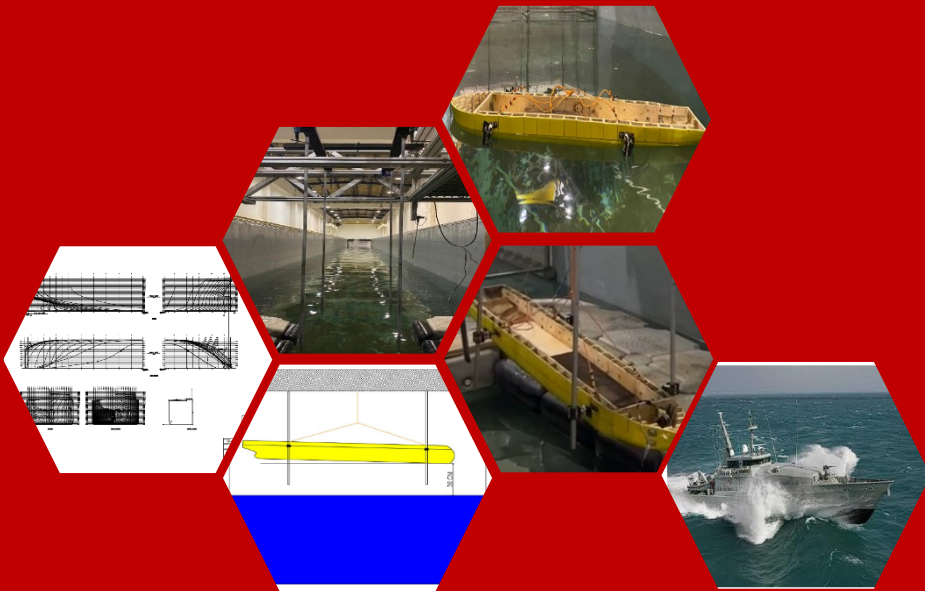


**STUDI *IMPACT PRESSURE* PADA LINGGI HALUAN DENGAN BERBAGAI
SUDUT MELALUI PERCOBAAN MODEL**



MUHAMMAD MUHLIS

D031201021

**PROGRAM TEKNIK PERKAPALAN
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**



2024

**STUDI *IMPACT PRESSURE* PADA LINGGI HALUAN DENGAN BERBAGAI
SUDUT MELALUI PERCOBAAN MODEL**

MUHAMMAD MUHLIS

D031201021



PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**STUDI *IMPACT PRESSURE* PADA LINGGI HALUAN DENGAN BERBAGAI
SUDUT MELALUI PERCOBAAN MODEL**

MUHAMMAD MUHLIS

D031201021

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Perkapalan

Pada

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

SKRIPSI**STUDI *IMPACT PRESSURE* PADA LINGGI HALUAN DENGAN BERBAGAI
SUDUT MELALUI PERCOBAAN MODEL****MUHAMMAD MUHLIS****D031201021**

Skripsi,

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana Teknik Perkapalan pada
Tanggal 10 Oktober 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pada

Program Studi Teknik Perkapalan

Departemen Teknik Perkapalan

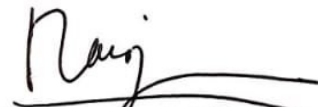
Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing Tugas Akhir,

Ir. Rosmani, MT.

NIP : 19600620 198802 2 001

Mengetahui:

Ketua Program Studi,

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

NIP : 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Studi Impact Pressure Pada Linggi Haluan Dengan Berbagai Sudut Melalui Percobaan Model" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing **Ir. Rosmani, MT**. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 10 Oktober 2024



MUHAMMAD MUHLIS
D031201021

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul " Studi Impact Pressure Pada Linggi Haluan Dengan Berbagai Sudut Melalui Percobaan Model". Shalawat dan salam tak lupa juga penulis kirimkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang-benderang. Penulis menyadari bahwa dalam proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini telah banyak pihak yang membantu dalam bentuk apapun itu. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak dengan segala keikhlasannya yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada

1. Terkhusus kedua orang tua, Bapak **Abdul Asis, ST** dan Ibu **Janawiah** yang telah berjuang dan terus mendoakan dari awal dan melakukan apapun untuk mengusahakan anaknya bisa berada di titik lebih dari dirinya. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih untuk semua pengorbanan tulus yang tentunya tidak akan pernah bisa terbalaskan. Semoga segala jerih payah dan doa kalian menjadi berkat dan berharga yang akan membawa manfaat bagi kita semua.
2. Adik tercinta dan terkasih **Adiba Azzahra** dan **Nur Afika** . Terima kasih banyak atas doa dan dukungan bahkan sudah memberikan motivasi dan semangat kepada penulis dari awal perkuliahan sampai detik ini.
3. **Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST. MT.** selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan dosen penguji tugas akhir ini.
4. **Ibu Ir. Rosmani, MT.** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan banyak memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. **Bapak Ir. Lukman Bochari, MT.** selaku dosen penguji tugas akhir ini yang telah memberikan masukan dan saran terhadap tugas akhir ini.
6. Seluruh pegawai/staf jurusan perkapalan Fakultas teknik Universitas Hasanuddin atas kebaikan dalam membantu segala administrasi selama kuliah.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan, bimbingan, motivasi dan ilmu yang telah diberikan.
8. Seluruh teman-teman kapal **Angkatan 2020** yang telah memberikan dukungan dan pengalaman yang berharga selama penulis menuntut ilmu di Departemen Teknik Perkapalan.
9. Semua pihak yang telah membantu, dalam bentuk fisik maupun dalam bentuk doa. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas dan memberkati selalu kebaikan kalian dengan yang lebih baik.

Penulis menyadari dalam proses pengerjaan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat kekurangan. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan kepada pembaca pada umumnya.

Makassar, September 2024

MUHAMMAD MUHLIS

ABSTRAK

MUHAMMAD MUHLIS. Studi Impact Pressure Pada Linggi Haluan Dengan Berbagai Sudut Melalui Percobaan Model. **(Dibimbing oleh Hj. Rosmani)**

Linggi haluan, sebagai bagian integral dari desain kapal, memiliki dampak signifikan terhadap performa hidrodinamika kapal. Pemahaman mendalam tentang desain linggi haluan digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional kapal, mengoptimalkan desain, dan pada gilirannya, meningkatkan keselamatan pelayaran. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dampak tekanan pada linggi haluan dengan berbagai sudut melalui percobaan model. Besar tekanan yang ditinjau berdasarkan sudut jatuhnya kapal saat dilakukan pengujian model yakni 5 derajat dan 15 derajat, sedangkan sudut linggi haluan pada kapal yakni 52 derajat, 57 derajat, dan 62 derajat, *dropping test* dilakukan dengan menjatuhkan kapal dari ketinggian 30 cm. Analisis besar tekanan pada linggi haluan kapal dilakukan dengan pengujian model yakni *dropping test* dengan menggunakan sensor *loadcell*. Nilai tekanan maksimum pada masing-masing sudut linggi haluan dan sudut jatuh terjadi pada sensor 1, dikarenakan sensor 1 merupakan sensor yang pertama menyentuh permukaan air. Adapun kesimpulan yang didapatkan yaitu nilai tekanan terbesar terjadi pada sudut linggi haluan 52 derajat dan nilai tekanan terkecil terjadi pada sudut 62 derajat hal ini menandakan bahwa semakin kecil sudut linggi haluan pada kapal maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar, begitupun sebaliknya semakin besar sudut linggi haluan maka tekanan yang terjadi akan semakin kecil. Serta nilai tekanan terbesar terjadi pada sudut jatuh 5 derajat dan nilai tekanan terkecil terjadi pada sudut jatuh 15 derajat hal ini menandakan pula semakin kecil sudut jatuh maka tekanan yang dihasilkan akan semakin besar, begitupun sebaliknya semakin besar sudut jatuh maka tekanan yang terjadi akan semakin kecil.

