

**STUDI *IMPACT PRESSURE* PADA STRAIGHT BOW MELALUI
PENGUJIAN MODEL**



EVANDY ANUGERAH

D031201004



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

2024

**STUDI *IMPACT PRESSURE* PADA STRAIGHT BOW MELALUI
PENGUJIAN MODEL**

EVANDY ANUGERAH

D031201004



PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**STUDI *IMPACT PRESSURE* PADA STRAIGHT BOW MELALUI
PENGUJIAN MODEL**

EVANDY ANUGERAH

D031201004

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 STRAIGHT BOW MELALUI
PENGUJIAN MODEL**

EVANDY ANUGERAH

D031201004

Skripsi,

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjanan Pada Tanggal

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pada



Program Studi Teknik Perkapalan

Departemen Teknik Perkapalan

Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing Tugas Akhir,

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



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 STRAIGHT BOW MELALUI PENGUJIAN MODEL”** adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., 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



EVANDY ANUGERAH
D031201004

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, Puji dan Syukur kita panjatkan atas segala nikmat dan karunia yang telah diberikan oleh Allah SWT karena pada kesempatan ini dapat membuat proposal penelitian dengan judul “STUDI *IMPACT PRESSURE* PADA STRAIGHT BOW MELALUI PENGUJIAN MODEL”

Tujuan penulis membuat proposal penelitian ini merupakan persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa dalam menyusun proposal penelitian ini merupakan salah satu kebanggaan tersendiri bagi penulis dan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu Dosen yang telah membimbing dan memberikan masukan yang sangat berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini.

Dalam penyusunan skripsi penulis menyadari bahwa tidak mungkin melakukan sendiri tanpa bantuan dari orang-orang di sekitar baik secara langsung maupun tidak langsung. Melalui lembar ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Terkhusus kedua orang tua, Bapak Rudi Risyanto SPt dan Ibu Sumini, menjadi panutan penulis 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 berkah dan berharga yang akan membawa manfaat bagi kita semua.
2. Adik tercinta Fikri Lutfiansyah. 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.
4. Bapak **Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST. MT.** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan banyak memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Ibu **Ir. Rosmani, MT** dan Bapak **Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing.** selaku dosen penguji tugas akhir ini yang telah memberiksan 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. Kepada Ibnu Rusy Ajiutomo dan Muhammad Muhlis yang telah membantu, menemani, dan bekerja sama dalam membuat model dan melakukan penelitian.
9. Kepada om Iral, om Adri dan kak aksa yang telah membantu dalam pembuatan model kapal, pembuatan rel, dan membantu proses kalibrasi sensor.
10. Kepada sahabat penulis Adib, Nabil, Huzein, Yitro, Alfandi, Deni yang tak henti-hentinya penulis repotkan selama perkuliahan sampai tahap penyusunan tugas akhir.
11. Seluruh teman-teman kapal Chazer angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan pengalaman yang berharga selama penulis menuntut ilmu di Departemen Teknik Perkapalan.
12. Semua pihak yang telah membantu, dalam bentuk fisik maupun dalam bentuk doa. Semoga Allah SWT membalas 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, 10 Oktober 2024

Evandy Anugerah

ABSTRAK

Evandy Anugerah. **Studi Impact Pressure Pada Straight Bow Melalui Percobaan Model (Dibimbing oleh Suandar Baso)**

Slamming adalah fenomena pada saat bagian haluan kapal naik melewati permukaan gelombang dan masuk kembali ke permukaan air dengan kecepatan tinggi. Slamming dapat menyebabkan tekanan impak (impact pressure) yang kuat pada bagian bawah kapal atau struktur, dan ini dapat memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan struktural dan keamanan operasional. Tujuan penelitian ini Menentukan besar tekanan maksimum pada haluan kapal dengan bentuk Straight Bow pada saat kondisi *slamming* pada setiap sudut kemiringan lunas melalui percobaan model dan Menentukan perbandingan antara sudut kemiringan lunas kapal berbentuk straight bow dengan tekanan maksimum pada saat kondisi slamming melalui percobaan model. pengujian model kapal yang akan digunakan untuk droppingtest yaitu sudut kemiringan tegak lurus 5 derajat, 10 derajat, 15 derajat dan 20 derajat, dengan ketinggian 30 cm diatas air. Perhitungan tekanan dari setiap sudut kemiringan Haluan dilakukan dengan pengujian model yakni droppingtest dengan menggunakan sensor load cell. Nilai tekanan maksimum terjadi pada sudut kemiringan lunas 5 derajat dan tekanan minimum terjadi pada sudut kemiringan lunas 20 derajat. Persentase selisih perbandingan nilai tekanan maksimum pada sudut kemiringan lunas 5 derajat dan nilai tekanan maksimum pada sudut keringan lunas 10 derajat pada sensor 1 yakni 24%, persentase selisih perbandingan nilai tekanan maksimum pada sudut kemiringan lunas 10 derajat dan nilai tekanan maksimum pada sudut keringan lunas 15 derajat pada sensor 1 yakni 47%, dan persentase selisih perbandingan nilai tekanan maksimum pada sudut kemiringan lunas 15 derajat dan nilai tekanan maksimum pada sudut keringan lunas 20 derajat pada sensor 1 yakni 22%.

Kata Kunci : Straight Bow, Slamming, Dropping Test, Tekanan, Percobaan Model, Loadcell

ABSTRACT

Evandy Anugerah. **Study of Impact Pressure on Straight Bow through Model Experiments (Supervised by Suandar Baso)**

Slamming is the phenomenon in which the bow of a vessel rises over the wave surface and re-enters the water surface at high speed. Slamming can cause strong impact pressure on the bottom of a ship or structure, and this can have a significant impact on structural strength and operational safety. The purpose of this study is to determine the maximum pressure on the bow of a ship with a straight bow shape during slamming conditions at each keel tilt angle through model experiments and determine the comparison between the angle of inclination of the keel of a straight bow-shaped ship with the maximum pressure during slamming conditions through model experiments. testing of ship models that will be used for dropping tests, namely perpendicular tilt angles of 5 degrees, 10 degrees, 15 degrees and 20 degrees, with a height of 30 cm above the water. Calculation of the pressure of each bow tilt angle is carried out by testing the model, namely droppingtest using a load cell sensor. The maximum pressure value occurs at a keel tilt angle of 5 degrees and the minimum pressure occurs at a keel tilt angle of 20 degrees. The percentage difference in comparison of the maximum pressure value at a keel tilt angle of 5 degrees and the maximum pressure value at a keel slope angle of 10 degrees at sensor 1 is 24%, the percentage difference in comparison of the maximum pressure value at a keel slope angle of 10 degrees and the maximum pressure value at a keel slope angle of 15 degrees at sensor 1 is 47%, and the percentage difference in comparison of the maximum pressure value at a keel slope angle of 15 degrees and the maximum pressure value at a keel slope angle of 20 degrees at sensor 1 is 22%.

