
ELASTIC BODY MELALUI PENGUJIAN MODEL

Disusun dan diajukan oleh

ANDI RISWANDI HARRIS

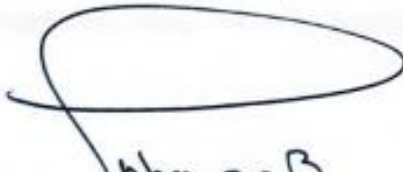
D311 16 017

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

Pada tanggal, 1 februari 2021


Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Ir. Lukman Bochari, MT
Nip.195611271988031001

Pembimbing Pendamping



DR. Eng. Suandar Baso, ST, MT
Nip.1973020620001002

Ketua Departemen Teknik Perkapalan



DR. Eng. Suandar Baso, ST, MT
Nip.1973020620001002

PERYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andi Riswandi Harris

NIM : D311 16 017

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“INVESTIGASI PERILAKU INTERNAL STRAIN PADA KAPAL BERBENTUK RIGID
DAN ELASTIC BODY MELALUI PENGUJIAN MODEL”

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 karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 1 Februari 2021

Yang menyatakan

A 5000 Rupiah Indonesian postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'KETERANGAN EMPUL' and '5000 RUPIAH INDONESIA'. The signature is written in black ink over the stamp.

Andi Riswandi Harris

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wa rahmattullahi wa barakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan 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 tugas akhir penelitian ini. Berdasarkan hasil seminar proposal, judul penelitian yang dikaji adalah

“INVESTIGASI PERILAKU INTERNAL STRAIN PADA KAPAL BERBENTUK RIGID DAN ELASTIC BODY MELALUI PENGUJIAN MODEL”

Pengerjaan tugas akhir ini merupakan persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah suatu kebanggaan tersendiri, karena tantangan dan hambatan yang menghadang selama mengerjakan tugas akhir ini dapat terlewati dengan usaha dan upaya yang sungguh-sungguh. Dalam penyusunan laporan penulis tidak mungkin melakukan sendiri tanpa adanya bantuan dari orang-orang disekitar. Melalui lembar ini penulis mengucapkan banyak terimah kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Ayahanda Andi Abdul Harris dan Ibunda Sitti Aminah, atas segala dukungan, kesabaran pengorbanan, semangat, materi dan doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.
2. Bapak Ir.Luckman Bochary, MT selaku pembimbing I dan Bapak Dr.Eng. Suandar Baso, ST., MT. selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Dr.Eng. Suandar Baso, ST., MT selaku ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Ir Hj. Rosmani, MT selaku Kepala Labo Hidrodinamika Kapal.

5. Bapak Hamzah, ST., MT. selaku Penasehat Akademik yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam perencanaan mata kuliah.
6. Ibu Ir. Hj. Rosmani, MT, Bapak Dr.Eng. Suandar Baso, ST., MT., dan Ibu Andi Dian Eka Anggreani, ST., MT. selaku penguji dalam tugas akhir ini.
7. Ibu Uti, Pak Rio, Kak yudi, dan Pak Afif selaku staf jurusan perkapalan Fakultas teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kesabarannya selama penulis mengurus segala persuratan di kampus.
8. Seluruh Dosen Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
9. Kepada saudara kandung saya (Andi Chaidir, Andi Sri, Andi Arfanita) atas segala dukungan, kesabaran, doa dan limpahan kasih sayangnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.
10. Kepada teman-teman seperjuangan perkapalan 2016, Semangat terus untuk memperoleh gelar sarjana memang tidak mudah, butuh usaha kerja keras, dan doa.
11. Kepada saudara-saudara seperjuangan Cruizer 2016 terima kasih semangatnya, kebersamaan, dan dukungannya selama ini.
12. Kepada teman-teman Labo Hidromekanika kapal atas kerja sama seperjuangan mengerjakan skripsi.
13. Kepada teman seperjuangan malam di Labo Hidromekanika (Taslim, Sunar, Hasrul, Syaufi, Fachresa, Chandra, Risqullah dan Tora) tetap semangat, dan percaya bahwa kita akan melewati semua ini.
14. Kanda senior dan junior Teknik Perkapalan Unhas atas segala bantuan, semangat dan dukungannya selama pengerjaan skripsi ini.
15. Penulis menyadari bahwa didalam skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf dan meminta kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Penulis

berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti sendiri
maupun bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya.
Wa'alaikumusalam wa rahmatullahi wabarakatuh

Gowa, 1 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Pernyataan Keaslian.....	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi.....	vii
Daftar Notasi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran	xvi
Abstrak	xvii
Abstrack	xviii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab II Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Kapal <i>General Cargo</i>	5
2.2 Gerak Kapal.....	6
2.3 Tekanan Kapal.....	7
2.4 <i>Hydroelastic</i>	8
2.5 <i>Internal Strain</i>	10
2.6 <i>Bulbousbow</i>	11
2.7 Skala Percobaan Model	13
2.7 Tangki percobaan (<i>towing tank</i>).....	16

Bab III Metodologi Penelitian.....	18
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Jenis Penelitian	18
3.3 Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data	18
3.4 Metode Pengolahan Data.....	22
3.5 Kerangka Pemikiran	43
Bab IV Hasil dan Pembahasan.....	45
4.1 Perspektif model prototype kapal.....	45
4.2 Pengujian Elastisitas <i>Spring</i>	46
4.3 Kalibrasi Sensor dan Nilai Tekanan	47
4.4 Pengujian Model	50
4.4.1 Perilaku model <i>rigid body</i>	50
4.4.2 Perilaku model <i>Hydroelastic body</i>	55
4.5 Perbandingan perilaku <i>internal strain</i>	61
4.5.1 Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dengan dan tanpa <i>bulbousbow</i>	61
4.5.2 Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Hyroelastic body</i> dengan dan tanpa <i>bulbousbow</i>	63
4.5.3 Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dan <i>Hyroelastic body</i> dengan dan tanpa <i>bulbousbow</i>	65
Bab V Penutup	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran.....	71
Daftar Pustaka	72
Lampiran	74