Kata kunci : Dropping test; Tekanan; Percobaan Model; Slamming; Loadcell

ABSTRACT

MUHAMMAD MUHLIS. Study of Impact Pressure on Bow Height with Various Angles through Model Experiment. (**Supervised by Hj. Rosmani**)

Bow height, as an integral part of ship design, has a significant impact on a ship's hydrodynamic performance. An in-depth understanding of bow height design is used to improve ship operational efficiency, optimize design, and in turn, improve shipping safety. This study aims to investigate the impact of pressure on the bow height with various angles through model experiments. The amount of pressure reviewed is based on the angle of fall of the ship during the model test, which is 5 degrees and 15 degrees, while the angle of the bow height on the ship is 52 degrees, 57 degrees, and 62 degrees, the dropping test is carried out by dropping the ship from a height of 30 cm. Analysis of the pressure on the bow height of the ship was carried out by testing the model, namely the dropping test using a loadcell sensor. The maximum pressure value at each bow height angle and drop angle occurs at sensor 1, because sensor 1 is the first sensor to touch the water surface. The conclusion obtained is that the largest pressure value occurs at a bow height angle of 52 degrees and the smallest pressure value occurs at an angle of 62 degrees, this indicates that the smaller the bow height angle on the ship, the greater the pressure generated, and vice versa, the greater the bow height angle, the smaller the pressure that occurs. As well as the largest pressure value occurs at a fall angle of 5 degrees and the smallest pressure value occurs at a fall angle of 15 degrees, this also indicates that the smaller the fall angle, the greater the pressure generated, and vice versa, the greater the fall angle, the smaller the pressure will be.

Keywords: Dropping test; Pressure; Model Experiment; Slamming; Loadcell

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Teori	2
1.2.1. Gravitasi	2
1.2.2. Gerak Jatuh Bebas	3
1.2.3. Dropping Test	3
1.2.4. Teori Slamming	4
1.2.5. Fenomena Slamming	4
1.2.6. Slamming Experiment	6
1.2.7. Teori Skala	8
1.3. Tujuan dan Manfaat	9
BAB II METODE PENELITIAN	10
2.1. Tempat dan Waktu Penelitian	10
2.2. Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data	10
2.2.1. Jenis Data	10
2.2.2. Teknik Pengambilan Data	12
2.3. Metode Pengolahan Data	12
2.3.1. Persiapan Alat	13
2.3.2. Pembuatan Model	17
2.3.3. Pembuatan Rel	20
2.3.4. Persiapan Pengujian	21
2.3.5. Prosedur Pengujian Model	23
2.3.6. Analisis Data	27
2.4. Kerangka Pemikiran	28
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	29
3.1. Model Kapal	29
3.2. Kalibrasi Sensor <i>loadcell</i>	30
3.3. Set Up Model pada Towing Tank	34
3.3.1. Set Up Model pada Kemiringan Linggi Haluan 52 Derajat	34
3.3.2. Set Up Model pada Kemiringan Linggi Haluan 57 Derajat	35
3.3.3. Set Up Model pada Kemiringan Linggi Haluan 62 Derajat	37
3.4. Hasil <i>Dropping Test</i>	38

3.4.1. Visualiasasi Hasil Pengujian <i>Dropping Test</i>	38
3.4.2. <i>Dropping Test</i> Haluan dengan Sudut Kemiringan Haluan 52 Derajat	45
3.4.3. <i>Dropping Test</i> Haluan dengan Sudut Kemiringan Haluan 57 Derajat	46
3.4.4. <i>Dropping Test</i> Haluan dengan Sudut Kemiringan Haluan 57 Derajat	47
3.5. Hasil Analisis	48
3.5.1. Nilai Tekanan	48
3.5.2. Nilai Koefisien Tekanan (Cp).....	50
BAB IV PENUTUP	52
4.1. Kesimpulan	52
4.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Ukuran utama kapal.....	10
2. Ukuran utama kapal skala 1:100.....	10
3. Kebutuhan bahan pembuatan model	17
4. Kebutuhan bahan pembuatan rel.....	20
5. Matriks waktu pengujian	21
6. Matriks waktu pengujian	22
7. Tekanan Puncak pada tiap sensor dalam berbagai kemiringan linggi haluan	49
8. Koefisien tekanan pada tiap sensor dalam berbagai kemiringan linggi halun	50

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Fenomena slamming	5
2. Koefisien tekanan puncak $k = (p/(1/2\rho v^2))$ dari benda dua dan tiga dimensi sebagai fungsi dari sudut deadrise.	5
3. Penutup udara selama benturan datar dari gelombang yang pecah terhadap dinding vertikal	6
4. Skema dropping test	7
5. Perbandingan nilai tegangan pada perhitungan dan percobaan	8
6. Linesplan model kemiringan 52 derajat	11
7. Linesplan model kemiringan 57 derajat	11
8. Linesplan model kemiringan 62 derajat	12
9. Laptop	13
10. Towing carriage	13
11. Towing tank	14
12. Loadcell device	14
13. Modul HX711	15
14. Perangkat arduino	15
15. Breadboard	16
16. Pemberat	16
17. Jumper wire	16
18. Section model	17
19. Pemasangan frame	18
20. Pemasangan kulit	18
21. Pemberian resin	18
22. Pemberian dempul	19
23. Pengecetan model	19
24. Draft test	20
25. Rel	21
26. Peletakan sensor	22
27. Skema rangkaian sensor Loadcell ke laptop	23
28. Rangkaian arduino uno yang dihubungkan pada laptop	23
29. Pemasangan model pada rel yang akan di uji	26
30. Keadaan kapal pada ketinggian 30 cm	26
31. Software arduino uno	26
32. Proses pelepasan kapal	27
33. Hasil pembacaan sensor	27
34. Kerangka pemikiran	28
35. Haluan kemiringan 52 derajat	29
36. Haluan kemiringan 57 derajat	29
37. Haluan kemiringan 62 derajat	29
38. Skema eksperimen dropping test	30
39. Letak sensor pada model	30
40. Peletakan beban pada sensor	33

41. Pembacaan data kalibrasi.....	33
42. Water pass 5 derajat.....	34
43. Kondisi model linggi haluan sudut 52 derajat menyentuh air pada sudut 5 derajat.....	34
44. Water pass 15 derajat.....	35
45. Kondisi model linggi haluan sudut 52 derajat menyentuh air pada sudut 15 derajat.....	35
46. Kondisi model linggi haluan sudut 57 derajat menyentuh air pada sudut 5 derajat.....	36
47. Kondisi model linggi haluan sudut 57 derajat menyentuh air pada sudut 15 derajat.....	37
48. Kondisi model linggi haluan sudut 62 derajat menyentuh air pada sudut 5 derajat.....	37
49. Kondisi model linggi haluan sudut 62 derajat menyentuh air pada sudut 15 derajat.....	38
50. Riwayat waktu dropping test sudut kemiringan 52 derajat dengan sudut jatuh 5 derajat.....	39
51. Riwayat waktu dropping test sudut kemiringan 52 derajat dengan sudut jatuh 15 derajat.....	40
52. Riwayat waktu dropping test sudut kemiringan 57 derajat dengan sudut jatuh 5 derajat.....	41
53. Riwayat waktu dropping test sudut kemiringan 57 derajat dengan sudut jatuh 15 derajat.....	42
54. Riwayat waktu dropping test sudut kemiringan 62 derajat dengan sudut jatuh 5 derajat.....	43
55. Riwayat waktu dropping test sudut kemiringan 62 derajat dengan sudut jatuh 15 derajat.....	44
56. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 5 derajat haluan 52 derajat.....	45
57. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 15 derajat haluan 52 derajat.....	45
58. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 5 derajat haluan 57 derajat.....	46
59. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 15 derajat haluan 57 derajat.....	47
60. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 5 derajat 62 derajat.....	47
61. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 15 derajat haluan 62 derajat.....	48
62. Kurva peak pressure pada tiap point dengan sudut jatuh 5 derajat dalam berbagai kemiringan linggi haluan	49
63. Kurva peak pressure pada tiap point dengan sudut jatuh 15 derajat dalam berbagai kemiringan linggi haluan	49
64. Koefisien tekanan pada tiap point dengan sudut jatuh 5 derajat dalam berbagai kemiringan linggi haluan	50

65. Koefisien tekanan pada tiap point dengan sudut jatuh 15 derajat dalam berbagai kemiringan linggi haluan	51
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Data hasil pengujian droptest pada sudut kemiringan linggi haluan 52 derajat ..56	
2. Data hasil pengujian droptest pada sudut kemiringan linggi haluan 57 derajat ..60	
3. Data hasil pengujian droptest pada sudut kemiringan linggi haluan 62 derajat ..64	
4. Data hasil pengujian ketika air dalam kondisi tenang68	

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan	Satuan
LOA	Length of all	M
LWL	Length of waterline	M
B	Lebar Kapal	M
H	Tinggi Kapal	M
T	Sarat Kapal	M
F	Gaya	N
G	Konstanta gravitasi	Nm^2/Kg^2
m1	Besar massa titik pertama	Kg
m2	Besar massa titik kedua	Kg
r	Jarak antara kedua massa titik	m
g	Percepatan gravitasi bumi	m/s^2
w	Gaya berat	n
m	Massa benda	Kg
y	Jarak yang ditempuh	m
P	Tekanan	N/M^2
A	Luas Sensor	M^2

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era perkembangan teknologi saat ini, industri kelautan dan perkapalan memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung perekonomian global, terutama bagi negara-negara yang memiliki wilayah maritim luas seperti Indonesia. Keselamatan dan kehandalan kapal merupakan aspek kritis dalam industri ini. Linggi haluan, sebagai bagian integral dari desain kapal, memiliki dampak signifikan terhadap performa hidrodinamika kapal.