Keywords: Straight Bow, Slamming, Dropping Test, Pressure, Model Experiment, Loadcell

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xv
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	4
1.2.4. Teori Slamming	4
1.2.5. Fenomena Slamming	4
1.2.6. Jenis-Jenis Haluan Kapal	6
1.2.7. Slamming Experiment	9
1.2.8. LoadCell	11
1.2.9. Arduino Uno Sensor	12
1.2.10. Teori Skala	12
1.3. Tujuan dan Manfaat	13
BAB II METODE PENELITIAN	14
2.1. Tempat dan Waktu	14
2.2. Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data	14
2.2.1. Jenis Data	14
2.2.2. Teknik Pengambilan Data	15
2.3. Metode Pengolahan Data	15
2.3.1. Persiapan Alat	15
2.3.2. Pembuatan Model	20
2.3.3. Pembuatan Rel	24
2.3.4. Persiapan Pengujian	25
2.3.5. Prosedur Pengujian Model	28
2.3.6. Analisis Data	33
2.4. Kerangka Pemikiran	34

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	35
3.1. Model Kapal.....	35
3.2. Kalibrasi Sensor Loadcell.....	36
3.3. Set Up Model Pada Towing Tank	39
3.3.1. Set Up Model Pada Kemiringan lunas 5 Derajat	39
3.3.2 Set Up Model Pada Kemiringan Lunas 10 Derajat.....	40
3.3.3 Set Up Model Pada Kemiringan Lunas 15 Derajat.....	41
3.3.4 Set Up Model Pada Kemiringan lunas 20 Derajat	42
4.3. Hasil Pengujian Model	43
3.4.1. Visualisasi Hasil Dropping Test 5 Derajat	43
3.4.2. Visualisasi Hasil Dropping Test 10 Derajat	45
3.4.3. Visualisasi Hasil Dropping Test 15 Derajat	46
3.4.4. Visualisasi Hasil Pengujian Dropping Test 20 Derajat	48
3.4.5. Visualisasi Hasil Pengujian Dropping Test 15 Derajat Pada Kondisi Air Tenang	50
3.5. Analisis Tekanan Air Pada Haluan Kapal Akibat Slamming	51
BAB IV KESIMPULAN	54
4.1. Kesimpulan	54
4.2. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
1. Ukuran utama kapal	14
2. Ukuran utama kapal skala 1 : 100 cm.....	14
3. Kebutuhan / material pembuatan model	20
4. Kebutuhan bahan pembuatan rel.....	24
5. Tahapan Pengujian	25
6. Kenutuhan Pengujian.....	26
7. Nilai tekanan pada setiap sudut kemiringan jatuh	52
8. Nilai koefisien tekanan pada setiap sudut kemiringan jatuh	53

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
1. Fenomena Slamming	5
2. Kurva koefisien tekanan puncak $k = (P/(1/2\rho v^2))$ untuk bentuk dua dan tiga dimensi sebagai fungsi sudut deadrise	5
3. Udara tertutup yang terbentuk akibat benturan datar dari gelombang yang pecah terhadap dinding vertikal	6
4. Haluan kapal Plumb Bow / Straight Bow	6
5. Haluan Kapal Inverted Bow	7
6. Haluan Kapal Axe Bow	7
7. Haluan Kapal Bulbous Bow	7
8. Haluan Kapal Ram Bow	8
9. Haluan Kapal Spoon Bow	8
10. Haluan Kapal Clipper Bow	9
11. Haluan Kapal Raked Mow	9
12. Analisis puncak slamming	10
13. Skema dropping test	10
14. perbandingan nilai tegangan pada perhitungan dan percobaan	11
15. Linesplan kapal dengan haluan straight bow	15
16. Laptop	16
17. Towing Carriage	16
18. Towing tank	17
19. Loadcell device	17
20. Modul Hx711	18
21. Perangkat Arduino Uno	18
22. Breadboard	19
23. Pemberat	19
24. Rel	19
25. Kabel Jumper Type Male dan Female	20
26. Section Model	21
27. Pemasangan Frame pada lunas	21
28. Pemasangan Frame pada Lunas	22
29. Pemasangan Kulit pada Frame	22
30. Proses Pemberian Resin Pada Model Kapal	22
31. Proses Pemberian Dempul Pada Mode Kapal	23
32. Proses Pengampalasan pada Model	23
33. Proses pengecatan model	23
34. Test Draft	24
35. Rel	25
36. Loadcell device	26
37. Peletakan sensor	27
38. Rangkaian breadboard dan loadcell	27

39. Rangkaian Arduino Uno, Loadcell, dan Breadboard.....	28
40. Rangkaian Arduino Uno yang dihubungkan pada Laptop	28
41. Peletakan Sensor Loadcell	31
42. Pemasangan model pada rel yang akan diuji.....	31
43. Keadaan kapal pada posisi 0,3 meter di atas air	31
44. Software arduino uno	32
45. Proses melepaskan kapal untuk mendapatkan tekanan pada kapal	32
46. Nilai berat yang tercatat oleh arduino uno	32
47. Kerangka pemikiran	34
48. Model Kapal	35
49. Skema Eksperimen Dropping Test.....	35
50. Letak sensor Pada Model Kapal	36
51. Pembacaan Data Kalibrasi	38
52. Peletakan beban	38
53. Waterpass 5 derajat	39
54. Kondisi aktual saat kapal sebelum menyentuh air pada sudut kemiringan lunas 5 derajat	40
55. Waterpass 10 derajat	40
56. kondisi aktual saat kapal sebelum menyentuh air pada sudut kemiringan lunas 10 derajat	41
57. Waterpass 15 derajat	41
58. Kondisi aktual saat kapal sebelum menyentuh air pada sudut kemiringan lunas 15 derajat	42
59. Waterpass 20 derajat	42
60. Kondisi aktual saat kapal sebelum menyentuh air pada sudut kemiringan lunas 20 derajat	43
61. Time history dropping test kemiringan lunas 5 derajat	44
62. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 5 derajat.....	44
63. Time history dropping test kemiringan lunas 10 derajat	45
64. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 10 derajat.....	46
65. Time history dropping test kemiringan lunas 15 derajat	47
66. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 15 derajat.....	47
67. Time history dropping test kemiringan lunas 20 derajat	48
68. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 20 derajat.....	49
69. Time history dropping test kemiringan lunas 15 derajat pada kondisi air tenang	50
70. Tekanan puncak per satuan waktu pada sudut kemiringan 15 derajat pada kondisi air tenang	51
71. Nilai tekanan ditiap variasi sudut kemiringan jatuh.....	52
72. Nilai koefisien tekanan ditiap variasi sudut kemiringan jatuh	53

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
1. Data hasil pengujian droptest pada kemiringan 5 derajat	58
2. Data hasil pengujian droptest pada kemiringan 10 derajat	61
3. Data hasil pengujian droptest pada kemiringan 15 derajat	64
4. Data hasil pengujian droptest pada kemiringan 20 derajat	67
5. Data hasil pengujian dr opping test pada kemiringan 15 derajat pada saat air tenang	70

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 ditempu	m
P	Tekanan	N/M ²
A	Luas Sensor	M ²
p	Panjang	m
l	Lebar	m

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal dalam operasinya sangat dipengaruhi oleh kondisi laut terutama besar kecilnya gelombang. Gerakan kapal akibat gelombang sangat perlu diperhitungkan dalam tahap awal desain. Gelombang yang tinggi dapat mengakibatkan gerakan vertikal pada haluan kapal dimana ketika nilainya terlalu besar dapat membuat haluan kapal mengalami *slamming*. *Slamming* adalah fenomena pada saat bagian haluan kapal naik melewati permukaan gelombang dan masuk kembali ke permukaan air dengan kecepatan tinggi.