DAFTAR NOTASI

Notasi	Nama	Satuan
DWT	Deadweight tonnage	Ton
V	Kecepatan sebuah benda	m/s
M	Dimensi massa (SI)	
L	Dimensi panjang (SI)	
T	Dimensi waktu (SI)	
P	Tekanan	Pa
ρ	Massa jenis fluida	Kg/m^3
v	<i>Kecepatan fluida</i>	m/s^2
F	Gaya	N
A	Luas	m^2
g	Gravitasi	9,81 KN/m
L₀	Panjang awal	m
ΔL	Perubahan panjang	M
σ	Tegangan	N/m^2
k	Konstanta pegas	
ϵ	Regangan	
E	Modulus elastisitas young	
FP	<i>Forward perpendicular</i>	
B_{MS},B	Lebar maksimum kapal	m
L_{PP},L_{BP}	<i>Lenght perpendicular</i>	m
T_{FP},d	Sarat kapal	m
L_{OA}	<i>Lenght over all</i>	m
L_{WL}	<i>Lenght water line</i>	m
D	Tinggi kapal	m

V	Kecepatan kapal	m/s
Δ	Displacement	Ton
C_b	Koefisien bentuk kapal	
C_p	Koefisien perismatik kapal	
LWL model	<i>Lenght water line</i> model kapal	m
V_{model}	Kecepatan model kapal	m/s

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran utama kapal	19
Tabel 2. Ukuran model kapal	20
Tabel 3. Matriks waktu pengujian.....	22
Tabel 4. Matriks kebutuhan pengujian.....	23
Tabel 5. Kebutuhan / material pembuatan model	39
Tabel 6. Hasil kalibrasi sensor	48
Tabel 7. Nilai rata-rata sensor model <i>rigid body</i>	50
Tabel 8. Nilai rata-rata sensor model <i>rigid body bulbousbow</i>	53
Tabel 9. Rata-rata nilai tegangan pada sensor <i>hydroelastic body</i> disetiap kecepatan	56
Tabel 10. Rata-rata nilai tegangan sensor pada <i>hydroelastic body bulbousbow</i> ditiap kecepatan.....	59
Tabel 11. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body Rigid body bulbousbow</i> pada sensor 1	61
Tabel 12. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dan <i>Rigid body bulbousbow</i> pada sensor 2	61
Tabel 13. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dan <i>Rigid body bulbousbow</i> pada sensor 3	62
Tabel 14. Perbandingan nilai rata-rata perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dan <i>Rigid body bulbousbow</i>	62
Tabel 15. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Hyroelastic body</i> dan <i>Hyroelastic body bulbousbow</i> pada sensor 1.....	63
Tabel 16. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Hyroelastic body</i> dan <i>Hyroelastic body bulbousbow</i> pada sensor 2.....	63
Tabel 17. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Hyroelastic body</i> dan <i>Hyroelastic body bulbousbow</i> pada sensor 3.....	64

Tabel 18. Perbandingan nilai rata-rata perilaku <i>internal strain</i> model <i>Hydroelastic body</i> dan <i>Hyroelastic body bulbousbow</i>	64
Tabel 19. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dan <i>Hyroelastic body</i> pada sensor 1.....	65
Tabel 20. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dan <i>Hyroelastic body</i> pada sensor 2.....	66
Tabel 21. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dan <i>Hyroelastic body</i> pada sensor 3.....	66
Tabel 22. Perbandingan nilai rata-rata <i>internal strain</i> model <i>Rigid body</i> dan <i>Hyroelastic body</i>	66
Tabel 23. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body bulbousbow</i> dan <i>Hyroelastic body bulbousbow</i> pada sensor 1	67
Tabel 24. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body bulbousbow</i> dan <i>Hyroelastic body bulbousbow</i> pada sensor 2	68
Tabel 25. Perbandingan perilaku <i>internal strain</i> model <i>Rigid body bulbousbow</i> dan <i>Hyroelastic body bulbousbow</i> pada sensor 3	68
Tabel 26. Perbandingan rata-rata nilai <i>internal strain</i> model <i>Rigid body bulbousbow</i> dan <i>Hyroelastic body bulbousbow</i>	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kapal <i>general cargo</i>	5
Gambar 2. Ilustrasi Gerak Kapal.....	6
Gambar 3. (a). <i>Sagging</i> dan (b) <i>Hogging</i>	8
Gambar 4. (a) <i>Defleksi</i> dan (b) <i>Racking</i>	8
Gambar 5. <i>Pounding</i>	8
Gambar 6. Respon global untuk struktur apung.....	9
Gambar 7. (a).Interaksi <i>Hydroelastisitas</i>	10
(b). Tanpa <i>Hydroelastisitas</i>	10
Gambar 8. (a). Model <i>Elastic Body</i>	11
(b). Posisi sensor tekan.....	11
Gambar 9. Perubahan aliran hokum bernouli	13
Gambar 10. Perubahan aliran gelombang akibat penggunaan <i>bulbousbow</i>	13
Gambar 11. Kolam uji.....	17
Gambar 12. Lines plan KM.Artha Baharu-8.....	20
Gambar 13. Model kapal pada aplikasi <i>maxsurf</i>	21
Gambar 14. Model kapal yang digunakan dalam pengujian.....	21
Gambar 15. Laptop.....	24
Gambar 16. Alat penarik model (<i>carriage</i>).....	25
Gambar 17. Monitor (<i>carriage</i>)	25
Gambar 18. Fasilitas crane pada laboratorium hidrodinamika kapal.....	26
Gambar 19. Kolam uji (<i>towing tank</i>)	26
Gambar 20. <i>Ceramic piezo electric vibration sensor</i>	27
Gambar 21. <i>Interface Amplifier</i>	28
Gambar 22. <i>Arduino Mega</i>	29
Gambar 23. Keterangan pin pada <i>Arduino Mega</i>	29
Gambar 24. <i>Xplorer GLX</i>	30
Gambar 25. <i>Force sensor</i>	30

