

**INVESTIGASI EKSPERIMEN BEBAN SLAMMING DAN INTERNAL  
STRAIN PADA HALUAN KAPAL : PENGARUH MATERIAL BAJA  
PADA MODEL KAPAL**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



ODE GAFFAR RAKHA

D311 16 519

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

*Investigasi Eksperimen Beban Slamming dan Internal Strain Pada Haluan Kapal:  
Pengaruh Material Baja Pada Model Kapal*

**Disusun dan diajukan oleh:**

**ODE GAFFAR RAKHA**

**D311 16 519**

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

Gowa, 12 Juli 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

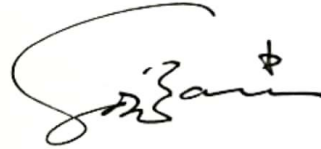
**Pembimbing I**



**Ir. Rosmani, MT.**

**NIP. 19600620 198802 2 001**

**Pembimbing II**



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

**NIP. 19730206 200012 1 002**

**Mengetahui:**

**Ketua Departemen Teknik Perkapalan**



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

**NIP. 19730206 200012 1 002**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ode Gaffar Rakha

NIM : D311 16 519

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Investigasi Eksperimen Beban *Slamming* dan *Internal Strain* Pada Haluan Kapal :  
Pengaruh Material Baja Pada Model Kapal

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, 12 Juli 2021

Yang menyatakan



Ode Gaffar Rakha

## ABSTRAK

**Ode Gaffar Rakha, 2021. “INVESTIGASI EKSPERIMEN BEBAN SLAMMING DAN INTERNAL STRAIN PADA HALUAN KAPAL : PENGARUH MATERIAL BAJA PADA MODEL KAPAL”. (Dibimbing oleh Rosmani dan Suandar Baso)**

Pada kondisi aktual, kapal berlayar di gelombang dan mengalami *slamming*. *Slamming* adalah peristiwa yang terjadi akibat gerakan vertical kapal dan dalam kondisi gerakan yang ekstrim dapat menyebabkan haluan kapal keluar dari permukaan air dan kembali jatuh ke permukaan air. Kerusakan yang sering terjadi akibat *slamming* adalah terjadinya patahan pada struktur kapal. Maka perlu dikaji lebih lanjut untuk mengukur besarnya *tekanan benturan* dan *internal strain* pada saat kapal mengalami *slamming*, serta menentukan distribusi tekanan pada bagian haluan kapal melalui pengujian model di *towing tank* pada kondisi air tenang. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, maka model kapal yang digunakan pada saat eksperimen dilengkapi dengan *piezoelectric material* dan force sensor untuk mengkalibrasi nilai tekanan dan nilai tegangan. Adapun hasil yang diperoleh setiap perubahan sudut kemiringan droptest yaitu pada sudut kemiringan  $0,88^\circ$  dihasilkan tekanan maksimum sebesar  $166,947 \text{ N/m}^2$ , sudut kemiringan  $1,9^\circ$  dihasilkan tekanan maksimum sebesar  $226,868 \text{ N/m}^2$ , sudut kemiringan  $3,49^\circ$  dihasilkan tekanan maksimum sebesar  $292,491 \text{ N/m}^2$ , dan sudut kemiringan  $5,36^\circ$  dihasilkan tekanan maksimum sebesar  $347,873 \text{ N/m}^2$  yang terdapat pada sensor 2. Sudut kemiringan  $0,88^\circ$  dihasilkan internal strain maksimum sebesar  $59,493$ , sudut kemiringan  $1,9^\circ$  dihasilkan internal strain maksimum sebesar  $69,432$ , sudut kemiringan  $3,49^\circ$  dihasilkan internal strain maksimum sebesar  $85,670$ , dan sudut kemiringan  $5,36^\circ$  dihasilkan internal strain maksimum sebesar  $104,708$  yang terdapat pada sensor 6. Berdasarkan hasil eksperimen, nilai tekanan dan *internal strain* mengalami peningkatan pada setiap kenaikan sudut kemiringan yang diberikan pada uji droptest. Distribusi tekanan dan *internal strain* terbesar terjadi pada bagian bawah haluan kapal. Dimana nilai tekanan mengalami peningkatan rata-rata sebesar  $24,44\%$  dan internal strain mengalami peningkatan rata-rata sebesar  $20,43\%$ .

**Kata Kunci : *Slamming*, *Internal Strain* , Uji *Droptest*, eksperimen.**

## **ABSTRACT**

***Ode Gaffar Rakha, 2021. "EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SLAMMING LOAD AND INTERNAL STRAIN ON THE BOW OF THE SHIP: THE EFFECT OF STEEL MATERIALS ON THE SHIP MODEL". (Supervised by Rosmani and Suandar Baso)***

*In actual conditions, the ship sails in waves and experiences slamming. Slamming is an event that occurs due to the vertical movement of the ship and in extreme conditions of movement can cause the bow of the ship to come out of the water surface and fall back to the water surface. Damage that often occurs due to slamming is the occurrence of fractures in the ship structure. So it is necessary to study further to measure the magnitude of the impact pressure and internal strain when the ship is slamming, as well as to determine the pressure distribution on the bow of the ship through model testing in the towing tank in calm water conditions. To get the desired results, the ship model used during the experiment was equipped with a piezoelectric material and a force sensor to calibrate the pressure and voltage values. The results obtained for every change in the droptest angle, namely at a slope angle of  $0.88^\circ$ , the maximum pressure is  $166,947 \text{ N/m}^2$ , a slope angle of  $1.9^\circ$ , the maximum pressure is  $226,868 \text{ N/m}^2$ , a slope angle of  $3.49^\circ$ , the maximum pressure is  $292,491 \text{ N/m}^2$ , and a slope angle of  $5.36^\circ$  produces a maximum pressure of  $347,873 \text{ N/m}^2$  contained in sensor 2. A slope angle of  $0.88^\circ$  produces a maximum internal strain of 59,493, a slope angle of  $1.9^\circ$  produces a maximum internal strain of 69,432, a slope angle of  $3.49^\circ$  resulted in a maximum internal strain of 85,670, and a slope angle of  $5.36^\circ$  resulted in a maximum internal strain of 104,708 contained in sensor 6. Based on the experimental results, the pressure and internal strain values increased with each increase of slope angle given in the droptest test. The largest distribution of pressure and internal strain occurs at the bottom of the ship bow. Where the pressure value increased by an average of 24,44% and internal strain increased by an average of 20,43%.*

***Keywords: Slamming, Internal Strain, Droptest, Experiment.***

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT Tuhan semesta alam yang telah memberikan rahmat dan hidayahNYA sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Investigasi Eksperimen Beban Slamming Internal Strain Pada Haluan Kapal: Pengaruh Material Baja Pada Model Kapal*” ini. Shalawat dan salam juga tak lupa penulis ucapkan untuk junjungan Rasulullah Muhammad SAW.