Slamming dapat menyebabkan tekanan impact (*impact pressure*) yang kuat pada bagian bawah kapal atau struktur, dan ini dapat memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan struktural dan keamanan operasional. Karena hal tersebut kapal harus memiliki kekuatan konstruksi yang cukup untuk dapat menahan beban yang terjadi saat kondisi *slamming*. Kondisi tersebut berpengaruh pada keselamatan operasi dan kekuatan struktur kapal. *Slamming* juga dapat mengakibatkan takikan pada plat bagian haluan, *buckling* dan deformasi pada member pendukung struktur haluan. Kerusakan yang sering terjadi akibat *slamming* adalah terjadinya patahan pada struktur kapal.

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

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 dari pada 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.

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 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 *terrestrial* 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:

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

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 m/s²)

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/s²)

t = Waktu (detik)

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/s²)

t = waktu (detik)

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 *dropping 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. 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).

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 ambang 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

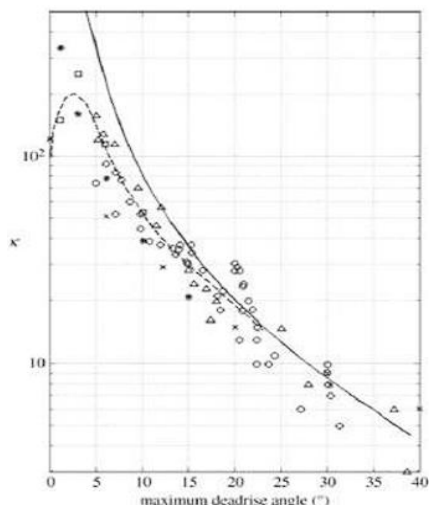
Fenomena *slamming* ditandai dengan durasi yang relatif singkat. Fenomena ini terjadi ketika sebuah benda masuk ke dalam air dengan sudut yang relatif kecil antara permukaan benda dan permukaan air yang dilihat pada Gambar 1. Penjelasan

klasik mengenai tekanan tinggi dengan kekuatan yang dihasilkan merupakan akselerasi antar cairan dan permukaan benda (Himaya, 2016).



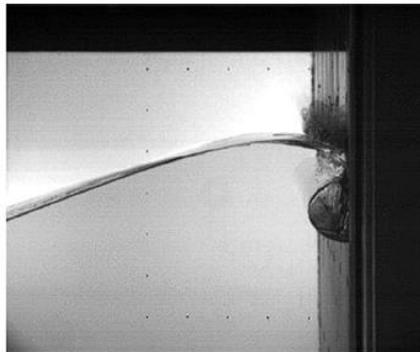
Gambar 1. Fenomena Slamming
Sumber: google Picture

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 *kompresibilitas* volume udara ini berperan penting dalam tekanan pada sebuah benda (Himaya, 2016).



Gambar 2. Kurva koefisien tekanan puncak $k = (P/(1/2\rho v^2))$ untuk bentuk dua dan tiga dimensi sebagai fungsi 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. Udara tertutup yang terbentuk akibat benturan datar dari gelombang yang pecah terhadap dinding vertikal

Sumber: Himaya, 2016

1.2.6. Jenis-Jenis Haluan Kapal

Berikut adalah jenis-jenis haluan kapal yaitu sebagai berikut:

1) Straight Bow / Plumb Bow

Straight Bow adalah jenis haluan kapal yang sejajar sempurna dengan lunas. Ini merupakan bentuk yang sederhana dan umum digunakan untuk kapal yang berlayar di laut. Tipe haluan ini memberikan stabilitas yang memadai dan memastikan perjalanan kapal semulus mungkin dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Haluan kapal Plumb Bow / Straight Bow

Sumber: Ilmu Kapal dan Logistik, 2023

2) Inverted Bow

Inverted Bow, yang juga dikenal *X-Bow*, mengacu pada jenis haluan kapal di mana bagian terpanjang tidak berada di bagian atas, melainkan terletak di bagian bawah lambung. Seperti desain *bow* kapal, haluan ini mengurangi lemparan (gerakan naik turun) dan bantingan, menciptakan pengalaman perjalanan yang lebih baik bagi kru kapal dapat dilihat pada Gambar 5.

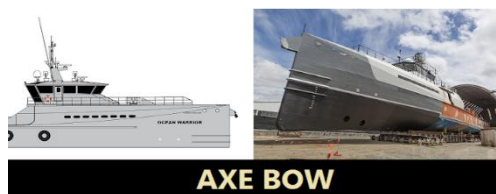


Gambar 5. Haluan Kapal Inverted Bow

Sumber: Ilmu Kapal Logistic,2023

3) Axe Bow

Tipe *bow* kapal yang memiliki bentuk tajam dan runcing ke depan. *Axe bow* ini biasanya digunakan untuk jenis kapal cepat yang memotong jalan melalui apapun yang dilewati kapal. Alasan disebut *axe bow* karena bagian depan lambung yang panjang, dalam dan sempit yang menyerupai kapak dapat dilihat pada Gambar 6.

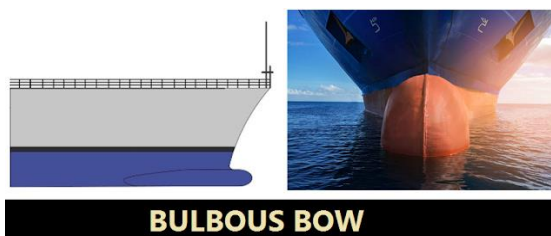


Gambar 6. Haluan Kapal Axe Bow

Sumber: Ilmu Kapal dan Logistic,2023

4) Bulbous Bow

Tipe haluan yang paling sering ditemui di banyak kapal karena keuntungannya dalam pemakaian ini. *Bulbous* adalah bentuk khas lambung kapal jika dilihat dari permukaan air, yang disebabkan oleh haluan yang bulat lebih dalam di dalam air daripada efisiensi bahan bakar, kecepatan, dan stabilitas yang dapat dilihat pada Gambar 7.



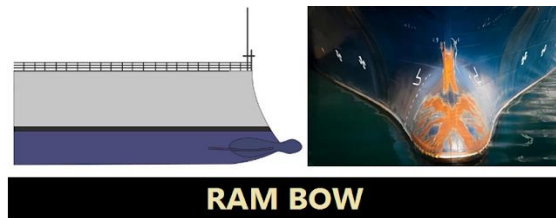
Gambar 7. Haluan Kapal Bulbous Bow

Sumber : Ilmu Kapal dan Logistik,2023

5) Ram Bow

Jenis haluan kapal dengan bentuk perpanjangan yang lebih dibangun di bawah air pada bawah lambung kapal. *Ram bow* ini merupakan desain panjang dan ramping yang membantu kapal menembus air dengan efisiensi maksimum,

sehingga berbentuk seperti anak panah yang mengarah ke depan yang dapat dilihat Pada Gambar 8.



RAM BOW

Gambar 8. Haluan Kapal Ram Bow
Sumber: Ilmu Kapal dan Logistik,2023

6) Spoon Bow

Tipe haluan kapal dengan desain busur yang cembung ke geladak. Alasan disebut haluan kapal “sedok” adalah karena bentuk lekukan di bagian atasnya dengan kurva menyerupai sendok. Desain *bow* seperti ini dapat menghasilkan *wave making resistance* karena kelengkungan pada penampangnya yang dapat dilihat pada Gambar 9.