Gambar 26. <i>Breadboard</i>	31
Gambar 27. Kabel <i>jumper type male dan female</i>	31
Gambar 28. Spring	32
Gambar 29. <i>Backbone</i>	32
Gambar 30. <i>Rubber paint</i>	33
Gambar 31. Kondisi <i>piezo electric</i>	33
Gambar 32. Sketsa Letak Sensor Pada <i>backbone</i>	34
Gambar 33. <i>Interface Amplifier</i> Yang Dihubungkan Oleh Kabel <i>Jumper</i>	34
Gambar 34. Rangkaian <i>Wiring</i> Instalasi Pada <i>Breadboard</i>	35
Gambar 35. Bagian – bagian Pada <i>Breadboard</i>	35
Gambar 36. Instalasi Rangkaian <i>Wiring</i> Pada <i>Breadboard</i> dan <i>Arduino</i>	36
Gambar 37. <i>Block Diagram</i> Rangkaian <i>Piezoelectric Device</i>	37
Gambar 38. Sketsa Pembagian Kompartemen pada Model.....	40
Gambar 39. Diagram Alur Penelitian.....	44
Gambar 40. Model <i>Rigid Body</i>	45
Gambar 41. Model <i>Hydroelastic Body</i> Kapal	46
Gambar 42. Desain model <i>Hydroelastic Body</i>	46
Gambar 43. Tampak Atas Model <i>Hydroelastic Body</i> dengan instalasi sensor piezo	46
Gambar 44. Tampak Atas Jarak Sambungan Antar Kompartemen	46
Gambar 45. Grafik Hasil Kalibrasi.....	48
Gambar 46. Grafik nilai tegangan di tiap kecepatan <i>rigid body</i> model	51
Gambar 47. Grafik <i>internal strain</i> di tiap kecepatan <i>rigid body</i> model.....	52
Gambar 48. Grafik nilai tegangan di tiap kecepatan <i>rigid body bulbousbow</i>	53
Gambar 49. Grafik <i>internal strain</i> di tiap kecepatan <i>rigid body bulbousbow</i> ..	54
Gambar 50. Grafik tegangan model <i>hydroelastic</i> pada kecepatan 0,732m/s... ..	55
Gambar 51. Grafik rata-rata nilai tegangan <i>piezoelectric</i> sensor pada tiap kecepatan model <i>hydroelastic body</i>	56
Gambar 52. Grafik <i>internal strain</i> di tiap kecepatan <i>Hydroelastic body</i> model	57

Gambar 53. Grafik tegangan model <i>hydroelastic body bulbousbow</i> pada kecepatan 0,732m/s	58
Gambar 54. Grafik rata-rata nilai tegangan <i>piezoelectric</i> sensor pada tiap kecepatan model <i>hydroelastic body bulbousbow</i>	59
Gambar 55. Grafik rata-rata nilai <i>internal strain</i> pada tiap kecepatan model <i>hydroelastic body bulbousbow</i>	60
Gambar 56. Grafik perbandingan rata-rata nilai <i>internal strain</i> pada tiap kecepatan model <i>rigid body dan rigid body bulbousbow</i>	62
Gambar 57. Grafik perbandingan rata-rata nilai <i>internal strain</i> pada tiap kecepatan model <i>hydroelastic body dan hydroelasticbody bulbousbow</i>	64
Gambar 58. Grafik perbandingan rata-rata nilai <i>internal strain</i> pada tiap kecepatan model <i>rigid body dan hydroelastic body</i>	67
Gambar 59. Grafik perbandingan rata-rata nilai <i>internal strain</i> pada tiap kecepatan model <i>rigid body bulbousbow dan hydroelastic body bulbousbow</i>	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Penentuan nilai kecepatan model kapal.

Lampiran 2. Perhitungan tegangan tiap kecepatan pada model *rigid body*.

Lampiran 3. Perhitungan tegangan tiap kecepatan pada model *rigid body bulbousbow*.

Lampiran 4. Perhitungan tegangan tiap kecepatan pada model *hydroelastic body*.

Lampiran 5. Perhitungan tegangan tiap kecepatan pada model *hydroelastic body bulbousbow*.

**INVESTIGASI PERILAKU INTERNAL STRAIN PADA KAPAL
BERBENTUK RIGID DAN ELASTIC BODY MELALUI PENGUJIAN
MODEL**

Andi Riswandi Harris, Lukman Bochary, & Suandar Baso

Departemen Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddiin, Gowa

Jl. Poros Malino, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92119

ABSTRAK

Kapal yang melakukan pelayaran dengan gelombang yang tinggi umumnya mendapatkan tekanan yang besar dan hal ini mempengaruhi struktur yang berada pada kapal karena kapal pada dasarnya terbuat dari baja yang mempunyai modulus elastisitas, untuk mendekati keadaan elastisitas kapal maka model dibuat secara *hydroelastic body*. Perilaku elastis kapal dapat mempengaruhi besarnya nilai *internal strain*, Salah satu cara untuk mendapatkan nilai perilaku *internal strain* kapal adalah dengan menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbandingan perilaku *internal strain* kapal antara bentuk model *rigid* dan *hydroelastic body*. Pada pembuatan model *hydroelastic body*, model *rigid body* di bagi menjadi 5 kompartemen dan dihubungkan dengan pegas, berfungsi sebagai media yang memberikan efek elastisitas pada lambung model *hydroelastic body* dengan tetap mempertahankan ukuran utama model. Berdasarkan hasil eksperimen diketahui perilaku *internal strain* mengalami peningkatan pada setiap kenaikan kecepatan, nilai *internal strain* pada model *hydroelastic body* lebih besar dibandingkan model *rigid body*. Perbandingan rata-rata nilai *internal strain* di setiap kecepatan model *rigid body* dan *hydroelastic body* sebesar 92,96% dan perbandingan persentase menggunakan *bulbousbow* sebesar 89,75%.