Dalam penggunaan linggi haluan, pemahaman mendalam tentang fenomena fluida yang terjadi di sekitar linggi haluan, khususnya tekanan impact (*impact pressure*), sangat diperlukan. Pada saat ini, belum ada penelitian eksperimental yang memadai mengenai studi tekanan impact pada linggi haluan dengan berbagai sudut. Oleh karena itu, penelitian ini akan memfokuskan pada pemahaman lebih lanjut terhadap fenomena tersebut melalui percobaan menggunakan model.

Hagiwara, K & Yuhara, T. (1974) mendeskripsikan, bahwasanya hubungan antara tekanan impact maksimum, kecepatan impact relatif, sudut relatif antara gelombang haluan dan gelombang lambung, dan radius lengkungan linggi haluan diperoleh. Ditemukan bahwa tekanan *impact maximum* akan meningkat sekitar kuadrat dari kecepatan impact relatif dan lebih dipengaruhi oleh sudut relatif antara gelombang haluan dan gelombang lambung daripada radius lengkungan linggi haluan.

Baso et al. (2021) menyelidiki, tekanan bantingan haluan pada model kapal secara eksperimental melalui uji jatuh. Efek dari sudut tumbukan (0-30 derajat) dan berat model dipelajari. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi tekanan slamming haluan melalui eksperimen dan menganalisis pengaruh sudut tumbukan dan berat. Penelitian ini memberikan wawasan tentang beban slamming yang bekerja pada lambung kapal dalam kondisi laut yang realistis. Hasilnya menunjukkan tekanan puncak menurun dengan meningkatnya sudut benturan. Berat model yang lebih berat menyebabkan tekanan yang lebih tinggi. Koefisien tekanan puncak paling tinggi untuk kondisi muatan penuh pada sudut tumbukan yang kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dampak tekanan pada linggi haluan dengan berbagai sudut melalui percobaan model. Pemahaman mendalam tentang fenomena ini digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional kapal, mengoptimalkan desain, dan pada gilirannya, meningkatkan keselamatan pelayaran.

Pentingnya penelitian ini terletak pada kontribusinya terhadap pengembangan desain kapal yang lebih efisien dan aman. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi landasan untuk merekomendasikan perubahan dalam desain linggi haluan yang dapat mengurangi tekanan hidrodinamika. Dalam konteks industri perkapalan yang kompetitif, peningkatan efisiensi ini dapat memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar untuk pengembangan

pedoman desain baru dalam standar industri, menciptakan dampak positif dalam meningkatkan keselamatan dan kinerja kapal secara keseluruhan.

1.2. Teori

1.2.1. Gravitasi

Dengan menggunakan hukum keduanya, Newton membuktikan bahwa ada gaya tarik menarik bervariasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara Matahari dan planet akan menghasilkan orbit elips, seperti yang diamati oleh Kepler. Dia kemudian membuat yang berani asumsi bahwa gaya tarik menarik ini bekerja antara dua benda di alam semesta. Sebelum Newton, tidak banyak yang percaya bahwa hukum fisika dapat dipatuhi Bumi dapat diterapkan pada benda-benda langit (Kepler, 1998).

Newton mengubah pemahaman kita sifat alam nonterrestrial dengan menunjukkan bahwa hukum fisika berlaku sama baiknya terhadap benda-benda terestrial dan nonterrestrial. Hukum gravitasi Newton mendalilkan bahwa ada gaya tarik menarik antara setiap pasangan partikel titik itu sebanding dengan produk massa partikel dan berbanding terbalik sebanding dengan kuadrat jarak yang memisahkannya (Kepler, 1998).

Setiap titik massa menarik setiap massa titik lain dengan gaya sepanjang potong dari kedua titik. Gayanya berbanding lurus dengan hasil dari dua massa dan berbanding terbalik dengan kuadrat dari jarak antara mereka:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

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 diatas dapat diturunkan menjadi persamaan untuk menghitung gaya berat. Gaya berat adalah gaya tarik gravitasi yang bekerja pada suatu benda. Arah gaya berat selalu menuju pusat bumi, dan besarnya bergantung pada massa dan percepatan gravitasi yang dimana persamaannya sebagai berikut:

$$W = m \times g \quad (2)$$

Dimana,

w	= gaya berat (n),
m	= massa benda (kg), dan
g	= percepatan gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

1.2.2. Gerak Jatuh Bebas

Suatu benda dikatakan mengalami gerak jatuh bebas, jika benda tersebut dilepaskan dari suatu ketinggian tertentu terhadap tanah tanpa kecepatan awal. Benda yang dijatuhkan dari atas akan jatuh ke bumi karena benda tersebut mendapat percepatan gravitasi (g) yang arahnya selalu menuju ke pusat bumi (Supriyadi, 2008).

Menurut Zollman & Fuller (1994), di dalam gerak jatuh bebas, gesekan dan gaya archimedes terhadap udara diabaikan sehingga dapat dikatakan bahwa gerak jatuh bebas sebenarnya hanya terjadi dalam ruang hampa. Jika suatu benda dijatuhkan dari suatu ketinggian dari permukaan tanah dengan percepatan gravitasi, maka untuk mengetahui kecepatan benda pada saat jatuh bebas dapat digunakan persamaan:

$$v_t = gt \quad (3)$$

Dimana:

v_t = Kecepatan benda (m/s)
 g = Percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
 t = Waktu (s)

Sedangkan persamaan yang digunakan untuk menentukan jarak yang ditempuh oleh suatu benda selama benda bergerak selama t detik dari tempat awal dapat digunakan persamaan:

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \quad (4)$$

Dimana:

y = Jarak yang ditempuh (m)
 g = percepatan gravitasi bumi ($9,81 m/s^2$)
 t = waktu (s)

Dalam setiap kesempatan, gerak jatuh dipelajari oleh para ilmuwan dengan hati-hati dan teliti. Dalam keadaan hambatan hampa udara didapatkan bahwa semua benda, tidak peduli ukuran dan beratnya, pada setiap titik dipermukaan bumi jatuh dengan percepatan yang sama. Bila jarak yang ditempuh adalah kecil bila dibandingkan dengan jejari bumi, percepatan selama jatuh adalah tetap. Pengaruh dari hambatan udara dan berkurangnya percepatan dengan ketinggian akan diabaikan. Gerak yang ideal ini disebut "jatuh bebas" (Ristiawan, 2018).

1.2.3. 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 (Gaffar, 2021).

1.2.4. Teori Slamming

1.2.4.1. Wave Impact Load

Beban *slamming* memiliki dampak yang sangat besar dalam desain struktur kapal. Kemungkinan terjadinya *slamming* ditemukan dengan mendefinisikan kecepatan ambang relatif dari terjadinya *slamming*. Untuk mengetahui lebih dalam tentang ambang batas terjadinya *slamming*, perlu untuk mempelajari model teoritis atau melakukan percobaan pada dampak air terhadap dek dan lambung struktur kapal dan juga perlu untuk mengembangkan kriteria rasional untuk batas operasional akibat *slamming*. Kriteria harus berkaitan dengan beban *slamming* yang digunakan dalam desain struktural yaitu respons struktur akibat *slamming* (Faltinsen, 2005).

1.2.4.2. Effect Slamming

Penyebab *slamming* mengakibatkan efek lokal maupun global pada struktur. *Whipping* merupakan efek global akibat *slamming*. *Hydroelastis* penting untuk beban global dan juga memiliki beberapa efek lokal pada kasus tekanan *slamming* yang tinggi dalam durasi waktu singkat. Bila sudut yang terbentuk antara permukaan dan ambung permukaan bebas sangat kecil, maka dimungkinkan terjadi tekanan tinggi. *Hydro-elastisitas* berarti bahwa aliran fluida dan reaksi elastis struktur dianggap secara bersamaan dan saling interaksi, yaitu:

- Getaran elastis menyebabkan aliran fluida dengan bidang tekanan
- Media dinamis mempengaruhi getaran elastis struktural.