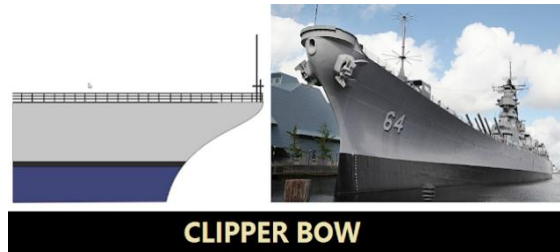


SPOON BOW

Gambar 9. Haluan Kapal Spoon Bow
Sumber: Ilmu Kapal dan Logistik,2023

7) Clipper Bow

Awalnya dirancang dengan tujuan khusus untuk menjadi kapal yang cepat dan ramping. Nama “*clipper*” berasal dari bentuk haluan kapal. Ini dirancang dengan sisi yang tinggi dan tampilan yang sangat lurus ke depan dengan bentuk yang hampir tajam. Busur jenis ini sangat cocok untuk berlayar karena dapat menembus air dengan hambatan minimum. *Clipper bow* dirancang untuk kapal sangat cepat dan bisa berlari lebih cepat dan mengalahkan sebagian besar kapal lain yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Haluan Kapal Clipper Bow
Sumber: Ilmu Kapal dan Logistic,2023

8) Raked Bow

Jenis haluan kapal yang memiliki bentuk panjang dan miring, sering digunakan pada kapal kayu untuk meningkatkan kemampuan berlayar. Desain ini umumnya ditemui pada kapal mewah dan kapal penumpang selama beberapa periode waktu. Ciri khas dari *raked bow* adalah kelengkungan cekungnya yang meruncing ke garis yang sangat tipis di permukaan air yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Haluan Kapal Raked Mow
Sumber: Ilmu Kapal dan Logistik,2023

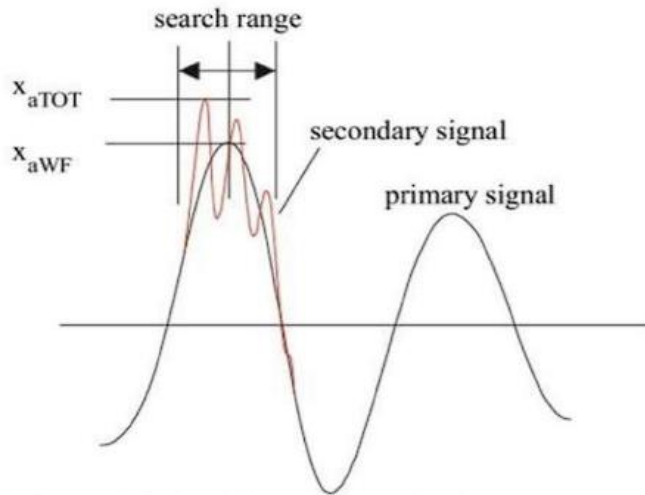
1.2.7. Slamming Experiment

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.

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*.

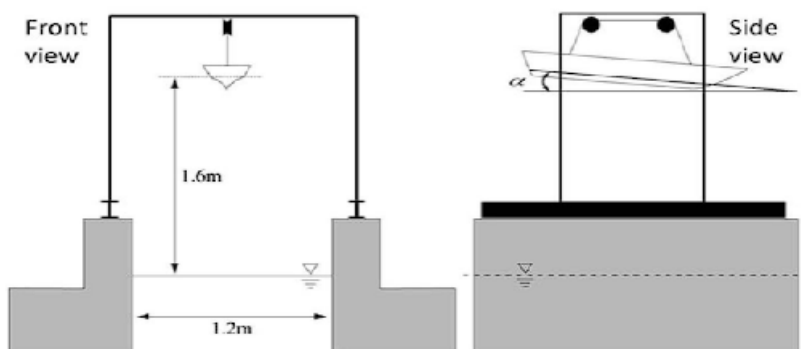
Perbedaan antara respon vertikal terhadap haluan (*bow*) dan kekakuan yang diurutkan berdasarkan frekuensi seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Analisis puncak slamming

Sumber: Dallinga, 2006

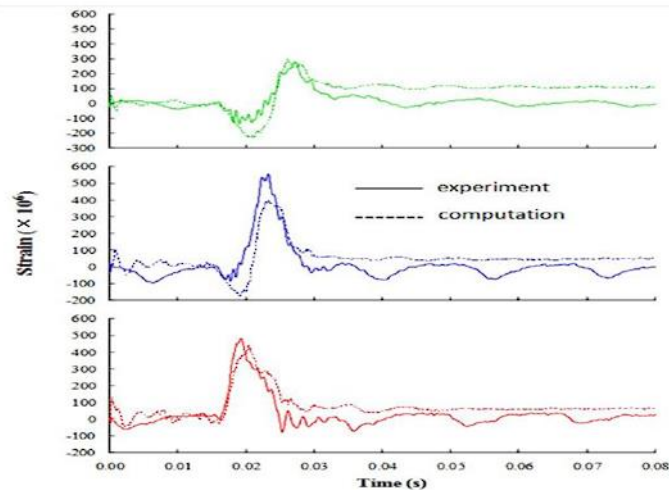
Baso. (2010) mengklaim bahwasanya untuk *dropping test*, percobaan dirancang dalam tiga dimensi dan dilakukan dalam tangki gelombang menengah yang dilakukan untuk menyelidiki hubungan antara gerak elastic dan dampak tekanan akibat adanya *slamming*. *Eksperimental* dilakukan berdasarkan teori jatuh bebas dengan kecepatan konstan. Skema dari *dropping test* berdasarkan teori jatuh bebas dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. 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 14 dibawah ini.



Gambar 14. perbandingan nilai tegangan pada perhitungan dan percobaan
Sumber: Baso, 2010

1.2.8. LoadCell

Loadcell yang juga dikenal sebagai *transducer*, merupakan perangkat *elektromekanis* yang mengubah gaya mekanis menjadi sinyal listrik dengan bekerja berdasar pada prinsip deformasi sebuah material akibat adanya tegangan mekanis. Hubungan antara tegangan mekanis dan deformasi yang dihasilkan disebut regangan, terjadi di lapisan kulit material, sehingga memungkinkan untuk mengukurnya dengan sensor regangan atau *loadcell*. Ini adalah dasar untuk menentukan tegangan mekanis. Karena *loadcell* merupakan sensor berat, maka nilai resistansi pada *loadcell* akan berubah ketika diberi beban pada inti besinya.

Sensor *loadcell* merupakan jenis sensor yang digunakan untuk mengubah satu energi agar menjadi energi lain yang biasanya digunakan untuk membuat perubahan dari suatu gaya sehingga menjadi energi listrik. Besarnya tekanan yang dirasakan atau diberikan pada beban akan menentukan perubahan tegangan listrik yang terjadi. Terdapat komponen *Strain Gauge* untuk sensor *loadcell*. *Strain gauge* merupakan komponen elektronik yang digunakan dalam pengukuran suatu tekanan. Komponen tersebut terbentuk dari foil logam atau kawat logam yang memiliki sifat *insulatif* (isolasi) yang dipasang di dalam sensor *loadcell* yang berperan dalam pengukuran suatu tekanan yang dihasilkan dari pembacaan beban. Bahan sensor *loadcell* tersebut disusun dari berbagai jenis bahan yakni *stainless steel*, baja, dan juga aluminium.