Kata kunci: *Internal strain*, *hydroelastic body*, eksperimen.

INVESTIGATION OF INTERNAL STRAIN BEHAVIOR IN RIGID AND ELASTIC BODY SHIPS THROUGH MODEL TESTING

Andi Riswandi Harris, Lukman Bochary, & Suandar Baso

Department of Shipping

Hasanuddin University Faculty of Engineering, Gowa

Jl. Poros Malino, Gowa Regency, South Sulawesi 92119

ABSTRACT

Ships that sails through high waves generally get a great deal of pressure and this affects to the structure that is on the ship, because the ship is basically made of steel that has modulus elasticity, to approach the elasticity state of the ship then the model is made by hydroelastic body. Elastic behavior of the vessel can affect the amount of value of the internal strain, One way to obtain the value of internal strains of the vessel is by using experimental methods. The purpose of this study was to determine the comparison of internal behavior of ship strains between rigid model forms and hydroelastic body. Manufacture of hydroelastic body model, rigid body model in divide into 5 compartments and connected with spring, serves as a medium that provides elasticity effect on the hull of hydroelastic body model while maintaining the main size of the model. Based on the results of experiments known internal strains behavior increased at each speed increase, the value of internal strains in hydroelastic body models is greater than rigid body models. The average values comparison of internal strain in each rigid body and hydroelastic body model speed is 92.96% and the percentage comparison using bulbousbow is 89.75%.

Keywords: Internal Strain, Hydroelastic, Bulbousbow, Experiment.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Kapal yang melakukan pelayaran dengan gelombang yang tinggi umumnya mendapatkan tekanan yang besar dan hal ini mempengaruhi struktur yang berada pada kapal, dengan kata lain kapal mempunyai kelenturan sendiri karena sifat dari baja berbeda dengan material untuk bangunan darat yang terbuat dari beton dimana sifatnya getas, kaku ataupun tegar, beda halnya dengan baja sifatnya lentur yang dapat mengalami lendutan akibat adanya tekanan-tekanan yang berada di sekitarnya baik dari tekanan dari luar maupun tekanan dari dalam kapal itu sendiri. Hal ini juga dapat mempengaruhi umur kapal itu sendiri, untuk kapal yang berumur panjang tentu kekuatan materialnya akan berbeda perlakuannya dimana sifat dari material sudah menurun atau mengalami kelelahan diakibatkan oleh tekanan-tekanan yang berada disekitar kapal itu sendiri.

Hydroelastic kapal berkaitan dengan fenomena yang melibatkan interaksi timbal balik antara kekuatan inersia, hidrodinamik dan elastis. Oleh karena itu, perilaku hidroelastik suatu kapal harus dipertimbangkan dalam memprediksi gerakan kapal, tekanan, momen lentur dan torsi yang dihasilkan oleh interaksi yang kuat antara kapal dan tekanan air laut yang terkait dengan efek *hydroelastic* terhadap desain kapal yang tepat dan keselamatan kapal. Tekanan fluida yang bekerja pada struktur mengubah keadaan dinamikanya dan sebaliknya, gerakan dan distorsi struktur mengganggu tekanan di sekitarnya terlebih pada bentuk body ekstrem, yakni pada haluan dan buritan kapal, terlebih khusus pada pemasangan Bulbousbow. Prinsip kerja dari bulbous bow adalah dengan mereduksi energi gelombang atau menginterferensi gelombang kapal yang datang dari haluan, sehingga gelombang yang datang akan kehilangan tenaga karena interferensi gelombang dari bulbous bow, dan pada akhirnya energi gelombang di sekitar lambung kapal akan berkurang.

Kapal dalam perencanaannya berbentuk rigid atau kaku menggambarkan sifat yang tidak terdeformasi tetapi berbeda halnya ketika kapal berada pada permukaan air, gaya luar yang bekerja pada rigid body tidak bertemu pada satu titik yang sama (titik beratnya). Akibatnya gaya-gaya tersebut dapat mengakibatkan momen (puntiran) pada rigid body sehingga dapat bertranslasi. Maka dari itu pentingnya perencanaan dalam memodelkan elastic body kapal dimana terjadinya interaksi antara fluida dan struktur. Ketika tekanan air bekerja pada struktur dan struktur mengalami perubahan bentuk, pada saat yang sama kecepatan deformasi structural mempengaruhi tekanan didalam air.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk meneliti perilaku internal strain pada kapal dengan bentuk rigid dan elastic body. Selain itu, model kapal dengan menggunakan bulbous bow juga akan diuji. Internal strain kemudian akan diperoleh melalui pengujian model yang dilengkapi dengan piezo sensor. Adapun permasalahan, tujuan, dan batasan masalah dijelaskan pada sub bab- sub bab berikut ini.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perilaku internal strain yang bekerja pada kapal dari hasil pengujian model?
2. Adakah pengaruh bulbous bow terhadap perilaku internal strain yang bekerja pada kapal dari hasil pengujian model?
3. Bagaimana perbandingan perilaku internal strain kapal antara bentuk rigid dan elastic body dari hasil pengujian model?

1.3. Batasan Masalah

Beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kapal yang digunakan adalah jenis kapal general kargo.