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Perkapalan pada Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini memerlukan proses yang panjang, mulai dari awal persiapan hingga tahap akhir perampungan, tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang ditemukan dan tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu saya ucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta, La Unga dan Wa Ode Witihari yang telah mencurahkan segala kasih sayangnya, tak ada yang bisa membalas pengorbanan mereka dalam mendidik dan membesarkan penulis hingga menjadi seperti ini, semoga Allah menyempatkan penulis untuk berbakti kepada mereka dan membanggakan mereka;
2. Ibu Ir. Rosmani, MT selaku pembimbing I sekaligus sebagai Kepala Labo Hidrodinamika. Saya ucapkan banyak terima kasih atas ilmu dan nasehat - nasehat kehidupan yang telah diberikan. Maaf jika selama saya berkuliah di Jurusan Perkapalan ada kesalahan-kesalahan yang disengaja maupun tidak disengaja.

3. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, S.T. M.T selaku pembimbing II sekaligus Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin yang selalu membimbing dan mendorong saya untuk menyelesaikan Tugas akhir. Maaf jika selama perkuliahan di Jurusan Perkapalan ada kesalahan-kesalahan yang disengaja maupun tidak disengaja
4. Bapak Ir. Luckman Bochary, MT., dan Ibu Andi Dian Eka Anggreani, ST., MT. selaku dosen penguji yang banyak memberikan masukan untuk menyempurnakan skripsi ini;
5. Seluruh Dosen Perkapalan Universitas Hasanuddin, terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan selama saya perkuliahan di Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh Staf Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin, terima kasih atas semua bantuan yang diberikan selama saya perkuliahan di Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin.
7. Saudara/saudari Teknik Perkapalan 2016 terima kasih atas kebersamaannya selama masa – masa perkuliahan.
8. Teman - teman Cruizer 2016, terima kasih telah memberi pengalaman tentang persahabatan dan kekeluargaan selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin.
9. Sahabat seperjuangan Lejja, terima kasih telah menjadi teman terbaik selama ini, semoga kita bisa menjadi generasi baru pembangun negeri ini dengan ilmu kita;
10. Kanda-kanda senior, dinda-dinda junior, dan teman-teman seangkatan baik di Jurusan Perkapalan FT-UH maupun jurusan lain di FT-UH, serta pihak-pihak lain yang turut membantu terselesaikannya penelitian ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Mudah-mudahan Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan karunianya kepada semua pihak yang telah memberikan segala bantuannya. Hasil penelitian ini tentu saja masih memiliki banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan penulis. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menjadi suatu karya yang memberi dampak positif dan dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis.

*AamiinYaaRabbalAalamiin*

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Makassar, April 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Pernyataan Keaslian .....	iii
Abstrak .....	iv
Kata Pengantar .....	vi
Daftar Isi.....	ix
Daftar Notasi .....	xi
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran .....	xv
Bab I Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
Bab II Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Gravitasi.....	5
2.2 Gerak Jatuh Bebas .....	6
2.3 <i>Dropping Test</i> .....	7
2.4 Teori <i>Slamming</i> .....	7
2.5 Fenomena <i>Slamming</i> .....	9
2.6 <i>Internal Strain</i> .....	11
2.7 <i>Slamming Experiment</i> .....	12
Bab III Metodologi Penelitian.....	17
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	17
3.2 Jenis Penelitian .....	17
3.3 Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data .....	17
3.4 Metode Pengolahan Data.....	19

3.5 Kerangka Pemikiran .....	34
Bab IV Hasil dan Pembahasan.....	36
4.1 Model Kapal.....	36
4.2 Kalibrasi Sensor dan Nilai Tekanan .....	37
4.3 Hasil <i>Droptest</i> .....	40
4.3.1 Distribusi tekanan dan internal strain pada sudut kemiringan 0° .....	40
4.3.2 Distribusi tekanan dan internal strain pada sudut kemiringan 5° .....	42
4.3.3 Distribusi tekanan dan internal strain pada sudut kemiringan 10° .....	44
4.3.4 Distribusi tekanan dan internal strain pada sudut kemiringan 15° .....	46
Bab V Penutup .....	51
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran.....	52
Daftar Pustaka .....	53
Lampiran .....	54

## DAFTAR NOTASI

Notasi	Nama	Satuan
<b>DWT</b>	Deadweight tonnage	Ton
<b>V</b>	Kecepatan sebuah benda	m/s
<b>M</b>	Dimensi massa (SI)	
<b>L</b>	Dimensi panjang (SI)	
<b>T</b>	Dimensi waktu (SI)	
<b>P</b>	Tekanan	Pa
<b><math>\rho</math></b>	Massa jenis fluida	$\text{Kg/m}^3$
<b>v</b>	<i>Kecepatan fluida</i>	$\text{m/s}^2$
<b>F</b>	Gaya	N
<b>A</b>	Luas	$\text{m}^2$
<b>g</b>	Gravitasi	9,81 KN/m
<b><math>\sigma</math></b>	Tegangan	$\text{N/m}^2$
<b>FP</b>	<i>Forward perpendicular</i>	
<b>B<sub>MS</sub>,B</b>	Lebar maksimum kapal	M
<b>L<sub>PP</sub>,L<sub>BP</sub></b>	<i>Lenght perpendicular</i>	M
<b>T<sub>FP</sub>,d</b>	Sarat kapal	M
<b>LOA</b>	<i>Lenght over all</i>	M
<b>LWL</b>	<i>Lenght water line</i>	M
<b>D</b>	Tinggi kapal	M
<b>V</b>	Kecepatan kapal	m/s
$\Delta$	Displacement	Ton
<b>C<sub>b</sub></b>	Koefisien bentuk kapal	
<b>C<sub>p</sub></b>	Koefisien perisimatik kapal	
<b>L<sub>WL model</sub></b>	<i>Lenght water line model kapal</i>	M