Dalam analisis struktural konvensional (tanpa *hydro-elastisitas* atau efek dinamis), pemuatan hidrodinamik dianggap sebagai struktur kaku. Loading diterapkan dalam cara kuasi-stabil ketika dihasilkan statis struktural elastis dan plastik deformasi dan tegangan dihitung. Solusi lengkap masalah hidrodinamik cukup kompleks dan pendekatan harus dilakukan. Untuk penyederhanaan kita dapat mengabaikan kompresibilitas air. Tampaknya sangat tinggi tekanan *slamming* tidak penting untuk baja dan aluminium struktur. Sebagai tinggi puncak tekanan dilokalisasi dalam ruang dan waktu. Gaya impuls yang penting bagi respon struktur (Ahmad, 2015).

1.2.5. Fenomena Slamming

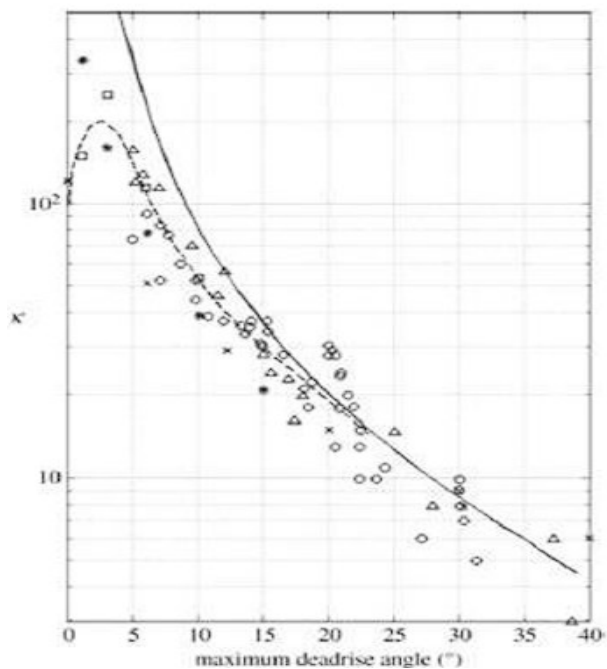
Fenomena *slamming* ditandai dengan durasi yang relatif singkat. Fenomena ini terjadi ketika sebuah benda masuk ke dalam air dengan sudut yang relatif kecil antara permukaan benda dan permukaan air yang dapat dilihat pada Gambar 1. Penjelasan klasik mengenai tekanan tinggi dengan kekuatan yang dihasilkan merupakan akselerasi antar cairan dan permukaan benda (Himaya, 2016).



Gambar 1. Fenomena slamming

Sumber : Veen, 2010

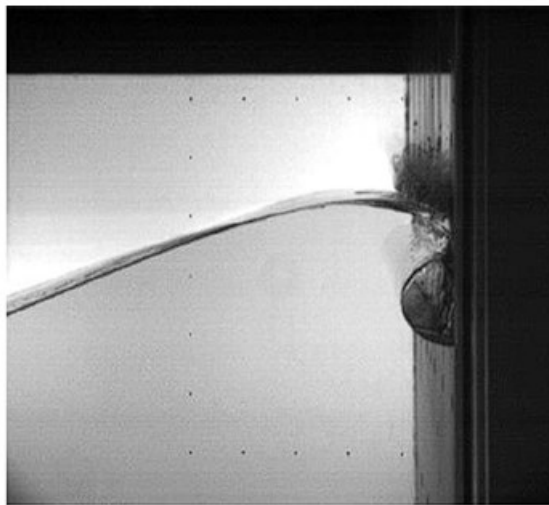
Dampak tekanan sangat bergantung pada sudut relatif antara benda dan permukaan cairan. Dampak ini telah dibuktikan melalui percobaan dengan menjatuhkan *wedges* dengan *deadrise* bervariasi. Khususnya ketika sudut relative kecil, tekanan meningkat tajam, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2. Bila sudut relatif sangat rendah, di bawah 5 Derajat, 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 kopresibilitas volume udara ini berperan penting dalam tekanan pada sebuah benda (Himaya, 2016).



Gambar 2. Koefisien tekanan puncak $k = (p/(1/2\rho v^2))$ dari benda dua dan tiga dimensi sebagai fungsi dari sudut *deadrise*.

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 derajat, maka secara umum berlaku Hukum *Froude*. Untuk *flat impact*, jika sudut relatif lebih kecil dari 5 derajat, tekanan udara mempengaruhi tekanan *slamming*, yang berarti bahwa tekanan *ambient* harus dikurangi untuk tes skala yang dapat dilihat pada Gambar 3. Meskipun ini akan meningkatkan kesamaan fenomena selama pegujian skala dan pada skala penuh (Himaya, 2016).



Gambar 3. Penutup udara selama benturan datar dari gelombang yang pecah terhadap dinding vertikal

Sumber: Himaya, 2016

1.2.6. Slamming Experiment

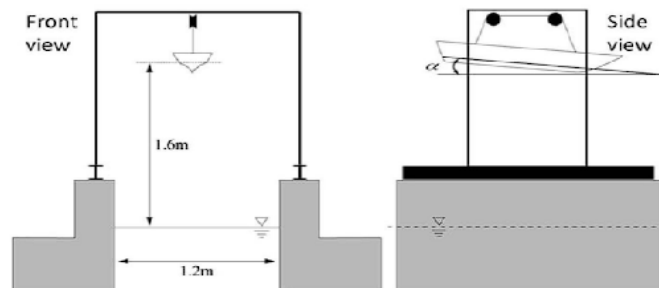
Pada saat terjadi fenomena slamming, dilakukan berbagai eksperimen atau penelitian untuk mengetahui besarnya tekanan yang terjadi akibat slamming atau *slamming impact*. Penelitian mengenai fenomena *slamming* telah diteliti oleh beberapa orang sebagai berikut.

Nasir. (2011) mendeskripsikan, 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). Adapun hasil akhir dari pengujian ini merupakan nilai tekanan sesaat air pada model *WISE* yang nantinya digunakan untuk pembuatan model itu sendiri.

Dallinga. (2006) dalam penelitiannya, 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

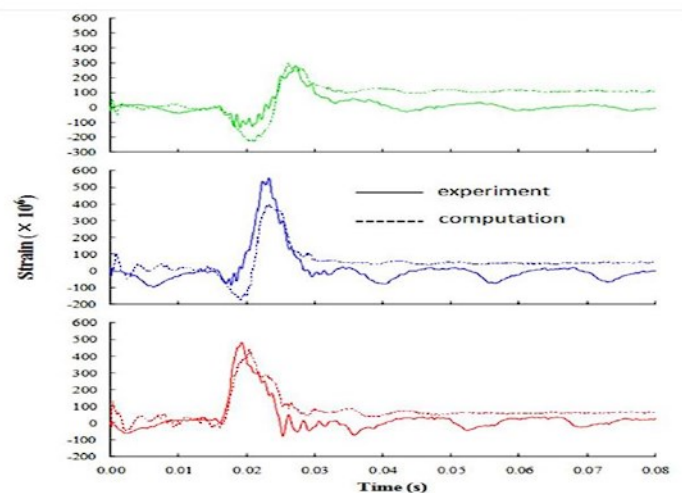
sendiri terhadap tekanan yang disebabkan oleh *slamming*. Meskipun menarik, statistik gabungan dari tubuh yang kaku dan respons cambuk mengatur secara praktis konsekuensi dari membanting dalam hal misalnya beban cambukan. Efeknya diperoleh dengan mencari maksimum dalam sinyal total dalam (berdasarkan waktu) kedekatan maksimum dari akselerasi benda tegar. Gambar 4 menunjukkan prosedur analisis. Keuntungan konseptual dari prosedur ini adalah fakta bahwa masalah mengidentifikasi jumlah “peristiwa” bantingan dielakkan.

Baso. (2014) mengklaim, bahwasanya untuk *dropping test*, percobaan dirancang dalam tiga dimensi dan dilakukan dalam tangki gelombang menengah yang dilakukan untuk menyelidiki hubungan antara gerak *elastic* dan dampak tekanan akibat adanya *slamming*. Eksperimental dilakukan berdasarkan teori jatuh bebas dengan kecepatan konstan. Skema dari *dropping test* berdasarkan teori jatuh bebas dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema dropping test
Sumber : Baso, 2010

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 5.