2. Pengujian dibatasi pada perairan dengan kondisi air tenang.
3. Model dilengkapi dengan backbone plat strip aluminium 6063-T5 di bagian dalam model kapal.
4. Menggunakan 3 sensor *piezo electric device* pada backbone yang ditempatkan pada bagian haluan, midship, dan buritan model.
5. Kecepatan model yaitu 0,732m/s setara dengan 9 knot, 0,976 m/s setara 12 knot, 1,22 m/s setara 15 knot.
6. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dikemukakan sebelumnya maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menginterpretasikan perilaku internal strain yang bekerja pada kapal dari hasil pengujian model?
2. Menginterpretasikan pengaruh *bulbous bow* terhadap perilaku internal strain yang bekerja pada kapal dari hasil pengujian model?
3. Menentukan perbandingan perilaku internal strain kapal antara bentuk *rigid* dan *elastic body* dari hasil pengujian model?

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dan dapat digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut:

1. Sebagai informasi untuk mengetahui perilaku akibat tekanan air pada badan kapal yang *rigid* dan *hydroelasticbody* kapal saat kondisi air tenang tanpa *bulbousbow*.
2. Sebagai bahan masukan bagi perancang kapal dalam mendesain kapal, kaitannya hidroelasticbody kapal.

1.6.Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun menjadi beberapa bagian untuk mendapatkan alur penulisan yang jelas dan sistematis, yaitu.

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. Teori-teori tersebut mengenai kapal kargo, *hydroelastisitas*, *bulbous bow*, elastisitas, tekanan kapal, *hydroelastisitas*, skala permodelan, dan *towing tank*.

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 diuraikan pembahasan mengenai permasalahan yang diteliti yaitu investigasi perilaku internal strain pada kapal berbentuk rigid dan elastic body melalui pengujian model

BAB V :Penutup, dalam bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran-saran yang direkomendasikan penulis terkait tentang penelitian ini.

Daftar Pustaka

Lampiran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal *General Cargo*

Kapal kargo adalah segala jenis kapal yang membawa barang-barang dan muatan dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lainnya. (Wikipedia, 2018).

Kapal-kapal barang terutama *general cargo* pada umumnya dapat membawa penumpang kelas sampai 12 penumpang dan tetap dinamakan kapal *general cargo* karena digunakan untuk mengangkut barang. Kapal *general cargo* mempunyai kecepatan berkisar antara 8 sampai 25 knot.



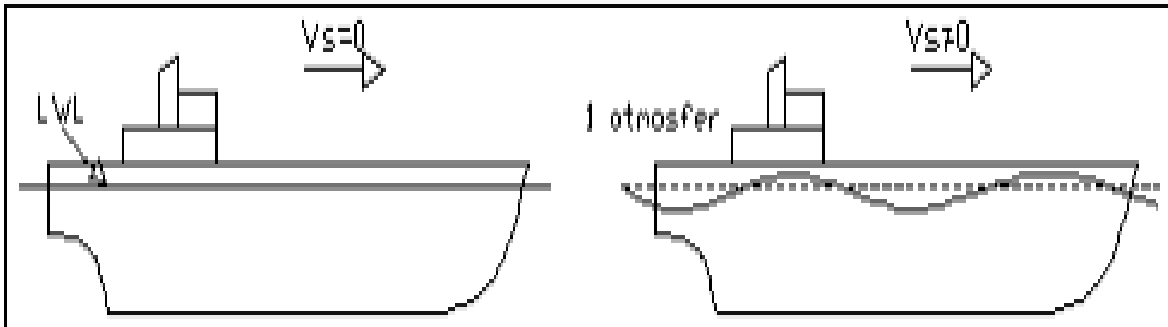
Gambar 1. Kapal General Cargo KM. Artha Bahari 8
(MarineTraffic.com)

Kapal kargo KM. Artha Bahari 8 dapat dilihat pada gambar 1 dengan nomer IMO 9044530 adalah kapal kargo yang dibuat dan berbendera Jepang dengan nama Kian Maru pada tahun 1992 kemudian berganti bendera Indonesia pada tahun 2013 dengan kecepatan service 11 knot. Kapal *general cargo* umumnya berukuran sekitar 5.000 sampai 25.000 dwt.

Kapal *general cargo* yang lebih modern dibangun dengan dua *deck*, disebut “*tweendeckers*”, dengan berbagai keunggulannya dibanding tipe *single deck*. Ada juga kapal *general cargo* yang dilengkapi *container fittings* sehingga mampu memuat kontainer atau peti kemas. Untuk kebutuhan bongkar muat, *general cargo ship* dilengkapi *crane* (sekitar 30-40 ton SWL) sehingga mampu menangani bongkar muat kontainer dan jenis *cargo* lainnya.

2.2. Gerak Kapal

Untuk benda bergerak dengan suatu kecepatan di media fluida yang tidak bergerak (*stationary fluid*), maka kecepatan perubahan permukaan fluida tersebut akan sama dengan kecepatan dari gerakan bendanya. Perubahan permukaan yang bergerak itu (yang tentunya berada dekat pada benda yang bersangkutan) dinamakan “sistem gelombang primer” (*primary wave system*). (Silaen, 2008)



Gambar 2. Ilustrasi Gerak Kapal (Silaen, 2008)

Benda atau kapal yang bergerak di permukaan fluida merupakan kumpulan sejumlah titik-titik bertekanan yang bergerak (*travelling pressure point*). (Silaen, 2008)

2.3. Tekanan Kapal

Gaya yang bekerja pada kapal dapat berasal dari dalam kapal itu sendiri dan dapat juga berasal dari luar. Gaya yang berasal dari dalam kapal berupa berat struktur kapal, berat permesinan dan berat muatan kargo. Sedangkan gaya yang berasal dari luar dapat seperti tekanan hidrostatis air laut pada badan kapal, ombak, dan angin. Semua gaya – gaya tersebut dapat diklasifikasikan menjadi dua yakni gaya statis dan gaya dinamis.