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Ukuran utama kapal .....	18
Tabel 3.2. Ukuran model kapal .....	18
Tabel 3.3. Kebutuhan/ material pembuatan model .....	20
Tabel 3.4. Matriks waktu pengujian.....	24
Tabel 3.5. Matriks kebutuhan pengujian.....	24
Tabel 4.1. Hasil kalibrasi sensor .....	38
Tabel 4.2. Nilai tekanan pada setiap sudut kemiringan .....	48
Tabel 4.3. Nilai koefisien tekanan pada setiap sudut kemiringan.....	49
Tabel 4.4. Nilai <i>internal strain</i> pada setiap sudut kemiringan.....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Fenomena <i>slamming</i> .....	9
Gambar 2.2 <i>Peak pressure coefficients</i> .....	10
Gambar 2.3. <i>Air enclosure</i> .....	11
Gambar 2.4. Model <i>Elastic Body</i> .....	12
Gambar 2.5. Posisi <i>Piezo Sensor</i> .....	12
Gambar 2.6. Contoh <i>whipping response</i> .....	14
Gambar 2.7. Analisis puncak <i>slamming</i> .....	14
Gambar 2.8. Skema Uji Ketahanan Kapal .....	15
Gambar 2.9. Skema <i>Dropping Test</i> .....	16
Gambar 2.10. Perbandingan Nilai Tegangan pada Perhitungan dan Percobaan .....	16
Gambar 3.1 Lines Plan KM. Padang Bai .....	19
Gambar 3.2. Section Model .....	21
Gambar 3.3. Section pada material model .....	21
Gambar 3.4. Proses pemotongan <i>frame</i> .....	22
Gambar 3.5. <i>Frame</i> direkatkan pada <i>water line</i> .....	22
Gambar 3.6. Penambahan dempul dan mengaluskan lambung model.....	23
Gambar 3.7. Pengecatan model.....	23
Gambar 3.8. Laptop .....	25
Gambar 3.9. Alat tempat menggantungkan model ( <i>Carriage</i> ) .....	26
Gambar 3.10. Kolam Uji ( <i>Towing Tank</i> ) .....	26
Gambar 3.11. <i>Ceramic sensor Piezo electric Vibration Sensor</i> .....	27
Gambar 3.12. Perangkat Arduino.....	27
Gambar 3.13. <i>Xplorer GLX</i> .....	28
Gambar 3.14. <i>Force sensor</i> .....	28
Gambar 3.15. <i>Breadboard</i> .....	29
Gambar 3.16. Kabel <i>jumper type male dan female</i> .....	29
Gambar 3.17. <i>Rubber paint</i> .....	30
Gambar 3.18. Kondisi <i>piezo electric</i> .....	30
Gambar 3.19. Sketsa Letak Sensor Pada kapal .....	31

Gambar 3.20. Instalasi Pada <i>Breadboard</i> .....	31
Gambar 3.21. Bagian – bagian Pada <i>Breadboard</i> .....	32
Gambar 3.22. <i>Block Diagram</i> Rangkaian <i>Piezoelectric Device</i> .....	33
Gambar 3.23. Diagram Alur Penelitian.....	35
Gambar 4.1. Model Kapal.....	36
Gambar 4.2. Skema Eksperimen Dropping Test.....	36
Gambar 4.3. Letak sensor pada model kapal .....	37
Gambar 4.4. Hasil Kalibrasi sensor.....	38
Gambar 4.5. Kondisi aktual saat kapal sebelum menyentuh air pada sudut kemiringan $0^{\circ}$ .....	40
Gambar 4.6. Tekanan per satuan waktu pada sudut kemiringan $0,88^{\circ}$ .....	41
Gambar 4.7. <i>Internal strain</i> per satuan waktu pada sudut kemiringan $0,88^{\circ}$ ..	41
Gambar 4.8. Kondisi aktual saat kapal sebelum menyentuh air pada sudut kemiringan $5^{\circ}$ .....	42
Gambar 4.9. Tekanan per satuan waktu pada sudut kemiringan $1,9^{\circ}$ .....	43
Gambar 4.10. <i>Internal strain</i> per satuan waktu pada sudut kemiringan $1,9^{\circ}$ ..	43
Gambar 4.11. Kondisi aktual saat kapal sebelum menyentuh air pada sudut kemiringan $10^{\circ}$ .....	44
Gambar 4.12. Tekanan per satuan waktu pada sudut kemiringan $3,49^{\circ}$ .....	45
Gambar 4.13. <i>Internal strain</i> per satuan waktu pada sudut kemiringan $3,49^{\circ}$	45
Gambar 4.14. Kondisi aktual saat kapal sebelum menyentuh air pada sudut kemiringan $15^{\circ}$ .....	46
Gambar 4.15. Tekanan per satuan waktu pada sudut kemiringan $5,36^{\circ}$ .....	47
Gambar 4.16. <i>Internal strain</i> per satuan waktu pada sudut kemiringan $5,36^{\circ}$	47
Gambar 4.17. Nilai tekanan ditiap variasi sudut kemiringan.....	48
Gambar 4.18. Nilai koefisien tekanan ditiap variasi sudut kemiringan .....	50
Gambar 4.19. Nilai <i>internal strain</i> ditiap variasi sudut kemiringan .....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil pengujian *droptest* pada kemiringan 0°.

Lampiran 2. Data hasil pengujian *droptest* pada kemiringan 5°.

Lampiran 3. Data hasil pengujian *droptest* pada kemiringan 10°.

