

DISERTASI

**STUDI PENGARUH SISTEM PELUNCURAN
MENGUNAKAN *AIRBAGS* TERHADAP STRUKTUR
LAMBUNG KAPAL KAYU**

*Study of the Effect Launching System Using Airbags on The Hull
Structures of The Wooden Ship*

A. DIRGA NOEGRAHA M.

D013201008



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

PENGAJUAN DISERTASI

**STUDI PENGARUH SISTEM PELUNCURAN
MENGUNAKAN *AIRBAGS* TERHADAP STRUKTUR
LAMBUNG KAPAL KAYU**

Disertasi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor
Program Studi Ilmu Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

ttd

**A. DIRGA NOEGRAHA M.
D013201008**

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



DISERTASI
STUDI PENGARUH SISTEM PELUNCURAN MENGGUNAKAN
AIRBAGS TERHADAP STRUKTUR LAMBUNG KAPAL KAYU.

A. DIRGA NOEGRAHA M.
D013201008

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Disertasi yang dibentuk
dalam rangka penyelesaian studi pada Program Doktor Ilmu Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
pada tanggal 02 September 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,



Prof. Dr. Eng. H. Rudy Djamaluddin, S.T., M.Eng
NIP. 197011081994121001

Co-Promotor



Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing
NIP. 196004251988111001

Co-Promotor



Prof. Dr.Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST, MT
NIP. 197206192000122001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Muhammad Isran Ramli, ST, MT.
IPM, ASEAN.Eng
197309262000121002

Ketua Program Studi
S3 Ilmu Teknik Sipil



Prof. Dr.Eng. Ir. Rita Irmawaty, ST, MT
NIP. 197206192000122001



PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : A. Dirga Noegraha M.

Nomor Mahasiswa : D013201008

Program Studi : Ilmu Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, disertasi berjudul “Studi Pengaruh Sistem Peluncuran Menggunakan *Airbags* Terhadap Struktur Lambung Kapal Kayu” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Dr.Eng. H. Rudy Djamaluddin ST., M.Eng, Prof. Dr.Eng. Hj. Rita Irmawaty ST., MT. dan Dr. Ir. Ganding Sitepu Dipl.Ing). 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 disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di Prosiding (International Conference on Structural Engineering and Construction Management 2023, Volume 381, Springer Halaman 165-176, dan DOI https://doi.org/10.1007/978-3-031-39663-2_12) sebagai artikel dengan judul “Damage Detection on Structure of Pinisi in Ship Launching Process” dan di Jurnal (Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology, Volume 29 Nomor 2: Juli, Halaman 278-295, dan DOI <https://doi.org/10.37934/araset.49.2.278295>) sebagai artikel dengan judul “Study of the Effect Launching System Using Airbags on The Hull Structures of Pinisi Ship”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 02 September 2024

Yang menyatakan,



A. Dirga Noegraha M.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmatnya sehingga disertasi ini dapat diselesaikan.

Gagasan utama disertasi Pengaruh Sistem Peluncuran Menggunakan Airbags Terhadap Struktur Lambung Kapal Kayu adalah penerapan airbags dalam proses peluncuran kapal kayu di galangan kapal rakyat Tanah Beru Kabupaten Bulukumba, sebagai alternatif peluncuran kapal agar mampu memudahkan proses peluncuran, mengurangi waktu dan biaya peluncuran kapal, dan meningkatkan kapasitas galangan dalam industri pembangunan kapal kayu.

Bukan hal yang mudah untuk mewujudkan gagasan-gagasan tersebut dalam sebuah susunan disertasi, berkat bimbingan, arahan dan motivasi berbagai pihak maka disertasi ini bisa disusun sebagaimana kaidah-kaidah yang dipersyaratkan, dan untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Eng H. Rudy Djamaluddin, ST. M.Eng, sebagai promotor, Prof. Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST. MT. dan Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl. Ing, sebagai ko-promotor atas bantuan, bimbingan, koreksi dan saran mulai dari ide penelitian, pelaksanaan penelitian hingga terwujudnya disertasi ini.
 2. Prof. Dr.-Ing. Ir. Herman Parung, M.Eng, Prof. Dr. Ir. Sumarni Hamid Aly, M.T., IPU., Ir. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc. Ph.D., dan Prof. Muhammad Zubair Muis Alie, S.T., M.T., Ph.D sebagai komisi tim penguji atas saran dan koreksi-koreksi untuk penyempurnaan disertasi ini.
 3. Prof. Dr. Ir. Buana Ma'ruf, M.Sc., MM, CEng., FRINA, IPU sebagai penguji eksternal atas saran dan koreksi untuk penyempurnaan disertasi ini.
 4. Ketua Unit Penjaminan Mutu S3, Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, Bapak Prof DR. Ir. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng. yang banyak memberi bimbingan dalam penulisan artikel hingga publikasi artikel.
 5. Rektor universitas Hasanuddin dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program doktor serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian.
- Direktur Akademi Maritim Indonesia AIPI Makassar, bapak Andi Muhammad Yani, ST., MM. yang telah memberikan izin dan dukungan untuk menempuh dan menyelesaikan program doktor.