1.2.9. Arduino Uno Sensor

Arduino Uno adalah *platform* perangkat keras (*hardware*) yang dirancang untuk memudahkan pengembangan dan *prototyping* proyek-proyek elektronik. Ini terdiri dari papan sirkuit cetak berukuran kecil yang dilengkapi dengan *mikrokontroler* dan sejumlah pin input/output yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor, aktuator, dan komponen elektronik lainnya. *Mikrokontroler* pada papan *Arduino Uno* adalah otak utama yang mengontrol berbagai komponen yang terhubung dengannya. Papan *Arduino Uno* biasanya dilengkapi dengan berbagai macam varian *mikrokontroler* dari berbagai produsen, seperti ATmega yang diproduksi oleh *Microchip Technology*. Meskipun demikian, *Arduino Uno* lebih sering dikaitkan dengan *platform open-source* yang dikelola oleh *Arduino.cc*.

Salah satu keunggulan utama *Arduino Uno* adalah lingkungan pemrograman yang mudah digunakan. Pengguna dapat membuat program (kode) menggunakan bahasa pemrograman C/C++ yang telah disederhanakan dan diberi perpustakaan fungsi-fungsi khusus *Arduino Uno*. Lingkungan pengembangan *Arduino Uno* (*Arduino IDE*) menyediakan antarmuka yang ramah pengguna untuk mengunggah kode ke papan *Arduino Uno* melalui koneksi USB atau bahkan Bluetooth, tergantung pada varian papan.

1.2.10. 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 pembesaran 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 sama 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, Penunjukannya adalah 1:x. Adapun daftar 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

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

1. Menentukan besar tekanan maksimum pada haluan kapal dengan bentuk *Straight Bow* pada saat kondisi *slamming* pada setiap sudut kemiringan lunas melalui percobaan model?
2. Menentukan perbandingan antara sudut kemiringan lunas kapal berbentuk *straight bow* dengan tekanan maksimum pada saat kondisi *slamming* melalui percobaan model?

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi bahan acuan dalam mendesain bentuk Haluan kapal oleh para desainer kapal.
2. Sebagai bentuk pertimbangan dalam mendesain kapal dengan bentuk Haluan *straight bow* untuk memperoleh nilai tekanan maksimum.
3. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi terkait nilai tekanan pada Haluan kapal yang berbentuk *straight bow* melalui pengujian model.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penelitian dilaksanakan terhitung mulai bulan Februari sampai September 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 dilihat pada Tabel 1 dan gambar *linesplan* kapal dapat dilihat pada Gambar 15.

Tabel 1. Ukuran utama kapal

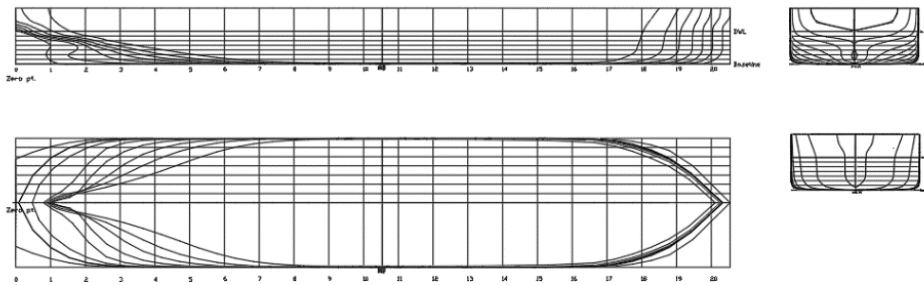
No.	Ukuran Utama	Model Kapal	Satuan
1	Length overall	157,7	m
2	Length between perpendicular	149,5	m
3	Breadth	27,7	m
4	Depth	12	m
5	Draught	7	m

Adapun ukuran model pada skala 1:100 cm ditampilkan pada Tabel 3

Tabel 2. Ukuran utama kapal skala 1 : 100 cm

No.	Ukuran Utama	Model Kapal	Satuan
1	Length overall	1,58	m
2	Length between perpendicular	1,49	m
3	Breadth	0,28	m
4	Depth	0,12	m
5	Draught	0,07	m

Sumber: Hasil olah data



Gambar 15. Linesplan kapal dengan haluan straight bow

Sumber: hasil olah data maxsurf

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 impact pada kapal dan bagaimana sudut linggi haluan memengaruhi distribusi tekanan tersebut. Tekanan impact 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 impact 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

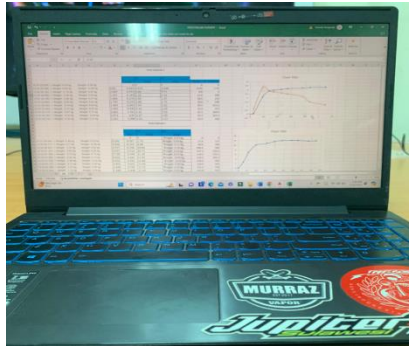
Jenis Penelitian ini berbasis eksperimen laboratorium, yaitu melakukan pengujian *Impact Pressure* pada linggi haluan kapal diberbagai sudut dengan cara *dropping test* pada tangki percobaan dengan menggunakan bantuan beberapa komponen-komponen yang berada di tangki percobaan / *Towing Tank* yang tersedia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

2.3.1. Persiapan Alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- 1) Laptop

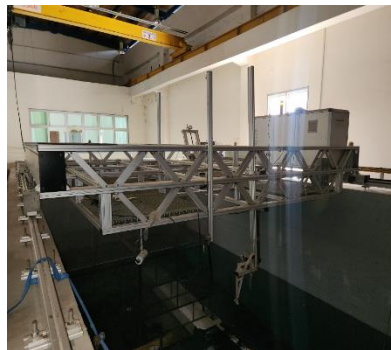
Dalam penelitian ini laptop digunakan sebagai perangkat untuk mencatat hasil yang didapat yang dihubungkan dengan *Arduino Uno*, selain itu laptop juga digunakan untuk mengolah data yang didapatkan serta mengolah semua aplikasi *software* yang digunakan selama penelitian ini berlangsung dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Laptop
Sumber: Properti pengujian

2) Towing Carriage

Pada penelitian ini *Towing carriage* dijadikan sebagai rangka pengujian model ketika *dropping test* dilakukan dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. 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 4 meter dengan lebar 3 meter dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Towing tank
Sumber: properti pengujian

4) Loadcell Device

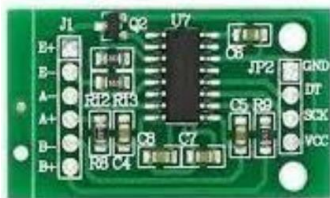
Loadcell Device adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur gaya atau berat. Alat ini biasanya digunakan dalam timbangan digital dan aplikasi pengukuran gaya lainnya. *Loadcell* ini bekerja berdasarkan prinsip deformasi elastis. Ketika gaya atau berat diaplikasikan pada *Loadcell*, material dalam *Loadcell* akan mengalami deformasi. Deformasi ini kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diukur. Contoh *loadcell* yang digunakan dalam percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Loadcell device
Sumber: Google picture