Lampiran 4. Data hasil pengujian *droptest* pada kemiringan 15°.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar belakang

Pada kondisi aktual, kapal berlayar di gelombang dan mengalami slamming. Slamming adalah peristiwa yang terjadi akibat gerakan vertikal kapal dan dalam kondisi gerakan yang ekstrim sehingga menyebabkan haluan kapal keluar dari permukaan air dan kembali jatuh ke permukaan air. Kecepatan jatuhnya haluan kapal ke permukaan gelombang yang relatif besar dapat menyebabkan kerusakan struktur kapal. Kondisi tersebut sangat berpengaruh pada kekuatan struktur kapal. Kerusakan yang sering terjadi akibat slamming adalah terjadinya patahan pada struktur kapal.

Suatu kapal yang berlayar, dalam operasinya sangat dipengaruhi oleh kondisi laut terutama besar kecilnya gelombang. Gerakan kapal akibat gelombang sangat perlu diperhitungkan dalam tahap awal desain. Hal itu akan lebih menjamin keselamatan kru dan kargo mengingat banyaknya insiden kapal akibat cuaca buruk. Dalam tahap pengerjaan suatu kapal perlu diketahui gerakan kapal terhadap gelombang dengan menghitung peluang terjadinya bow slamming. Dengan prediksi gerakan yang baik maka efisiensi dan nilai guna kapal yang diperlukan dapat ditingkatkan dalam rangka persaingan di bisnis pelayaran mengingat kapal adalah barang modal yang harganya tinggi.

Rousset J.M, et al, (2006) telah melakukan penelitian *Slamming Experiments On a Ship Model* dengan menggunakan pressure cells (Druck PDCR 200, sebanyak 12 sensor pada haluan dan 7 sensor pada buritan). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui beban hampasan kapal (getaran, kelelahan balok penopang, dan kekuatan utama). Anghileri M., et al, (2007) juga telah melakukan pengujian water impact yang difokuskan pada interaksi struktur fluida. Pada penelitian tersebut digunakan strain gauge sebanyak 12 buah yang dipasang pada model percobaan untuk mengetahui besarnya beban impact air.



Santoso D.R. et al, (2005) melakukan penelitian berjudul “*Development of Instrumentation System for Stress Intensity Factor Measurement using Piezoelectric Material*”. Pada penelitian tersebut dibuat sebuah sistem instrumentasi yang sederhana dan ekonomis untuk pengukuran *Stress Intensity Factor* (SIF), yang meliputi pembuatan sensor regangan dengan menggunakan elemen *piezoelectric*, rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor berbasis *piezoelectric*, serta sistem data akuisisi baik *hardware* maupun *software*.

Berdasarkan penelitian tersebut maka, peneliti tertarik melakukan penelitian serupa yaitu menginvestigasi tekanan atau water impact yang diakibatkan slamming namun berfokus pada bagian haluan saja dengan mempertimbangkan parameter seperti healing degree dan bentuk struktur kapal itu sendiri.

## **1.2.Rumusan Masalah**

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

1. Berapa besar tekanan air pada haluan kapal pada saat kondisi slamming?
2. Berapa besar internal strain pada haluan kapal pada saat kondisi slamming?
3. Bagaimana distribusi tekanan dan internal strain akibat adanya slamming dari hasil pengujian model?

## **1.3.Batasan Masalah**

Beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kapal yang digunakan adalah kapal ferry dengan struktur bulbous bow.
2. Material yang digunakan untuk membuat model adalah material baja.
3. Pengujian yang dilakukan yaitu dropping test dengan prinsip jatuh bebas. Dengan 4 variasi sudut kemiringan 0°, 5°, 10° dan 15°.
4. Menggunakan 6 sensor *piezo electric device* pada lambung dan gading yang ditempatkan pada bagian haluan.
5. Pengujian dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Pengukuran tekanan dilakukan pada bagian haluan saja.

#### **1.4.Tujuan Penelitian**

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

1. Menentukan besar tekanan air pada haluan kapal pada saat kondisi slamming.
2. Menentukan besar internal strain pada haluan kapal pada saat kondisi slamming.
3. Menentukan distribusi tekanan dan internal strain akibat slamming pada haluan kapal.

#### **1.5.Manfaat Penelitian**

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

1. Menjadi bahan acuan dalam menganalisa pengaruh gelombang terhadap gerak slamming pada haluan kapal.
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi para owner dan perusahaan pelayaran dalam mengoperasikan kapal.
3. Sebagai referensi dan acuan untuk penelitian selanjutnya.

#### **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 gravitasi, gerak jatuh bebas, *dropping test*, teori *slamming*, fenomena *slamming*, *internal strain*, dan *slamming experiment*.

**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 eksperimen beban *slamming internal strain* pada haluan kapal.

**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. Gravitasi**

Gravitasi merupakan gaya tarik – menarik yang terjadi antara semua partikel yang mempunyai massa di alam semesta. Gravitasi matahari mengakibatkan benda-benda langit berada pada orbit masing-masing dalam mengitari matahari. Fisika modern mendeskripsikan gravitasi menggunakan Teori Relativitas Umum dari Einstein, namun hukum gravitasi universal Newton yang lebih sederhana merupakan teori yang cukup akurat dalam kebanyakan kasus. Sebagai contoh, bumi yang memiliki massa yang sangat besar menghasilkan gaya gravitasi yang sangat besar untuk menarik benda-benda di sekitarnya, termasuk makhluk hidup, dan benda-benda yang ada di bumi (Himaya,2016).

Hukum gravitasi universal berbunyi “*Setiap massa menarik titik lainnya dengan gaya segaris dengan garis yang menghubungkan kedua titik. Besar gaya tersebut berbanding lurus dengan perkalian kedua massa tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua massa titik tersebut.* Sehingga,

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 g \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana,

- F = besar gaya gravitasi antara kedua massa titik tersebut (N),
- G = konstanta gravitasi ( $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ ),
- $m_1$  = besar massa titik pertama (kg),
- $m_2$  = besar massa titik kedua (kg),
- r = jarak antara kedua massa titik (m), dan
- g = percepatan gravitasi bumi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Dari persamaan ini dapat diturunkan persamaan untuk menghitung gaya berat. Gaya berat suatu benda adalah hasil kali massa benda tersebut dengan percepatan gravitasi bumi. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$w = m \times g \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana,

w = Gaya berat (N)

m = massa benda (kg), dan

g = percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s<sup>2</sup>).