Gambar 5. Perbandingan nilai tegangan pada perhitungan dan percobaan
Sumber : Baso, 2010

1.2.7. Teori Skala

Ferdiana. (2014) mengemukakan bahwa setiap jenis gambar mempunyai ukuran yang berbeda-beda, ada yang kecil dan ada yang besar. Oleh karena itu, sering kali tidak memungkinkan menggambar suatu gambar dalam kertas gambar ukuran tertentu dalam ukuran sebenarnya. Untuk itu, ukuran gambar harus diperkecil jika bendanya besar, dan harus diperbesar jika bendanya terlalu kecil, pengecilan atau pembesaran gambar dilakukan dengan skala tertentu. Skala adalah perbandingan ukuran linear pada gambar terhadap ukuran lineardari benda sebenarnya. Ada tiga macam skala gambar, yaitu

A. Skala pembesaran

Pembesaran digunakan jika gambarnya dibuat lebih besar daripada benda sebenarnya. Misalnya, jika bendanya kecil dan rumit seperti pada rangkaian kontrol pada lampu jalan, maka harus menggunakan skala pembesaran untuk menggambarkan rangkaian ini. Penunjukan untuk skala pernbesaran adalah $x:1$, sedangkan ukuran lengkap yang dianjurkan adalah 50:1, 20:1, 10:1, 5:1 dan 2:1

B. Skala penuh

Skala penuh digunakan bilamana gambarnya dibuat sarna besar dengan benda sebenarnya. Skala ini dianjurkan untuk sedapat mungkin dipergunakan supaya dapat membayangkan benda yang sebenarnya, atau untuk memudahkan pemeriksaan. Penunjukan skala penuh adalah 1:1.

C. Skala pengecilan

Skala pengecilan digunakan bilamana gambar yang dibuat lebih kecil daripada gambar yang sebenarnya, Penunjukkannya adalah $1:x$. Adapundaftar penunjukkan skala pengecilan yang dianjurkan yakni 1: 2, 1: 20, 1: 200, 1: 2000, 1: 5, 1: 50, 1: 500, 1:5000, 1: 10, 1: 100, 1: 1000 dan 1: 10000.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Menentukan besar tekanan pada haluan kapal pada kondisi *slamming* di setiap kemiringan linggi haluan kapal.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menjadi bahan acuan dalam mendesain linggi haluan oleh para desainer kapal
- 2) Sebagai bahan pertimbangan bagi para *owner* dan perusahaan pelayaran dalam mengoperasikan kapal.
- 3) Sebagai referensi dan acuan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penelitian dilaksanakan terhitung mulai bulan Desember 2023 sampai Agustus 2024.

2.2. Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data

2.2.1. Jenis Data

- a) Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis data primer / langsung, merupakan data yang diperoleh dari hasil percobaan eksperimen model di laboratorium berupa perilaku kapal akibat tekanan yang diperoleh dari *dropping test* pada sudut yang berbeda dengan menggunakan sensor *loadcell*.
- b) Data sekunder / tidak langsung, merupakan data yang diperoleh melalui bahan-bahan tertulis dari sumber data yang erat kaitannya dengan penelitian ini. Setelah data sekunder kapal terkumpul, kemudian data akan diverifikasi untuk persiapan pembuatan model. Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kapal tanker dengan data umum yang dapat di lihat pada Tabel 1 dan gambar linesplan kapal dengan kemiringan linggi haluan 52 derajat, 57 derajat, dan 62 derajat masing -masing dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.

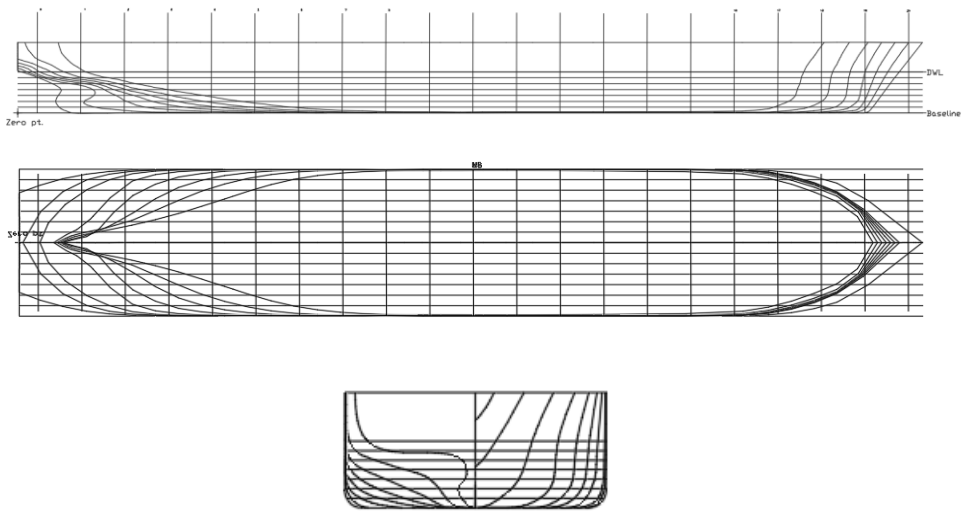
Tabel 1 Ukuran utama kapal

No	Ukuran utama	Nilai	Satuan
1	Length overall	157,7	m
2	Length between perpendicular	149,5	m
3	Breadth	27,7	m
4	Depth	12	m
5	Draught	7	m

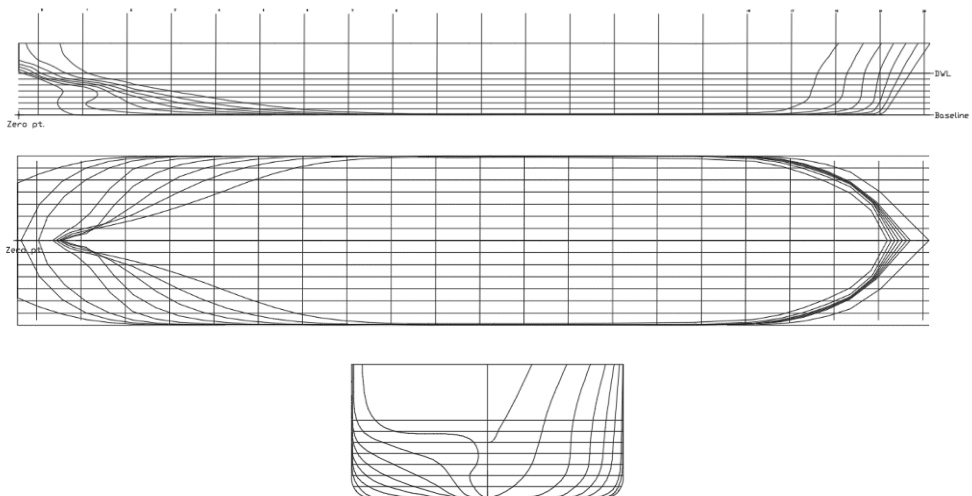
Adapun ukuran model pada skala 1:100 ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran utama kapal skala 1:100

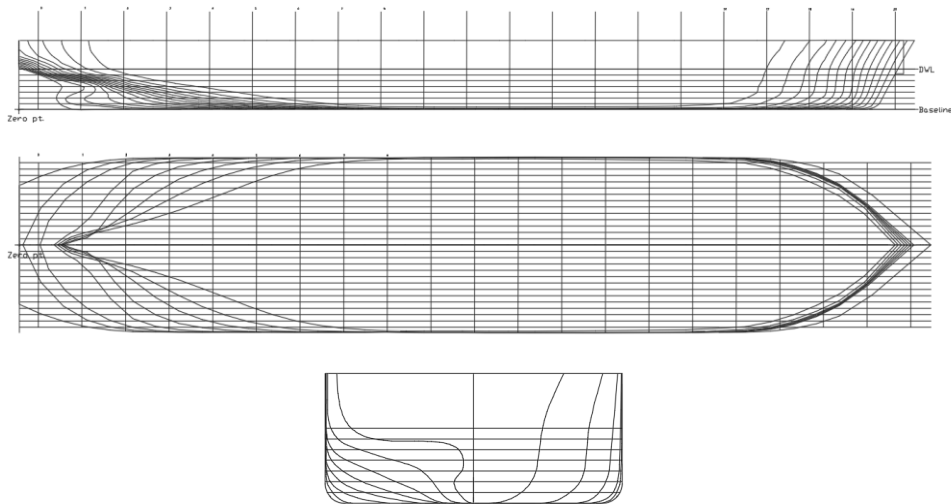
No	Ukuran utama	Nilai	Satuan
1	Length overall	1,58	m
2	Length between perpendicular	1,50	m
3	Breadth	0,28	m
4	Depth	0,12	m
5	Draught	0,07	m



Gambar 6. Linesplan model kemiringan 52 derajat
Sumber : Hasil olah data



Gambar 7. Linesplan model kemiringan 57 derajat
Sumber: Hasil olah data



Gambar 8. Linesplan model kemiringan 62 derajat
Hasil olah data

2.2.2. Teknik Pengambilan Data

Adapun metode pengumpulan data penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Metode pengujian model dan observasi, dalam hal ini melakukan pengujian langsung pada model kapal yang diteliti pada tangki percobaan yang dilengkapi peralatan pendukung. Metode ini merupakan pengamatan secara langsung terhadap kegiatan eksperimen yang sedang berlangsung,
2. Studi literatur, dimana kita harus terlebih dahulu memahami konsep dasar tekanan impak pada kapal dan bagaimana sudut linggi haluan memengaruhi distribusi tekanan tersebut. Tekanan impak terjadi ketika air mengenai bagian depan kapal, terutama di linggi haluan, yang merupakan titik pertama yang berinteraksi dengan air saat kapal bergerak. Pentingnya memahami tekanan impak ini terletak pada kebutuhan untuk merancang kapal yang dapat mengurangi tekanan tersebut guna meningkatkan efisiensi bahan bakar dan keselamatan struktural.