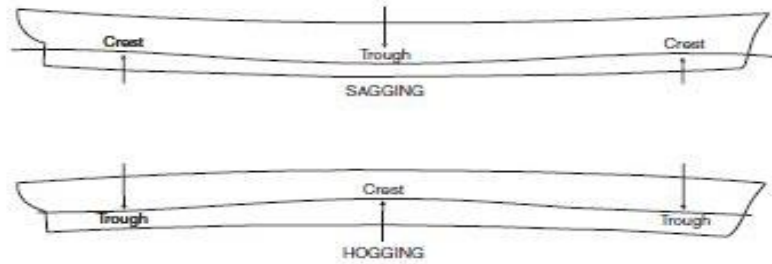
Gaya statis merupakan perbedaan antara berat (*weight*) dengan *buoyancy* yang bekerja pada semua titik di sepanjang badan kapal, sedangkan gaya dinamis dihasilkan oleh gerakan kapal dilaut serta bekerjanya angin dan ombak. (I Wayan Punduh, 2011)

Selama berlayar di laut, kapal bebas bergerak dengan enam derajat kebebasan yang terdiri atas tiga gerak linier dan tiga gerak rotasional. Tiga gerak linier ini meliputi *heaving*, *swaying*, dan *surgings*. *Heaving* adalah gerak linier kearah atas dan bawah. *Swaying* adalah gerak linier kearah lambung kiri dan kanan, sedangkan *surgings* gerak linier kearah haluan dan buritan. Tiga gerak rotasional meliputi *rolling*, *pitching*, dan *yawing*. Dapat dijelaskan bahwa *rolling* merupakan gerak yang bersifat rotasi dengan sumbu putarnya adalah garis lurus arah haluan dan buritan. (I Wayan Punduh, 2011)

Pitching adalah gerak rotasional dengan sumbu putarnya berupa garis lurus arah lambung kanan dan arah lambung kiri kapal. Sedangkan *yawing* yaitu gerak rotational yang mengambil sumbu putar (*turning axis*) tegak lurus badan kapal kearah atas dan bawah. (I Wayan Punduh, 2011)

Baik gaya statis maupun dinamis yang bekerja pada struktur kapal dapat menimbulkan yaitu. (I Wayan Punduh, 2011)

a. Tekanan-tekanan memanjang atau *longitudinal stresses*.



Gambar 3. Sagging dan Hogging

b. Tekanan-tekanan melintang atau *transversal stresses*.



Gambar 4a. Defleksi (Pursey, 1998) Gambar 4b. Racking (Pursey, 1998)

c. Tekanan-tekanan lokal atau *local stresses*.



Gambar 5. Pounding (Pursey, 1998)

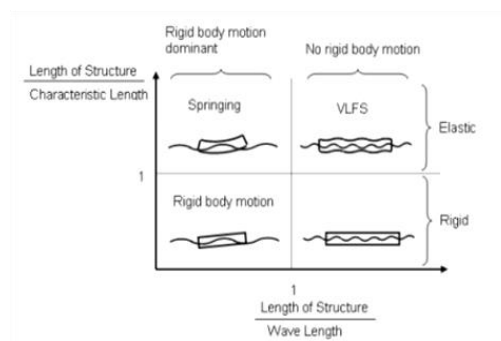
2.4. *Hydroelastic*

Sifat Kapal sebagai benda tegar yang merespons gelombang, sebagian besar menerapkan pendekatan biasa, yakni bahwa proses desain harus dibagi menjadi prosedur berbeda antara hidrodinamika dan analisis semu-statis. Namun, menurut metode benda tegar, gerakan benda menyatakan bahwa struktur tidak mengalami tegangan atau tekanan. Konsep-konsep seperti Perubahan Bentuk, getaran/vibrasi, frekuensi, kelelahan, dll. tidak tercakup oleh teori benda tegar karena itu penting bagi

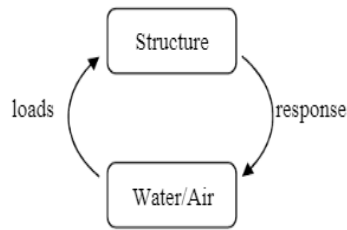
Teknik Perkapalan untuk menilai respons dari struktur kapal dengan menggambarkan perilaku keseluruhannya, dari sudut pandang dinamika berdasarkan penggabungan teori struktur dan hidrodinamika.

Fakta bahwa struktur benda yang mengapung adalah fleksibel/lentur mungkin telah diterima secara intuitif sejak zaman kuno. Di literatur teknik, gagasan bahwa kapal itu benar-benar struktur yang fleksibel dan dapat dimodelkan sebagai balok elastis diajukan dalam sebuah makalah oleh Inglis pada tahun 1929. Meskipun pada upaya awal tersebut, hidroelastisitas sebagai benda mengapung adalah teori yang relatif baru. Istilah ini muncul untuk pertama kalinya dalam literatur teknis pada tahun 1959 tentang teori aeroelastisitas pada pesawat terbang.

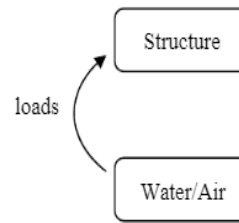
Heller dan Abramson mengusulkan definisi hidroelastisitas itu berkaitan dengan fenomena yang melibatkan interaksi timbal balik antara inersia, gaya hidrodinamika dan elastisitas. Dari definisi tersebut didapatkan perbedaan signifikan antara dua bidang yang berbeda sehubungan dengan efek permukaan bebas, sifat fluida, pengaruh kavitasi dan kecepatan relatif antara kapal dan fluida. (Suzuki et. al., 2006).



Gambar 6. Respon Global Untuk Struktur Apung



Gambar 7a. Interaksi Hidroelastisitas



Gambar 7b. Tanpa Hidroelastisitas

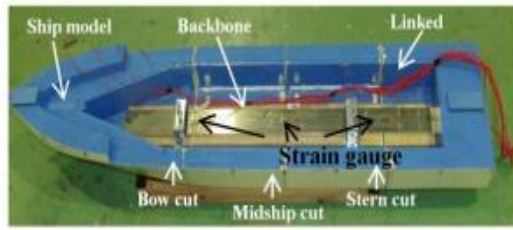
Hidroelastisitas adalah interaksi antara Fluida dengan struktur, ketika Tekanan air bekerja pada struktur dan struktur mengalami perubahan bentuk. Pada saat yang sama kecepatan deformasi struktural mempengaruhi tekanan di dalam air. Interaksi ini ditunjukkan pada (Gambar 7. a).