## 2.2. Gerak Jatuh Bebas

Dalam kehidupan sehari – hari, sering dijumpai gerak jatuh bebas. Contoh sederhananya ialah buah yang jatuh dari pohonnya. Benda tersebut seolah – olah memiliki kecepatan yang tetap atau dengan kata lain benda tersebut tidak mengalami percepatan tetap. Contoh lain penerapan gerak jatuh bebas adalah mengukur ketinggian suatu bangunan dengan cara melemparkan suatu benda dari puncak bangunan tersebut lalu hitung lama benda untuk sampai ke tanah. Ketika selang waktunya diketahui, maka tinggi dari bangunan tersebut dapat diketahui. Dalam hal ini, gerak jatuh bebas merupakan gerak yang mengakibatkan benda melewati lintasan berbentuk lurus karena pengaruh gaya gravitasi bumi atau gerak jatuh bebas adalah salah satu bentuk gerak lurus dalam satu dimensi yang hanya dipengaruhi oleh adanya percepatan gravitasi bumi.

Gerak jatuh bebas terjadi pada semua benda dari ketinggian tanpa memperdulikan massa benda tersebut. Suatu benda yang berat, yang dapat dianalogikan sebuah batu akan memiliki waktu jatuh yang sama dengan sebuah kertas. Namun, perlu dicatat bahwa benda yang memiliki selisih berat besar dapat jatuh dengan waktu bersamaan, kedua benda tersebut dapat jatuh bersamaan apabila tidak ada gaya lain yang bekerja kecuali gaya gravitasi bumi. Jadi kedua benda tersebut dapat jatuh secara bersamaan pada sebuah ruangan yang hampa udara. Karena secara langsung mempengaruhi kecepatan benda sampai ke tanah.

Pada percobaan gerak jatuh bebas sering di temukan bahwa hasil percepatan yang dialami tidak sesuai dengan kecepatan gravitasi bumi, hal tersebut terjadi karena sesungguhnya benda tersebut telah mengalami peralambatan oleh gaya gesek udara. Percepatan yang dialami benda pada gerak jatuh bebas akan sama dengan percepatan gravitasi bila benda tersebut dijatuhkan pada ruangan hampa udara.

### **2.3. Dropping Test**

Dropping test merupakan kegiatan pengujian dengan menjatuhkan suatu benda dari ketinggian tertentu. Dalam penelitian ini, dropping test dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar tekanan dan internal strain pada badan kapal setelah dijatuhkan. Pada drop test tersebut kapal dijatuhkan dari berbagai sudut, mulai dari bagian depan, bagian samping dan bagian belakang dengan ketinggian tertentu.

### **2.4. Teori Slamming**

Slamming adalah fenomena yang terjadi apabila dasar haluan naik melewati permukaan gelombang dan kemudian masuk kembali ke dalam air dengan kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati harga tertentu dan timbul hempasan. Kondisi tersebut berpengaruh pada keselamatan operasi dan kekuatan struktur kapal. Slamming juga mungkin dapat mengakibatkan takikan pada plat bagian haluan, buckling dan deformasi pada member pendukung struktur Haluan (Ge Wang, 2002).

Slamming terjadi karena terdapat beda fase struktur kapal dengan fase gelombang. Perbedaan fase ini menyebabkan struktur kapal dapat terangkat keluar dari permukaan laut dan setelah itu jatuh menghantam permukaan laut tersebut. Kejadian masuknya lambung kapal ke dalam permukaan laut ini terjadi begitu cepat hingga menghasilkan beban impact yang disebut beban slamming.

Slamming pada kapal banyak terjadi di daerah operasi yang kondisi lingkungannya mempunyai gelombang yang besar, seperti di North Sea dan Gulf of Mexico. Di daerah lain meskipun rata-rata kondisi lingkungannya tidak ganas

namun slamming mungkin terjadi pada musim-musim tertentu dimana gelombang cukup besar.

Menentukan peluang terjadinya slamming harus didasarkan 2 syarat. Pertama yaitu dasar haluan naik melewati gelombang, atau dengan kata lain gerakan relatif vertikal haluan melampaui sarat air bagian haluan ( $Z_b > T_b$ ), dan kedua yaitu kecepatan relatif vertikal haluan mempunyai harga yang melewati harga kecepatan ambang batas slamming atau *threshold velocity* (Bhattacharyya, 1978).

Untuk menghitung besarnya *bow slamming*, terlebih dahulu harus memperhitungkan peluang gerakan vertikal haluan relatif lebih besar dari sarat air bagian haluan, atau secara matematis dituliskan (Bhattacharyya, 1978):

$$Pr = Pr(Z_{br} > T_b) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{os}}\right) \quad (2.3)$$

Berikutnya peluang kecepatan relatif vertikal haluan lebih besar dari kecepatan ambang batas slamming, atau secara matematis dituliskan (Bhattacharyya, 1978):

$$Pr = Pr(V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{V_{br}^2}{2m_{2s}}\right) \quad (2.4)$$

Dengan demikian peluang terjadinya slamming adalah kombinasi kedua persamaan di atas, yang dituliskan (Bhattacharyya, 1978):

$$Pr (Slam) = Pr(Z_{br} > T_b \text{ dan } V_{br} > V_{th}) = \exp\left(-\frac{T_b^2}{2m_{os}} - \frac{V_{br}^2}{2m_{2s}}\right) \quad (2.5)$$

dimana:

$Z_{br}$  = Gerakan relatif vertikal Haluan,

$V_{br}$  = Kecepatan relatif Haluan,

$V_{th}$  = Kecepatan ambang,

$T_b$  = Sarat pada Haluan,

$m_{os}$  = Luasan dari spektrum untuk *relative bow motion*, dan

$m_{2s}$  = Luasan dari spektrum respon *relative bow velocity*.