2.3. Metode Pengolahan Data

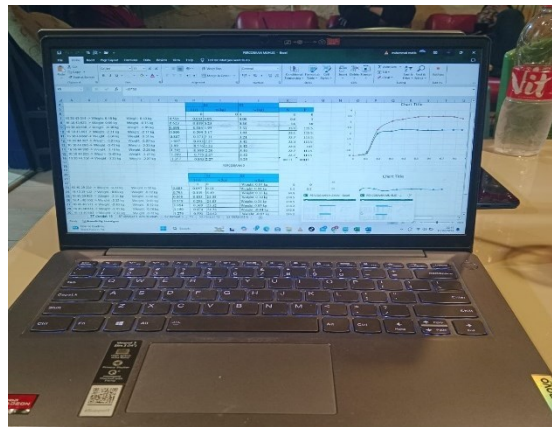
Jenis Penelitian ini berbasis eksperimen laboratorium, yaitu melakukan pengujian *Impact Pressure* pada linggi haluan kapal diberbagai sudut dengan cara *dropping test* pada tangki percobaan dengan menggunakan bantuan beberapa komponen-komponen yang berada di tangki percobaan / Towing Tank yang tersedia di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Untuk mengolah data tahap – tahap pengolahan yang digunakan sebagai berikut.

2.3.1. Persiapan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1) Laptop

Dalam penelitian ini laptop digunakan sebagai perangkat untuk mencatat hasil yang didapat yang dihubungkan dengan Arduino Uno, selain itu laptop juga digunakan untuk mengolah data yang didapatkan serta mengolah semua aplikasi *software* yang digunakan selama penelitian ini berlangsung yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Laptop
Sumber: Properti pengujian

2) Towing Carriage

Pada penelitian ini *Towing carriage* dijadikan sebagai rangka pengujian model ketika *dropping test* dilakukan. Adapun *Towing carriage* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Towing carriage
Sumber: Properti Pengujian

3) *Towing Tank*

Kolam uji atau towing tank adalah sebagai media pengujian ketika penarikan model berlangsung, pada fasilitas kolam uji atau *towing tank* yang terdapat pada Laboratorium Hidrodinamika Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin mempunyai panjang kolam 40 meter dan kedalaman kolam 8 meter dengan lebar 3 meter yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Towing tank
Sumber: Properti pengujian

4) *Load cell Device*

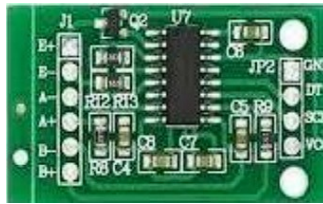
Load Cell Device adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur gaya atau berat. Alat ini biasanya digunakan dalam timbangan digital dan aplikasi pengukuran gaya lainnya. *Load Cell* ini bekerja berdasarkan prinsip deformasi elastis. Ketika gaya atau berat diaplikasikan pada *Load Cell*, material dalam *Load cell* akan mengalami deformasi. Deformasi ini kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diukur. Contoh *Loadcell* yang digunakan dalam percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Loadcell device
Sumber : Google picture

5) Modul HX711

Modul HX711 berfungsi sebagai modul ADC dengan mengubah resistansi yang diterima menjadi besaran tegangan. Hasil modul ini stabil, memiliki sensitivitas tinggi, dan dapat menghitung perubahan dengan cepat. Modul HX711 yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Modul HX711

Sumber: Properti Pengujian

6) Arduino

Untuk mengetahui nilai yang dikeluarkan dari sensor tersebut digunakan perangkat Arduino yang berfungsi sebagai pengendali *microcontroller* yang dapat mengatur kecepatan data yang dikeluarkan oleh *load cell device* perangkat Arduino inilah yang dihubungkan ke laptop untuk dapat melihat hasilnya. Arduino yang digunakan ini dilengkapi dengan pengaman arus di port USB yang berfungsi melindungi PC atau, Laptop dari kerusakan. Arduino yang digunakan memiliki total 14 *pin programmable input/ output* dan 6 *pin analog input*. Arduino yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 14.

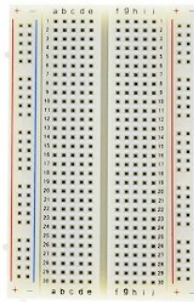


Gambar 14. Perangkat arduino

Sumber : Google picture

7) Breadboard

Breadboard merupakan perangkat *wiring* yang digunakan untuk membuat rangkaian elektronik. Pada penelitian ini *breadboard* digunakan untuk membuat rangkaian instalasi antara perangkat Arduino dengan *microcontroller* pada *load cell device*. Breadboard yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Breadboard

Sumber: Google picture

8) Pemberat

Pemberat pada penelitian kali ini digunakan untuk mengkalibrasi sensosr *load cell* yang dimana akan di tempatkan diatas sensor dan sensor akan membaca berat dari pemberat yang berada di atas sensor. Pemberat yang digunakan dalam percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Pemberat

Sumber: Google picture

9) Jumper wire

Jumper wire merupakan kabel penghubung yang digunakan untuk menghubungkan Interface Amplifier ke perangkat Arduino Mega dan menghubungkan antara Interface Amplifier ke breadboard maupun perangkat Arduino Mega ke breadboard. Jumper wire yang digunakan dalam percobaan kali ini dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Jumper wire

Sumber: Properti pengujian

2.3.2. Pembuatan Model

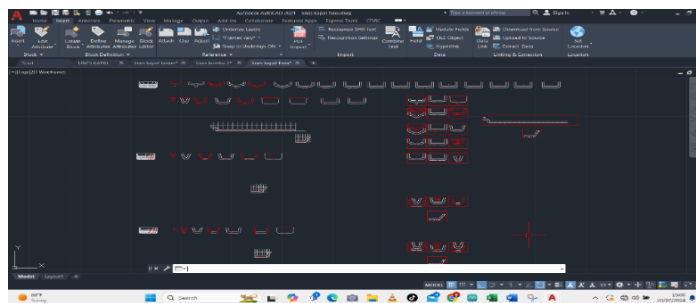
Model dibuat di Laboratorium Hidrodinamika Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Beberapa kebutuhan yang diperlukan selama pembuatan model dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan bahan pembuatan model

No	Komponen	Satuan	Jumlah
1	Tripleks 3 mm	Lembar	1
2	Dempul	Kaleng	5
3	Cat Dasar (Abu-abu)	Kaleng	2
4	Cat kuning	Kaleng	3
5	Spidol	Buah	1
6	Kuas	Buah	2
7	Amplas	Meter	3
8	Mata Gerinda Potong	Buah	1
9	Mata Gerinda Amplas	Buah	1
10	Penggaris	Buah	1
11	Gerinda	Buah	1
12	Pisau Dempul	Pack	1
13	Pulpen	Buah	2

Pembuatan model terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Gambar model di bagi beberapa *section (bodyplan)*, yang dimana setelah section di bagi selanjutnya diberikan ketebalan sesuai dengan ketebalan *frame* kapal untuk mendapatkan pola *frame*.



Gambar 18. Section model

Sumber: Hasil olah data

2. Setelah gambar *bodyplan* di setiap section telah selesai selanjutnya kami mengirimkan file gambar tersebut ke tempat pemotongan otomatis menggunakan mesin *cutting* otomatis.