5) Modul HX711

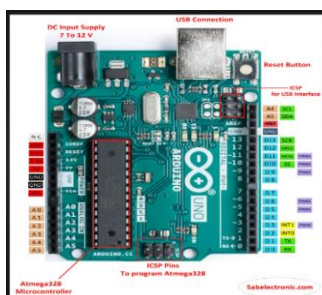
HX711 adalah suatu komponen yang terintegrasi dari “AVIA SEMIKONDUKTOR”, memiliki presisi sebesar 24-bit Analog to Digital Converter (ADC) didesain sebagai sensor timbang digital maupun sebagai aplikasi industrial control yang terkoneksi dengan sensor. *HX711* berfungsi sebagai modul ADC dengan mengubah resistansi yang diterima menjadi besaran tegangan. Hasil modul ini stabil, memiliki sensitivitas tinggi, dan dapat menghitung perubahan dengan cepat dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Modul Hx711
Sumber: Google picture

6) Arduino Uno

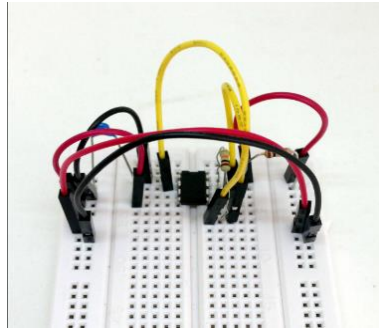
Untuk mengetahui nilai yang dikeluarkan dari sensor tersebut digunakan perangkat *Arduino Uno* yang berfungsi sebagai pengendali *microcontroller* yang dapat mengatur kecepatan data yang dikeluarkan oleh *loadcell device*. perangkat *Arduino Uno* inilah yang dihubungkan ke laptop untuk dapat melihat hasilnya. *Arduino Uno* yang digunakan ini dilengkapi dengan pengaman arus di port USB yang berfungsi melindungi PC atau, Laptop dari kerusakan. *Arduino Uno* yang digunakan memiliki total 14 *pin programmable input/ output* dan 6 *pin analog input* dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Perangkat Arduino Uno
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 Uno* dengan *microcontroller* pada *load cell device* dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Breadboard
Sumber: Google picture

8) Pemberat

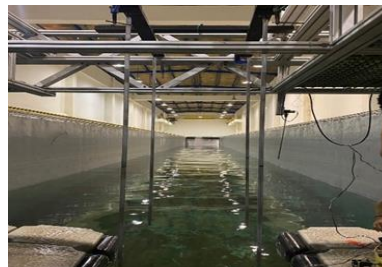
Pemberat pada penelitian kali ini digunakan untuk mengkalibrasi sensor *loadcell* yang dimana akan di tempatkan diatas sensor dan sensor akan membaca berat dari pemberat yang berada di atas sensor yang dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Pemberat
Sumber: Google picture

9) Rel

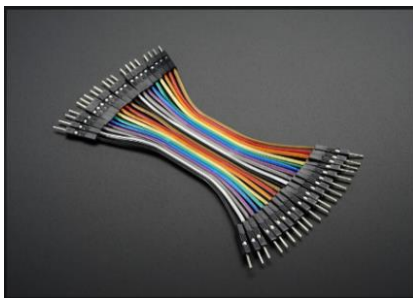
Rel pada penelitian ini digunakan sebagai lintasan pada proses *Dropping test* kapal agar sudut pada saat kapal di jatuhkan tetap pada sudut awal dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Rel
Sumber: properti pengujian

10) Jumper Wire

Jumper *Wire* merupakan kabel penghubung yang digunakan untuk menghubungkan *Interface Amplifier* ke perangkat *Arduino Uno* dan menghubungkan antara *Interface Amplifier* ke *breadboard* maupun perangkat *Arduino Uno* ke *breadboard* dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Kabel Jumper Type Male dan Female
Sumber: Google picture

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.

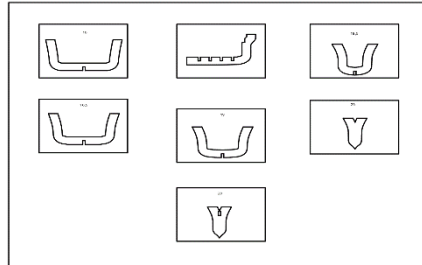
Tabel 3. Kebutuhan / material pembuatan model

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

Sumber: Persiapan pembuatan model

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* dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Section Model

Sumber: Hasil olah data Autocad

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* dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Pemasangan Frame pada lunas

Sumber: Proses pembuatan model

4. *Frame* yang telah di potong selanjutnya dilekatkan pada lunas yang telah di bentuk pula menggunakan lem dapat dilihat pada Gambar 28.



Gambar 28. Pemasangan Frame pada Lunas
Sumber: Proses pembuatan model

5. *Frame* yang telah direkatkan kemudian dipasangkan kulit mengikuti pola *frame* yang telah terpasang dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Pemasangan Kulit pada Frame
Sumber: Proses pembuatan model

6. Pada bagian luar yang telah terbentuk kemudian diberikan resin, kemudian di amplas halus sebelum melakukan proses mendempul dapat dilihat pada Gambar 30.



Gambar 30. Proses Pemberian Resin Pada Model Kapal
Sumber: Proses pembuatan model

7. Model yang telah diampas halus kemudian diberikan dempul secara merata dapat dilihat pada Gambar 31.



Gambar 31. Proses Pemberian Dempul Pada Mode Kapal
Sumber: Proses pembuatan model

8. Setelah diberikan dempul kemudian di amplas kasar dan halus dapat dilihat pada Gambar 32.



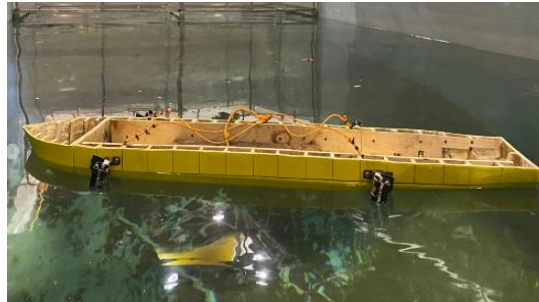
Gambar 32. Proses Pengampalasan pada Model
Sumber: Proses pembuatan model

9. Pengecatan model menggunakan cat semprot warna abu-abu sebagai cat dasar model dan selanjutnya menggunakan cat semprot warna kuning sebagai warna asli model dapat dilihat pada Gambar 33.



Gambar 33. Proses pengecatan model
Sumber: Proses pembuatan model

10. 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 sebesar 11,6 kilogram dijumlahkan dengan berat pemberat sebesar 12,38 sama dengan total berat model kapal sebesar 23,98 kilogram dapat dilihat pada Gambar 34.



Gambar 34. Test Draft
Sumber: Hasil eksperimen

2.3.3. Pembuatan Rel

Rel dibuat di Laboratorium Hidrodinamika Departemen Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Beberapa kebutuhan yang diperlukan selama pembuatan model 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

Sumber: Persiapan pembuatan model

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 sudut jatuh 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 35.



Gambar 35. Rel

Sumber: Proses pembuatan rel

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.

1. 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. Tahapan 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 Uno</i>	1 menit
Pengujian		
7	<i>Dropping Test</i>	5 jam

Sumber: Hasil Olah Data

2. Matriks kebutuhan pengujian

Matriks kebutuhan pengujian merupakan rincian kebutuhan yang dibutuhkan dalam pengujian ini. Matriks kebutuhan pengujian secara rinci dapat dilihat pada table 6.