Untuk menghitung intensitas slamming per jam dapat menggunakan persamaan (Bhattacharya, 1978):

$$N_T = \frac{3600 \times T}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{2s}}{m_{0s}}} \times \exp\left(-\frac{Tb^2}{2m_{0s}} - \frac{V_{th}^2}{2m_{2s}}\right) 1/det \quad (2.6)$$

Untuk menghitung intensitas slamming setiap detik dapat menggunakan persamaan (Bhattacharya, 1978):

$$N_T = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2m_{0s}}{2m_{2s}}} \times \text{Pr Slamming} \quad (2.7)$$

## 2.5. Fenomena Slamming

Fenomena slamming ditandai dengan durasi yang relatif singkat. Fenomena ini terjadi ketika sebuah benda masuk ke dalam air dengan sudut yang relatif kecil antara permukaan benda dan permukaan air. Penjelasan klasik mengenai tekanan tinggi dengan kekuatan yang dihasilkan merupakan akselerasi antar cairan dan permukaan benda (Himaya, 2016).

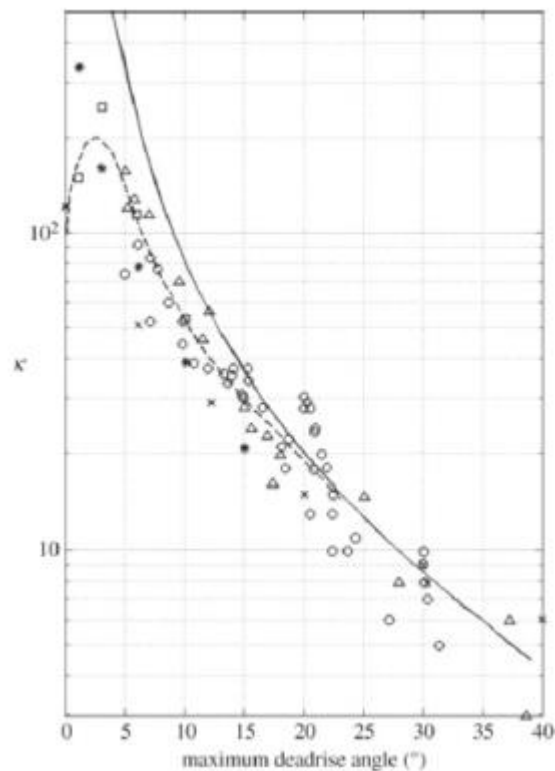


Gambar 2.1. *Fenomena Slamming*  
Sumber: Veen, 2010

Dampak tekanan sangat bergantung pada sudut relatif antara benda dan permukaan cairan. Dampak ini telah dibuktikan melalui percobaan dengan menjatuhkan wedges dengan deadrise bervariasi. Khususnya ketika sudut relative



kecil, tekanan meningkat tajam, seperti yang diilustrasikan pada gambar. Bila sudut relatif sangat rendah, di bawah  $5^\circ$ , dampak fenomena ini menjadi lebih kompleks. Udara dikompresi di bawah benda dalam fase sebelum terjadinya dampak. Daerah tekanan tinggi ini menyebabkan depresi pada permukaan cairan/fluida. Efek kompresibilitas volume udara ini berperan penting dalam tekanan pada sebuah benda (Himaya, 2016).

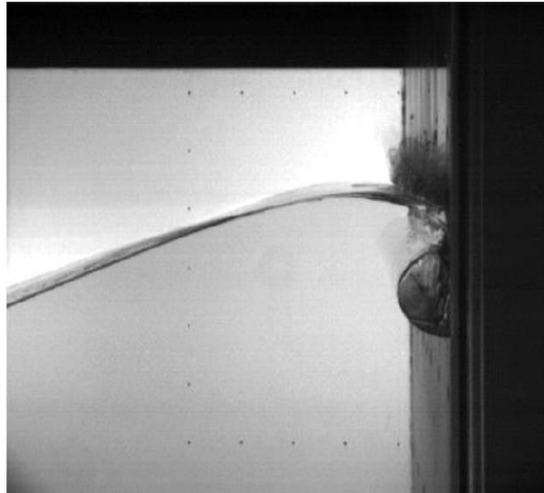


Gambar 2.2. *Peak pressure coefficients  $k = (p/(1/2\rho v^2))$  of two and three dimensional bodies as function of the deadrise angle. Result from experiments: spheres (crosses), ellipsoids (open circles), curve wedger (open wedges), two dimensional wedges (open squares), cones (asterisks) and theory : Wagner theory (solid line). The dashed line is a fit to the experimental data.*

*Sumber : Adapted from Lloyd & Andrew.*

Fenomena yang kompleks menciptakan masalah dalam memprediksi nilai skala penuh berdasarkan percobaan skala. Untuk dampak ‘normal’, saat sudut relative antara benda dan cairan lebih besar dari  $5^\circ$ , maka secara umum berlaku

*Hukum Froude.* Untuk *flat impact*, jika sudut relatif lebih kecil dari  $5^\circ$ , tekanan udara mempengaruhi tekanan slamming, yang berarti bahwa tekanan ambient harus dikurangi untuk tes skala. Meskipun ini akan meningkatkan kesamaan fenomena selama pegujian skala dan pada skala penuh (Himaya, 2016).



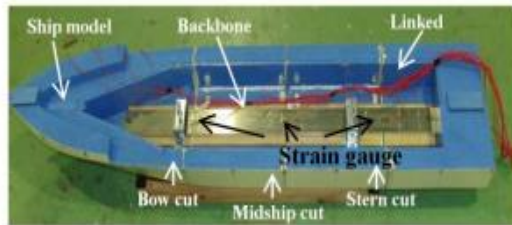
Gambar 2.3. *Air enclosure during a flat impact of a breaking wave against a vertical wall*

*Sumber: Himaya, 2016*

## **2.6. 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).

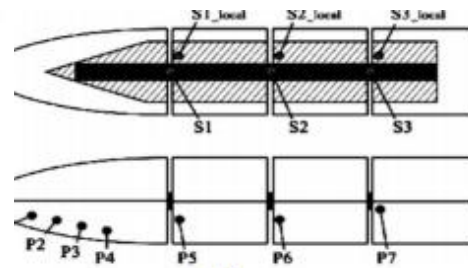
Diasumsikan bahwa *impact load* dan regangan disebabkan oleh *slamming* yang diperoleh dari *elastic body* dengan sudut *deadrise* ke permukaan air yang tenang.