Tanpa hidroelastisitas (Gambar 7.b) tidak ada interaksi antara respons struktural dan perilaku air.(Suzuki et. al., 2006)

2.5. *Internal strain*

Suatu sistem struktur yang menanggung beban luar (external forces) akan menyebabkan timbulnya gaya dalam (internal forces) pada elemen-elemen penyusun struktur tersebut, gaya dalam berfungsi untuk menahan beban yang bekerja sesuai dengan hukum keseimbangan (equilibrium). Apabila gaya dalam bertambah maka akan menyebabkan bertambahnya tahanan dalam material yang digunakan sampai mencapai suatu nilai maksimum, jika penambahan beban masih terus dilanjutkan maka akan terjadi kegagalan pada elemen struktur tersebut. Akibat adanya sebuah tekanan maupun tegangan pada struktur sehingga menimbulkan deformasi seperti perubahan panjang (elongation), lentur (bending), geser (shearing) dan puntir, sehingga lebih tepat jika dinyatakan dalam bentuk regangan yang merupakan nilai banding perubahan dimensi per satuan ukuran terhadap dimensi awalnya.(Hidemi Mutsuda, Suandar Baso and Yasuaki Doi Tahun 2014).

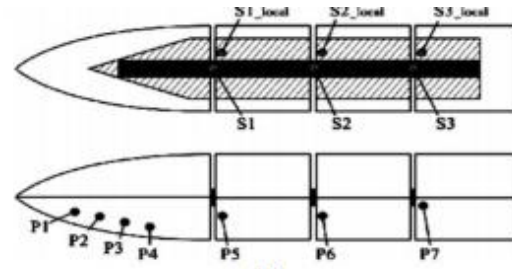
Diasumsikan bahwa *impact load* dan regangan disebabkan oleh *slamming* yang diperoleh dari *elastic body* dengan sudut *deadrise* ke permukaan air yang tenang.



(a)

Gambar 8a. Model *Elastic Body*

(Suandar Baso, 2014)



(b)

Gambar 8b. Posisi *Piezo Sensor*

(Suandar Baso, 2014)

Pengaturan eksperimental ditentukan dan dirancang berdasarkan teori jatuh bebas dengan konstanta kecepatan jatuh. Untuk mempertimbangkan gerakan elastis, kapal. Model ini dibagi menjadi empat bagian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14a. Sensor tekanan terletak di haluan dan bawah permukaan model di P1, P2, P3, P4, P5, P6 dan P7 dan alat pengukur *strain* d berada di *backbone* di S1, S2 dan S3 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8b. Data tekanan diukur dari semua titik dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu, busur (*Pbow*), lambung (*Phull*) dan buritan (*Pstern*) untuk dikaitkan dengan data regangan di S1, S2 dan S3. Bagian yang terpisah terhubung menggunakan *backbone* lampiran terbuat dari logam. Kekakuan lentur EI dan kepadatan kapal adalah 351 N/m^2 dan 243 kg/m^3 . Dalam percobaan, sudut deadrise β kapal, model didefinisikan sebagai sudut bertabrakan antara permukaan air tenang dan haluan kapal pada kondisi awal. (Hidemi Mutsuda, Suandar Baso and Yasuaki Doi Tahun 2014).

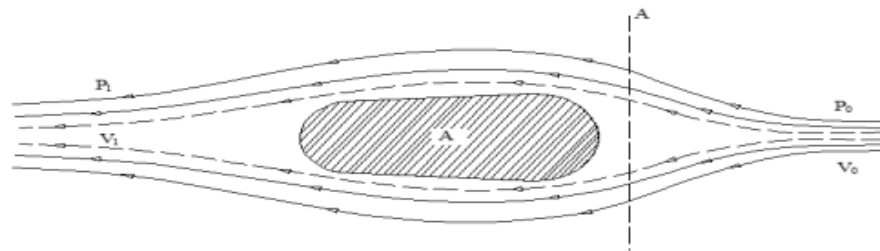
2.6. Bulbous Bow

Bulbous bow adalah suatu bentuk konstruksi haluan yang berbentuk bulat telur yang ditempatkan pada linggi haluan bagian depan. Perbandingan model dalam percobaan menunjukkan bahwa sebuah kapal yang dilengkapi dengan Bulbous bow dapat membutuhkan sedikit daya dorong dan memiliki tahanan yang jauh lebih baik performancenya dari kapal yang tanpa menggunakan Bulbous Bow. (Harnita, 2011)

Bulbous bow biasanya dipasang sebagai fungsi utama dari alat ini adalah mengurangi hambatan kapal pada saat eksplotasi atau operasi sebuah kapal. Sebagian besar hambatan pada kapal diakibatkan oleh keberadaan bagian kapal yang mengalami kontak langsung dengan fluida. Fluida yang dilalui kapal membentuk pola gelombang akibat dari gerakan badan kapal yang pada akhirnya menimbulkan gesekan dengan lambung kapal, prinsip kerja dari bulbous bow adalah dengan mereduksi energi gelombang atau menginterferensi gelombang kapal yang datang dari haluan, sehingga gelombang yang datang akan kehilangan tenaga karena interferensi gelombang dari bulbous bow, dan pada akhirnya energi gelombang di sekitar lambung kapal akan berkurang, dengan demikian hambatan total kapal dapat diminimalisir. Keuntungan lain dari pemasangan bulbous bow yaitu memperbaiki trim kapal, akibat aliran fluida yang menekan bagian bulb dihaluan kapal. Tekanan fluida yang mengalir dibagian atas bulb memberikan tekanan ke arah bawah dan menahan bagian haluan kapal mengangkat ke atas.