Tabel 6. Kenutuhan 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>Breadboard</i>	1 buah
7	<i>Jumper wire</i>	16 buah
8	kamera	2 buah
9	Beban	2 buah
10	Rel	4 buah

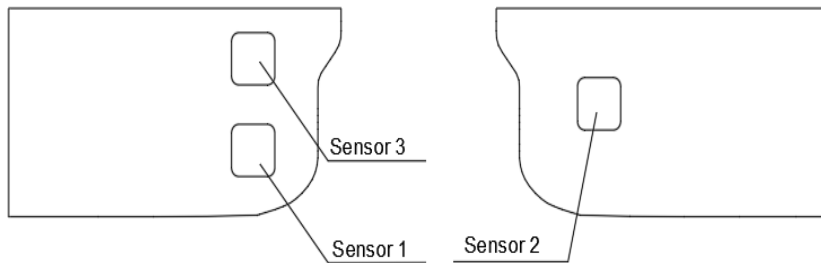
Sumber : Hasil Olah Data

3. Langkah Instalasi Loadcell Device pada haluan kapal
 Untuk instalasi *Loadcell Device* pada haluan kapal dapat dilakukan dengan langkah-langkah dibawah ini:
 - a. Pastikan sensor *loadcell* siap digunakan dengan memperhatikan kabel / kawat yang terhubung pada sensor, adapun sensor *loadcell* yang dimaksud pada Gambar 36.



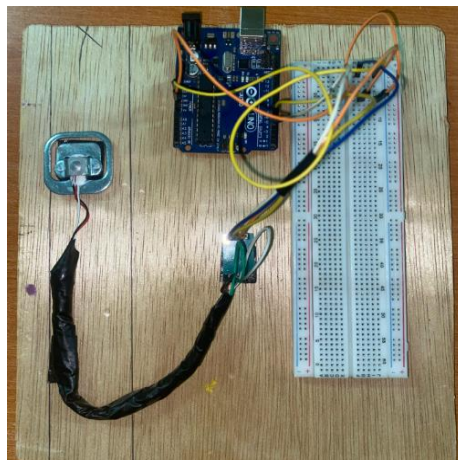
Gambar 36. Loadcell device
 Sumber : Google picture

- b. Sensor *Loadcell* ditempelkan secara zigzag pada bagian haluan kapal. letak sensor dapat dilihat pada Gambar 37.



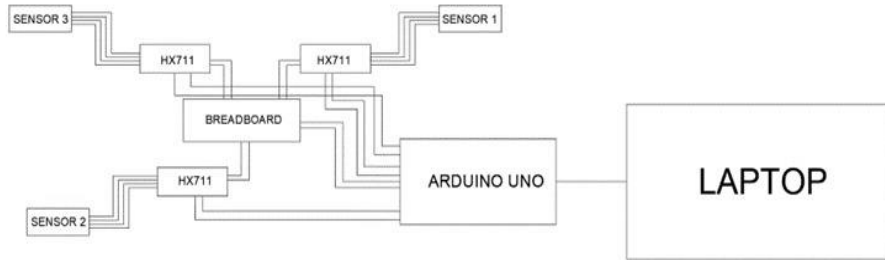
Gambar 37. Peletakan sensor
Sumber: Instalasi loadcell device di haluan

- c. Sensor *loadcell* dihubungkan pada kabel kemudian disambungkan dengan *jumper wire* pada *breadboard*, dalam hal ini *breadboard* adalah, perangkat *wiring* yang digunakan untuk membuat rangkaian dapat dilihat pada Gambar 38.



Gambar 38. Rangkaian breadboard dan loadcell
Sumber: Perakitan loadcell

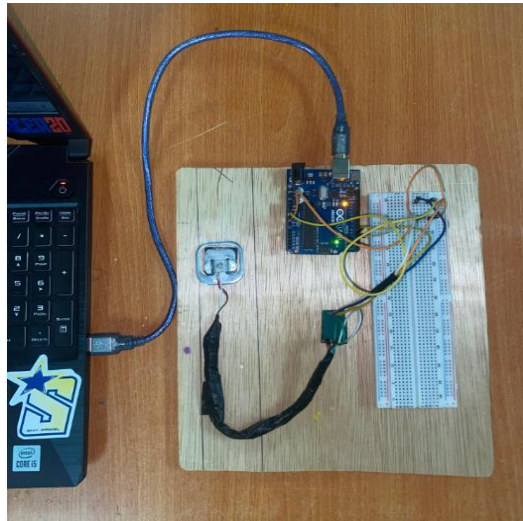
Strip kiri dan strip kanan mampu meneruskan nilai yang dihasil dari *microcontroller loadcell device* ke perangkat *Arduino Uno*. Strip kiri memiliki besaran nilai yang sama apabila kabel penghubung dari *loadcell device* ke perangkat *Arduino Uno* dipasang secara vertikal di strip kiri, begitu pula sebaliknya pada strip kanan yang memiliki besaran nilai yang sama apabila kabel penghubung dari *loadcell device* ke perangkat *Arduino Uno* dipasang secara horizontal. Skema pemasangan sambungan instalasi dari *interface amplifier* pada *breadboard* dapat dilihat pada gambar 39.



Gambar 39. Rangkaian Arduino Uno, Loadcell, dan Breadboard

Sumber: Perakitan loadcell

- d. Arduino uno dihubungkan dengan laptop yang digunakan untuk merekam dan mengolah data dapat dilihat pada gambar 40.



Gambar 40. Rangkaian Arduino Uno yang dihubungkan pada Laptop

Sumber: Perakitan loadcell

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 Uno* 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 dilakukakan 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)
 - (Hijau) ke A- (HX711)

Hubungkan HX711 ke *Arduino Uno* 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 Uno*
- DT HX711 1 terhubung pada pin 3 *Arduino Uno*
- DT HX711 2 terhubung pada pin 5 *Arduino Uno*
- SC HX711 1 terhubung pada pin 2 *Arduino Uno*
- SC HX711 2 terhubung pada pin 4 *Arduino Uno*

2. Persiapan Software

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


```
- #include "HX711.h" //You must have this library in your
  arduino library folder
-
- #define DOUT 3
- #define CLK 2
- #define DOUT1 5
- #define CLK1 4
- HX711 scale1 (DOUT, CLK);
- HX711 scale2 (DOUT1, CLK1);
-
- //Change this calibration factor as per your load cell
  once it is found you many need to vary it in thousands
-
-
- //=====
  =====
- //
  SETUP
```

```

- //=====
- =====
- void setup() {
-   Serial.begin(115200);
-   Serial.println("Press T to tare");
-   scale1.set_scale(-99210); //-105210//Calibration
  Factor obtained from first sketch
-   scale2.set_scale(-99210);
-   scale1.tare();           //Reset the scale to 0
-   scale2.tare();
- }
-
- //=====
- =====
- //                               LOOP
- //=====
- =====
- void loop() {
-   Serial.print("Weight: ");
-   Serial.print(scale1.get_units(), 2); //Up to 3
  decimal pointsfrf
-   Serial.print(" kg \t");
-   Serial.print("Weight: ");
-   Serial.print(scale2.get_units(), 2);
-   Serial.println(" kg"); //Change this to kg and re-
  adjust the calibration factor if you follow lbs
-
-   if(Serial.available())
-   {
-     char temp = Serial.read();
-     if(temp == 't' || temp == 'T')
-       scale1.tare();
-       scale2.tare(); //Reset the scale to zero
-   }
-
- }
- }
-
- Lalu upload kode ke Arduino Uno.

```

3. Persiapan Dropping Test

- Tempatkan *loadcell* pada tempat yang akan menerima dampak dari *dropping test* dilihat pada Gambar 41.