(a)

Gambar 2.4. Model *Elastic Body*

Sumber : Suandar Baso, 2014



(b)

Gambar 2.5. Posisi *Piezo* Sensor

Sumber : 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<sup>2</sup> dan 243 kg/ m<sup>3</sup>. Dalam percobaan, sudut *deadrise*  $\beta$  kapal, model didefinisikan sebagai sudut bertabrakan antara permukaan air tenang dan haluan kapal pada kondisi awal. (Hidemi Mutsuda, Suandar Baso and Yasuaki Doi, 2014).

## 2.7. Slamming Experiment

Pada saat terjadi fenomena *slamming*, dilakukan berbagai eksperimen atau penelitian untuk mengetahui besarnya tekanan yang terjadi akibat *slamming* atau *slamming impact*. Penelitian mengenai fenomena *slamming* telah diteliti oleh beberapa orang sebagai berikut.

1. Mochammad Nasir, Sistem Pengukuran Distribusi Tekanan Menggunakan Sensor PDVF Film Pada Pengujian *Landing Model WISE (Wing In Surface Effect) Craft. ITS Paper.*

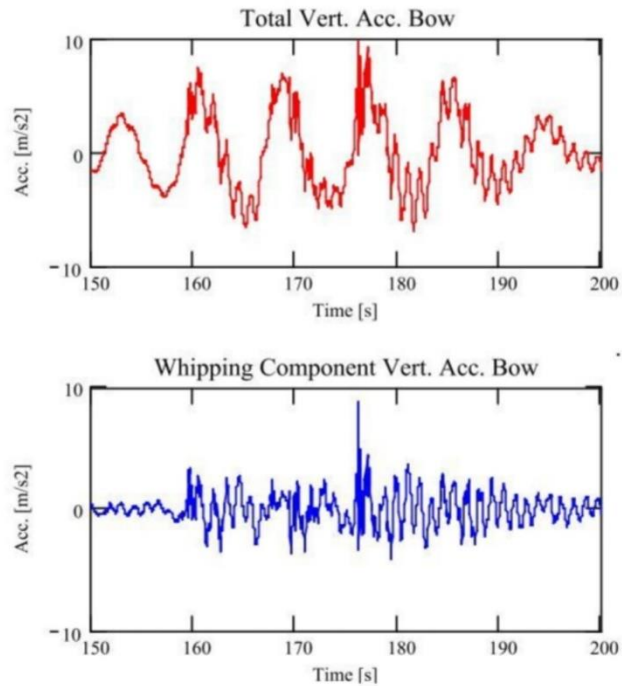
Pada penelitian ini dilakukan penelitian pengukuran distribusi tekanan pada *main hull* dan ponton WISE menggunakan sensor *piezoelectric* (PDVF) pada proses pendaratan kapal bersayap WISE di air. Untuk mendapatkan karakteristik beban *impact* hasil pengujian proses *landing* model WISE, maka dilakukan perancangan sistem pengukuran dan data akuisisi yang digunakan untuk pengambilan data yang dihasilkan oleh *sensor impact* (PDVF Film).

Pengujian *slamming* ini menggunakan 19 buah *pressure transducer* (PDCR200) dan 4 buah *pressure sensor* yang diletakkan pada bagian dalam *hull* kapal. pengujian yang dilakukan adalah *vertical impact test*, *inclined entry test*, dan *forced pitching test*. Adapun hasil akhir dari pengujian ini merupakan nilai tekanan sesaat air pada model WISE yang nantinya digunakan untuk pembuatan model itu sendiri.

2. *Bow Flare Slamming Of Container Ships and It's Impact On Operational Reliability. Maritime Reasearch Institute Netherlands (MARIN)* oleh R P Dallinga.

Dalam peelitian ini, sebuah kapal kontainer dimodelkan dengan skala 1:26,7 yang mewakili 200 m ukuran panjang kapal kontainer yang sebenarnya. Hasil penelitian ini ditujukan untuk mengetahui respon badan kapal terhadap adanya *slamming* dan pengaruhnya terhadap operasional kapal dan kesimpulan dari penelitian ini merupakan sifat statistik dari respon badan kapal itu sendiri terhadap tekanan yang disebabkan oleh *slamming* (Himaya, 2016).

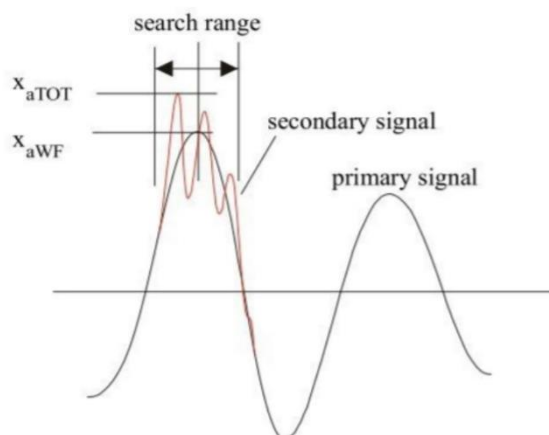
Respon fenomena *slamming* terhadap kekakuan dapat dilihat pada Gambar 2.6. berikut:



Gambar 2.6. Contoh whipping response

Sumber: R P Dallinga, 2006

Perbedaan antara respon vertikal terhadap haluan (bow) dan kekakuan yang diurutkan berdasarkan frekuensi seperti yang terlihat pada Gambar 2.6., selanjutnya dijelaskan dari sepersepuluh dan sepertiga nilai respon tertinggi (Himaya,2016). Hasil pecahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7. berikut:



Gambar 2.7. Analisis puncak slamming

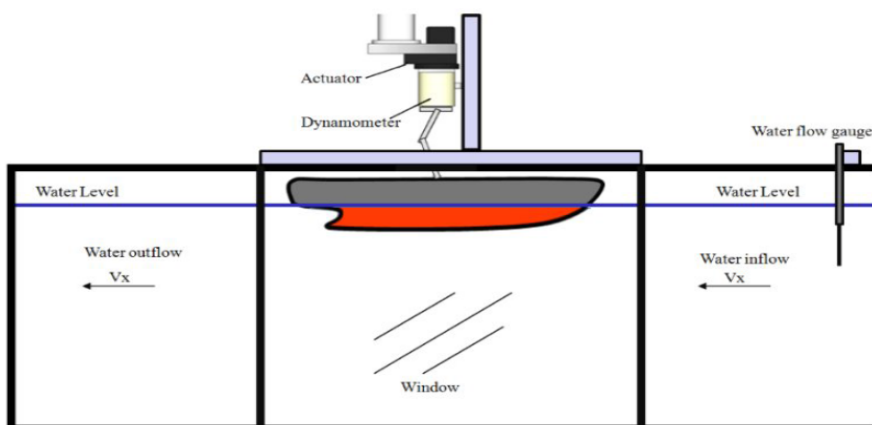
Sumber: R P Dallinga, 2006

3. *An Eulerian Scheme with Lagrangian Particles for Computing Fluid Structure Interaction with Nonlinear Free Surface Flow in Marine Engineering* oleh Suandar Baso.