Teori dasar dari sistem penggunaan bulbous bow adalah merupakan aplikasi dari asas Bernoulli. Dari hasil penyelidikannya menunjukkan adanya perubahan kecepatan dan tekanan cairan. Misalnya suatu cairan melewati suatu benda A misalnya (Gambar 9), bila cairan mengalir dengan kecepatan V_0 dan tekanan P_0 maka sampai pada batas A – A terjadi pembelokan. Ternyata kecepatan P_1 bertambah besar akibat adanya penyempitan permukaan cairan disisi benda A. Sesuai dengan asas Bernoulli dengan membesarnya harga dari P_1 maka akan diikuti dengan penurunan harga dari V_1 . (Harnita, 2011).

$$P_0 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_0^2 = P_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1^2 \quad (1)$$



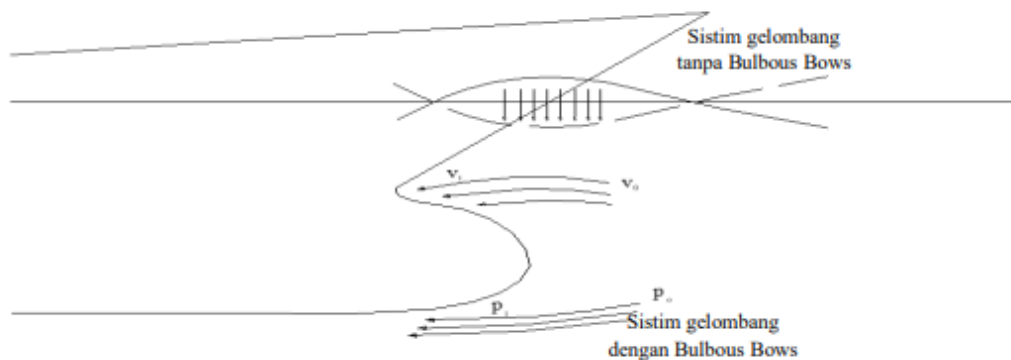
Gambar 9. Perubahan aliran pada hukum Bernoulli

Dimana :

P_0 = tekanan zat cair sebelum melewati benda A

P = viskositas zat cair

V_0 = kecepatan zat cair sebelum melewati benda A



Gambar 10. Perubahan aliran gelombang akibat penggunaan *bulbousbow*

2.7. Skala Percobaan Model

Dalam penentuan skala model tergantung dari ukuran utama kapal yang sebenarnya, ukuran tangki percobaan, dan kecepatan tarik. Mengingat bahwa permukaan bebas zat cair pada tangki percobaan sangat terbatas, sehingga ombak yang ditimbulkan oleh dinding tangki akibat adanya getaran akan mempengaruhi gerakan model tersebut. (Rosmani, 2011)

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. (Rosmani, 2011)

Dalam percobaan dengan menggunakan model fisik, ukuran kapal ditransfer keskala 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. (Rosmani, 2011)

1. Kesamaan geometris

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

Hubungan antara kapal dan model dinyatakan dengan λ dimana.

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m} \quad (2)$$

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 adanya skala yang menunjukkan hubungan antara kecepatan model dan kecepatan kapal yang sebenarnya maka dapat dikatakan bahwa kesamaan kinematis bisa terpenuhi.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (3)$$

$$\text{Atau : } \frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_s}} \quad (4)$$

Dimana :

Fr = angka Froude

Ls = panjang kapal (m)

Lm = panjang model (m)

Vs = kecepatan kapal (m/s)

Vm = kecepatan model (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²).

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.

$$Rn = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (5)$$

Atau :

$$\frac{V_m \cdot L_m}{\nu} = \frac{V_s \cdot L_s}{\nu} \quad (6)$$

Dimana :

Rn = angka reynold

L_s = panjang kapal (m)

L_m = panjang model (m)

V_s = kecepatan kapal (m/dt)

V_m = kecepatan model (m/dt)

ν = viskositas kinematis fluida (m^2/s) = $1,1883 \times 10^{-6}$ (m^2/s)

g = percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)

Dengan demikian jika diinginkan tercapainya kesamaan dinamis disamping kesamaan geometris dan kesamaan kinematis, maka angka Reynold untuk model harus sama dengan angka skala penuh. (Rosmani, 2011)

2.8. Tangki Percobaan (*Towing Tank*)

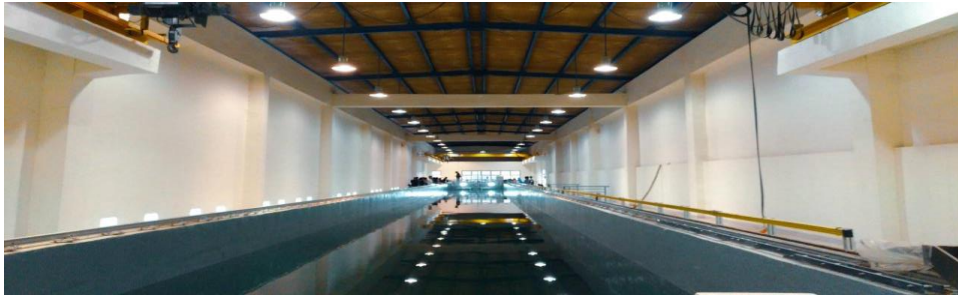
Towing tank adalah tangki percobaan yang berisikan air tawar (tidak digunakan air asin dengan alasan kerusakan alat/model), berbentuk persegi panjang. *Towing tank* umumnya digunakan untuk mengetes tahanan dengan menggunakan model yang bergerak dalam tangki pada kecepatan tertentu sepanjang tangki. Ada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

2. *Towing tank* dengan kereta penarik



Gambar 11. Kolam Uji (Towing Tank)

Model dikemudikan 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. (Djabbar, 2011)