Gambar 41. Peletakan Sensor Loadcell
Sumber: Prosedur pengujian model

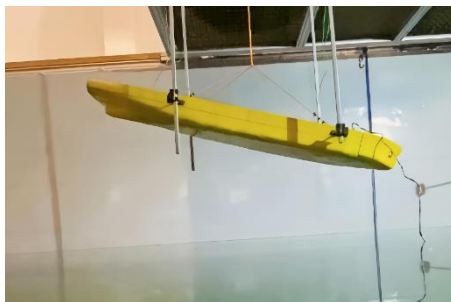
- Pasang model kapal atau bagian kapal yang akan diuji pada rel yang dapat dilihat pada Gambar 42.



Gambar 42. Pemasangan model pada rel yang akan diuji
Sumber: Prosedur pengujian model

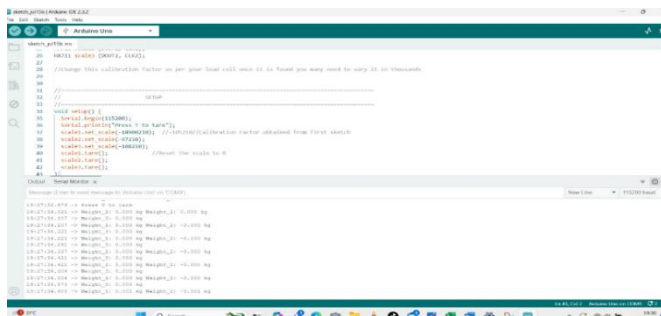
4. Pelaksanaan Dropping Test

- Angkat model kapal dengan mekanisme pengangkatan ke ketinggian tertentu yakni 0,3 meter dapat dilihat pada Gambar 43.



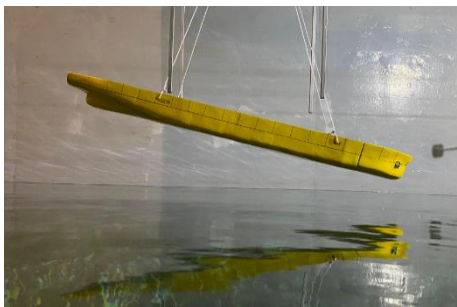
Gambar 43. Keadaan kapal pada posisi 0,3 meter di atas air
Sumber: Prosedur pengujian model

- Jalankan *Arduino Uno* untuk mulai mengukur berat (bacaannya akan terlihat di Serial Monitor) dapat dilihat pada Gambar 44.



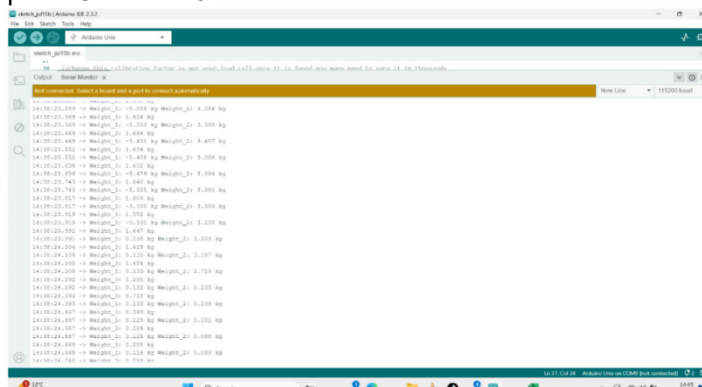
Gambar 44. Software arduino uno
Sumber : Hasil olah data

- Lepaskan model kapal ke air sehingga jatuh *loadcell* akan membaca tekanan yang terjadi pada kapal yang dapat dilihat pada Gambar 45.



Gambar 45. Proses melepaskan kapal untuk mendapatk tekanan pada kapal
Sumber : Prosedur pengujian model

- Amati perubahan berat yang tercatat oleh *Arduino Uno* di Serial Monitor dapat dilihat pada Gambar 46.



Gambar 46. Nilai berat yang tercatat oleh arduino uno
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.

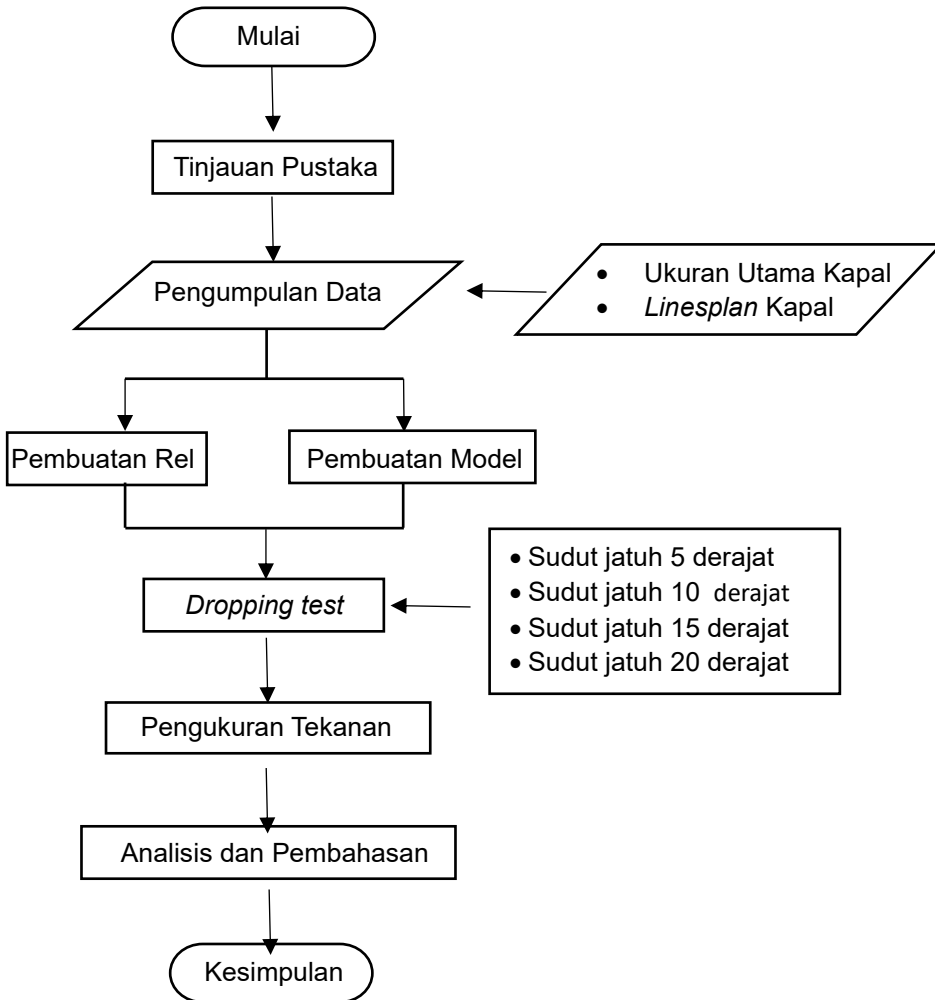
2.3.6. Analisis Data

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

1. Hasil dari pengujian *dropping test* model di *towing tank* adalah tekanan dan tegangan total model terhadap waktu (detik).
2. Nilai tekanan dan tegangan total model terhadap waktu (detik) kemudian dibuat menjadi grafik tekanan dan *internal strain* total 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 48.



Gambar 47. Kerangka pemikiran