Pada penelitian ini beberapa karya eksperimental dijelaskan secara rinci yaitu uji ketahanan di air yang tenang, gerak kapal di gelombang, entry test dan dropping test. Uji ketahanan kapal dilakukan dalam sirkulasi tangka saluran air. Kemudian, gerakan kapal di gelombang dilakukan dalam towing tank. Entry test untuk model silinder elastis dan model persegi panjang elastis dilakukan dalam tangki gelombang kecil. Masuknya air uji diatur dalam dua dimensi Model (2D) untuk kedua model.

Untuk dropping test, percobaan dirancang dalam tiga dimensi dan dilakukan dalam tangki gelombang menengah. Dalam percobaan ini, untuk mempertimbangkan gerakan elastis model kapal, model kapal dibagi menjadi empat bagian dan setiap bagian dihubungkan dengan menggunakan tulang punggung yang terbuat dari logam.

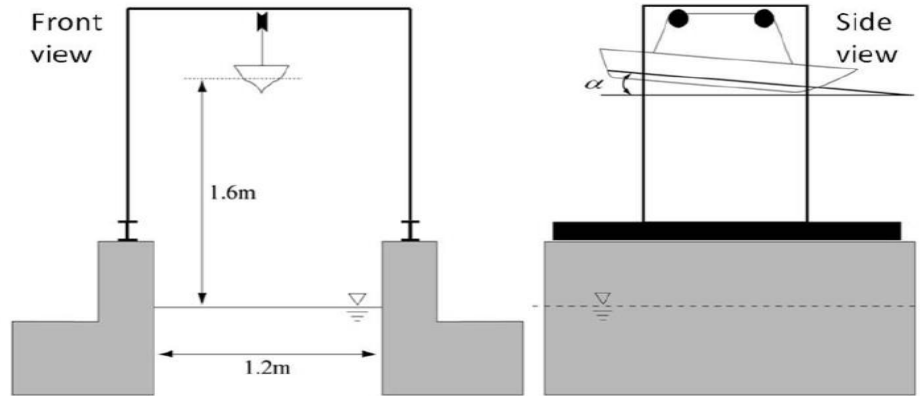
Pada experimental setup dijelaskan mengenai ukuran utama model kapal yang digunakan, skema uji ketahanan kapal. Skema uji ketahanan kapal dapat dilihat pada Gambar 2.8. dibawah ini.



Gambar 2.8. Skema Uji Ketahanan Kapal.

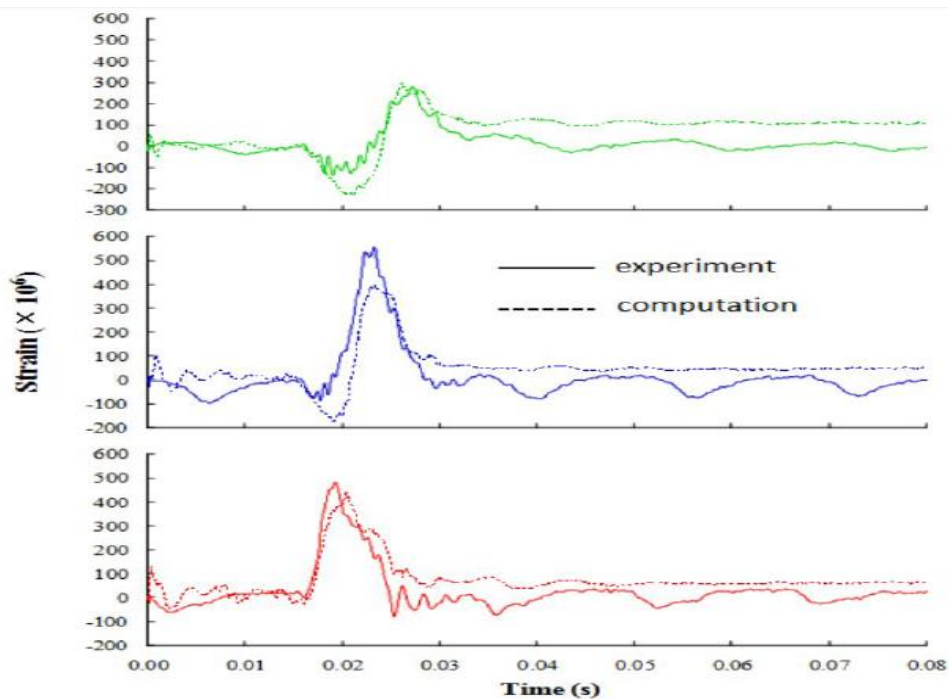
Untuk dropping test pada penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki hubungan antara gerak elastic dan dampak tekanan akibat adanya slamming. Eksperimental dilakukan berdasarkan teori jatuh bebas dengan kecepatan

konstan. Pada Gambar. 2.9. dapat dilihat skema dari dropping test berdasarkan teori jatuh bebas.



Gambar 2.9. Skema *Dropping Test*.

Sensor tekanan terletak di permukaan bawah model dan diukur dengan menggunakan piezo-electric sensor. Dalam penelitian ini, tahanan dan gerak kapal dihitung dengan menggunakan metode numerik, untuk menginterpretasi dampak slamming kapal hydroelasticity. Secara grafik hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.10. dibawah ini.



Gambar 2.10. Perbandingan Nilai Tegangan pada Perhitungan dan Percobaan.