3. *Section* yang telah dipotong selanjutnya di bentuk sesuai nomor *frame*. *Frame* yang telah di potong selanjutnya dilekatkan pada lunas yang telah di bentuk pula menggunakan lem. Pemasangan/ perekatan *frame* dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pemasangan *frame*

Sumber: Pembuatan model

4. *Frame* yang telah direkatkan kemudian dipasangkan kulit mengikuti pola *frame* yang telah terpasang. Model yang telah dilakukan pemasangan kulit dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Pemasangan kulit

Sumber: Pembuatan model

5. Pada bagian luar yang telah terbentuk kemudian diberikan resin. Model yang telah diberikan resin dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Pemberian resin

Sumber: Pembuatan model

6. Setelah diberikan resin pada bagian luar, kemudian model di amplas halus. Model yang telah diampas halus kemudian diberikan dempul secara merata. Setelah diberikan dempul kemudian di amplas kasar dan halus. Model yang telah diberikan dempul dapat dilihat pada Gambar 22.



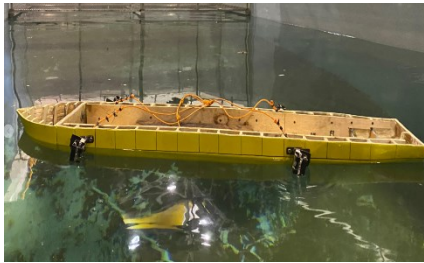
Gambar 22. Pemberian dempul.
Sumber: Pembuatan model

7. Pengecatan model menggunakan cat semprot warna abu-abu sebagai cat dasar model dan selanjutnya menggunakan cat semprot warna kuning sebagai warna asli model. Model yang telah diberikan warna/ cat dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Pengecatan model
Sumber: Pembuatan model

8. Penimbangan model untuk mendapatkan berat kosong model dan tes *draft* di *towing tank*. *Test draft* ini dilakukan dengan menambahkan pemberat pada model hingga kapal mencapai *full draft*. Setelah mencapai *full draft*, total berat dari pemberat ditimbang. Berat kosong model dijumlahkan dengan berat total pemberat sama dengan total *displacement* model. Draft test dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Draft test
Sumber: Hasil olah data

2.3.3. Pembuatan Rel

Rel dibuat di Laboratorium Hidrodinamika Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Beberapa kebutuhan yang diperlukan selama pembuatan rel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan bahan pembuatan rel

No	Komponen	Satuan	Jumlah
1	Holo 3.6 inchi	Batang	1
2	Holo 1.5 Inchi	Batang	1
3	Rel	Buah	16
4	Baut	Buah	24
5	Mur kuping	Buah	4
6	Kawat las	Kg	1
7	Mata bor	Buah	4
8	Mata Gerinda amplas	Buah	1
9	Mata gerinda	Buah	3
10	Cat Hitam	Kaleng	1
11	Ring Mur	Plastik	1
12	Tali tis	Buah	20
13	Lem Sling	Rol	1

Rel dalam percobaan *dropping test* memiliki fungsi penting sebagai penuntun atau jalur yang memastikan bahwa kapal yang dijatuhkan mengikuti lintasan yang diinginkan dengan konsisten. Dengan menggunakan rel, kita dapat mengontrol arah dan kecepatan jatuhnya objek sehingga percobaan dapat dilakukan dengan lebih akurat dan presisi. Rel juga membantu mengurangi variasi atau penyimpangan yang tidak diinginkan selama pengujian, sehingga hasil percobaan menjadi lebih dapat diandalkan dan dapat dibandingkan satu sama lain. Rel yang digunakan dalam penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Rel

Sumber: Properti pengujian

2.3.4. Persiapan Pengujian

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

A. Matriks waktu pengujian

Matriks waktu pengujian diperlukan untuk mengetahui berapa lama tiap tahapan pengujian dilakukan. Matriks waktu pengujian secara rinci disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Matriks waktu pengujian

No	Tahapan Pengujian	Waktu
Persiapan		
1	Menyalakan saklar pada sumber listrik	1 menit
2	Menyambungkan alat sensor <i>load cell</i> ke laptop	5 menit
3	Memasang/mengganti haluan pada model kapal	10 menit
4	Memasang model pada kapal pada <i>towing carriage</i>	5 menit
5	Mengatur sudut kemiringan <i>drop test</i> model kapal	5 menit
6	Membuka aplikasi <i>Arduino</i>	1 menit
Pengujian		
7	<i>Dropping Test</i>	5 jam

B. Matriks kebutuhan pengujian

Matriks kebutuhan pengujian merupakan rincian kebutuhan yang dibutuhkan dalam pengujian ini. Matriks kebutuhan pengujian secara rinci dapat di lihat pada tabel 6.

Tabel 6. Matriks kebutuhan pengujian

No	Nama Barang	Jumlah
Model		
1	Model Kapal	1 buah
Peralatan		
2	Laptop	1 buah
3	<i>Towing Carriage</i>	1 buah
4	<i>Load cell device</i>	2 buah
5	<i>Arduino</i>	1 buah
6	<i>bread board</i>	1 buah
7	<i>Jumper wire</i>	16 buah
8	kamera	2 buah
9	Beban	2 buah
10	Rel	4 buah

C. Langkah Instalasi *Loadcell Device* pada haluan kapal

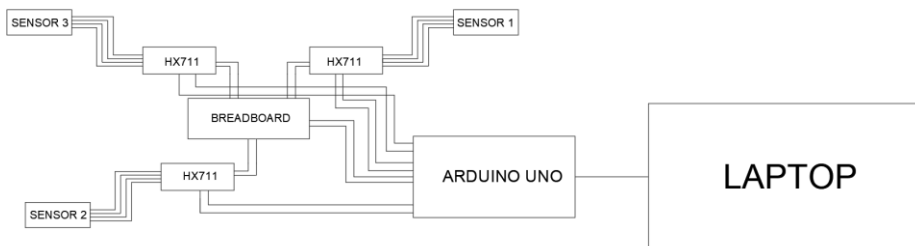
Untuk instalasi *Loadcell Device* pada haluan kapal dapat dilakukan dengan langkah-langkah dibawah ini:

- Pastikan sensor *load cell* siap digunakan dengan memperhatikan kabel/kawat yang terhubung pada sensor.
- Sensor Loadcell ditempelkan secara zigzag pada bagian haluan kapal. Diletak sensor dapat dilihat pada Gambar 26.

**Gambar 26.** Peletakan sensor

Sumber: Hasil olah data

- Sensor *loadcell* dihubungkan pada kabel kemudian disambungkan dengan *jumper wire* pada *breadboard*, dalam hal ini breadboard adalah, skema rangkaian sensor dapat dilihat pada Gambar 27.



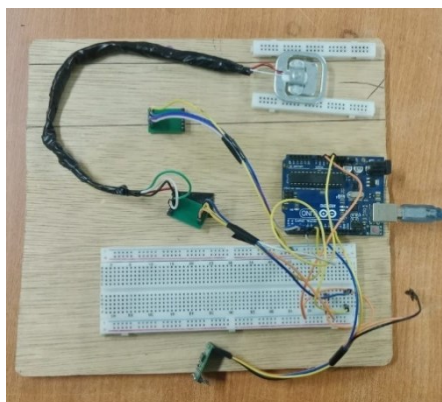
Gambar 27. Skema rangkaian sensor *Loadcell* ke laptop

Sumber: Hasil olah data

Strip kiri dan strip kanan mampu meneruskan nilai yang dihasil dari *microcontroller loadcell device* ke perangkat arduino. Strip kiri memiliki besaran nilai yang sama apabila kabel penghubung dari *loadcell device* ke perangkat Arduino dipasang secara vertikal di strip kiri, begitu pula sebaliknya pada strip kanan yang memiliki besaran nilai yang sama apabila kabel penghubung dari *loadcell device* ke perangkat Arduino dipasang secara horizontal.

d. *Breadboard* dihubungkan ke *arduino uno*

e. *Arduino uno* dihubungkan dengan laptop yang digunakan untuk merekam dan mengolah data yang dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Rangkaian arduino uno yang dihubungkan pada laptop

Sumber: Hasil olah data

2.3.5. Prosedur Pengujian Model

Sebelum melakukan Pengujian perilaku kapal di *towing tank* perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Jumlah air di *towing tank* cukup untuk melakukan pengujian. Kondisi kolam yang bersih dan tidak ada kotoran yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.
- 2) Aplikasi arduino dan semua sensor dapat terbaca.
- 3) Komputer dalam kondisi baik dan siap untuk digunakan.

Setelah melakukan beberapa tahapan untuk memastikan perilaku kapal di towing tank selanjutnya akan dilakukan pengukuran tekanan kapal melalui prosedur pengujian yang terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1) Persiapan Hardware:

- Rangkaian Loadcell
 - Hubungkan loadcell ke modul HX711 Loadcell Amplifier sesuai dengan petunjuk sebagai berikut:
 - E+ (Merah) ke E+ (HX711)
 - E- (Hitam) ke E- (HX711)
 - A+ (Putih) ke A+ (HX711)
 - A- (Hijau) ke A- (HX711)
 - Hubungkan HX711 ke Arduino dengan bantuan Breadboard
 - VCC HX711 ke 5V, untuk menghubungkan dua sensor atau lebih maka wiring harus terhubung ke breadboard dengan pemasangan sebaris.
 - GND HX711 ke GND pada arduino
 - DT HX711 1 terhubung pada pin 3 arduino
 - DT HX711 2 terhubung pada pin 5 arduino
 - SC HX711 1 terhubung pada pin 2 arduino
 - SC HX711 2 terhubung pada pin 4 arduino

2) Persiapan Software

- Program Arduino
 - Buat sketch baru di Arduino IDE dan Masukkan Kode Berikut:

```
#define DOUT 3
#define CLK 2
#define DOUT1 5
#define CLK1 4
#define DOUT2 8
#define CLK2 9
HX711 scale1 (DOUT, CLK);
HX711 scale2 (DOUT1, CLK1);
HX711 scale3 (DOUT2, CLK2);
```

//Change this calibration factor as per your load cell once it is found you may need to vary it in thousands

```
//=====
//
//          SETUP
//=====
```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Press T to tare");
  scale1.set_scale(-1005210); //-105210//Calibration Factor obtained from first
sketch
  scale2.set_scale(-97210);
  scale3.set_scale(-10210);
  scale1.tare(); //Reset the scale to 0
  scale2.tare();
  scale3.tare();
}

//=====
//
//          LOOP
//=====
//=====

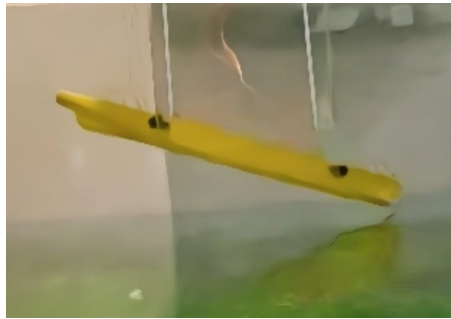
void loop() {
  Serial.print("Weight_1: ");
  Serial.print(scale1.get_units(), 3); //Up to 3 decimal pointsfrf
  Serial.print(" kg ");
  Serial.print("Weight_2: ");
  Serial.print(scale2.get_units(), 3);
  Serial.println(" kg"); //Change this to kg and re-adjust the calibration factor if you
follow lbs
  Serial.print("Weight_3: ");
  Serial.print(scale3.get_units(), 3);
  Serial.println(" kg");
  if(Serial.available())
  {
    char temp = Serial.read();
    if(temp == 't' || temp == 'T')
    {
      scale1.tare();
      scale2.tare(); //Reset the scale to zero
      scale3.tare();
    }
  }
}

```

- Upload kode Ke Arduino

3) Persiapan Dropping Test

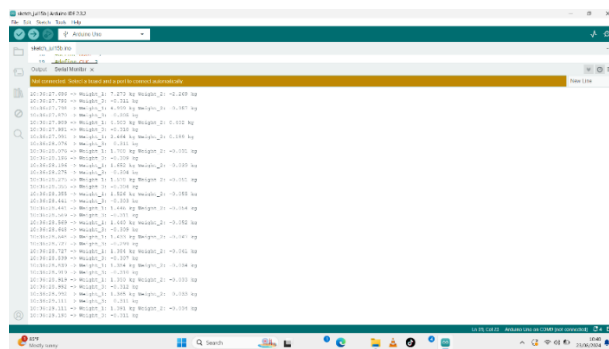
- Tempatkan loadcell pada tempat yang akan menerima dampak dari dropping test.
- Pasang model kapal atau bagian kapal yang akan diuji pada rel yang dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 32. Proses pelepasan kapal

Sumber : Hasil olah data

- Amati perubahan berat yang tercatat oleh Arduino di Serial Monitor yang dapat dilihat pada Gambar 33.



Gambar 33. Hasil pembacaan sensor

Sumber : Hasil olah data

5) Analisis data

- Catat bacaan dari Serial Monitor setiap kali terjadi dampak.
- Analisis data untuk menentukan dampak yang diterima oleh model kapal.
- Lakukan beberapa kali uji untuk mendapatkan data yang konsisten dan akurat

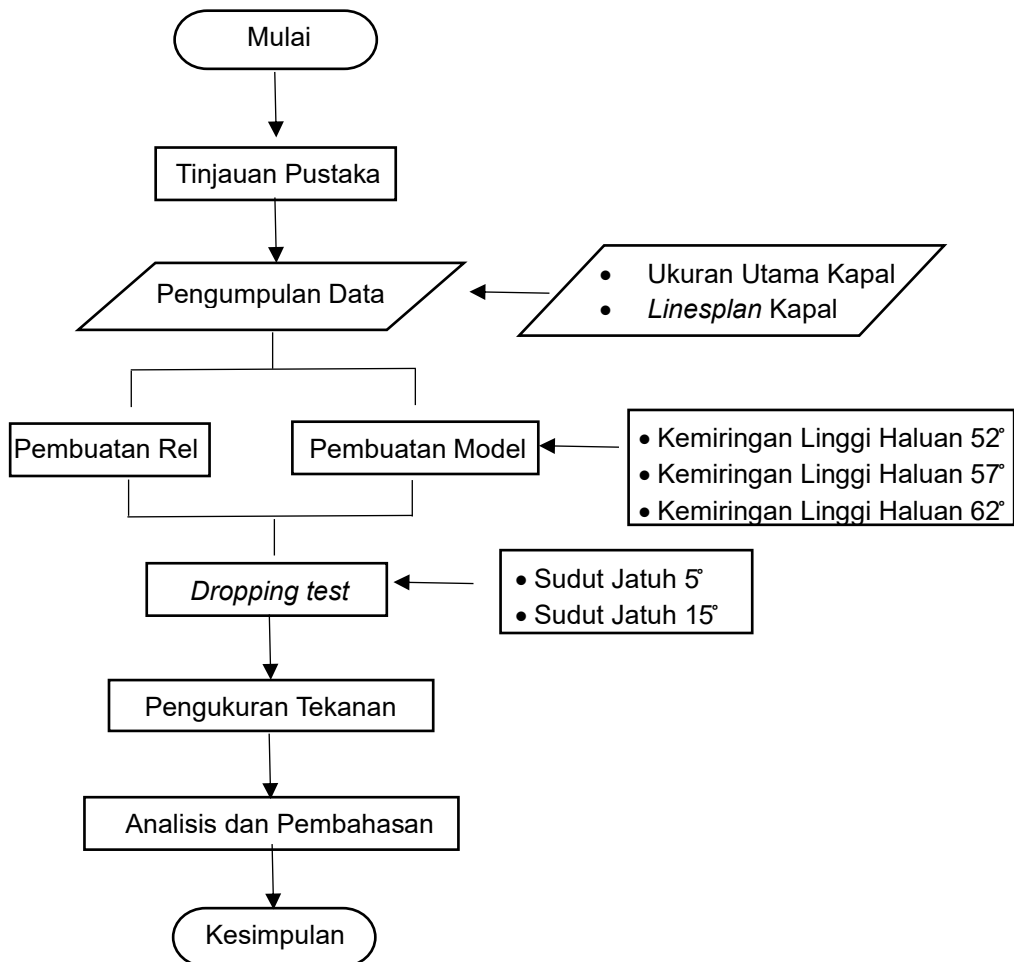
2.3.6. Analisis Data

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

- a) Hasil dari pengujian dropping test model di towing tank adalah tekanan dan tegangan total model terhadap waktu (s).
- b) Nilai tekanan dan tegangan total model terhadap waktu (s) kemudian dibuat menjadi grafik tekanan terhadap nilai peningkatan sudut kemiringan model. Hal ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh perilaku badan kapal terhadap variasi sudut dropping test model

2.4. Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir merupakan alur dari proses penelitian yang akan membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Adapun kerangka berpikir dari penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk diagram alur (Flowchart) seperti pada Gambar 34.



Gambar 34. Kerangka pemikiran