7. Ayahanda Drs. A. Baso Meinuddin dan ibunda Dra. Suhriah Toro, M.Si, serta istri Penulis apt. Andi Reski Amalia S.Si dan kedua anak-anakku Andi Rafli Noegraha dan Andi Rafasya Khaliq Noegraha yang senantiasa menjadi penyemangat.
8. Kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), saya mengucapkan terima kasih atas beasiswa yang diberikan dalam program Beasiswa Pendidik Dosen (No. 0001452/TRP/D/PDD-2020) selama menempuh program pendidikan doktor.

Semoga segala bantuan, motivasi, koreksi dan saran yang telah diberikan mendapat imbalan yang seimbang dari Allah Yang Maha Kuasa. Keterbatasan kemampuan, pengetahuan penulis sehingga disertasi ini masih belum sempurna yang diharapkan, untuk itu koreksi tambahan masih sangat diharapkan untuk perbaikan disertasi ini. Harapan penulis, Disertasi ini dapat memberi manfaat kepada pihak-pihak yang membutuhkan.

Makassar, 17 Agustus 2024
Penulis,

A. Dirga Noegraha M.



ABSTRAK

A. DIRGA NOEGRAHA M. *Studi Pengaruh Sistem Peluncuran Menggunakan Airbags Terhadap Struktur Lambung Kapal Kayu* (dibimbing oleh **Rudy Djamaluddin, Rita Irmawaty dan Ganding Sitepu**).

Sistem peluncuran kapal kayu menggunakan *airbags* merupakan metode yang dapat digunakan pada galangan kapal rakyat di Bulukumba dengan penambahan sepatu luncur untuk mengurangi tekanan kapal terhadap *airbags*. Untuk itu perlu analisis lebih lanjut mengenai perencanaan sepatu luncur, pengaruhnya terhadap struktur kapal, serta bagaimana perbandingannya terhadap peluncuran kapal tradisional. Penelitian ini bertujuan menemukan pengaruh sistem peluncuran menggunakan *airbags* terhadap struktur lambung kapal kayu, mendesain sepatu luncur, serta membandingkan pengaruh sistem peluncuran menggunakan *airbags* dengan sistem peluncuran tradisional terhadap struktur lambung kapal kayu. Penelitian ini menggunakan metode penelitian simulasi numerik, secara kuantitatif dan sistematis untuk mencari pengaruh suatu variabel independen terhadap variabel dependen. Tahapan analisis dimulai dengan mendesain kapal pinisi, *airbags* dan sepatu luncur dalam bentuk tiga-dimensi skala ukuran sebenarnya, kemudian dihitung dengan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) menggunakan analisis *Explicit Dynamics* pada software ANSYS. Pada proses peluncuran, lunas kapal diberikan gaya tekan sebesar 0,485 MPa dan gaya tekan *airbags* sebesar 0,20 MPa dengan waktu analisis selama 3 milidetik. Konsentrasi tegangan dalam peluncuran kapal pinisi sistem tradisional berada pada struktur dek haluan kapal, sedangkan konsentrasi tegangan dalam peluncuran menggunakan *airbags* berada pada struktur sekat-sekat kapal dan signifikan lebih besar pada struktur alas haluan kapal. Dalam peluncuran kapal pinisi menggunakan *airbags*, pada arah longitudinal kapal tegangan tarik maksimum rata-rata yang terjadi berkisar 87,3 MPa dan tegangan tekan yang terjadi berkisar 50,2 MPa. Pada tinjauan arah longitudinal diperoleh persentase tegangan tarik maksimum yang diderita struktur kapal lebih besar dengan persentase berkisar 64% daripada tegangan tekan maksimum berkisar 36%, sedangkan pada tinjauan transversal kapal persentase tegangan tarik-tekan maksimum yang diderita struktur kapal nilai menghampiri ekuivalen dengan persentase tegangan berkisar 49% - 51%.

Kata kunci: peluncuran kapal, pinisi, tradisional, *airbags*, tegangan tarik-tekan



ABSTRACT

A. DIRGA NOEGRAHA M. *Study of the Effect Launching System Using Airbags on The Hull Structures of The Wooden Ship* (supervised by **Rudy Djamaluddin, Rita Irmawaty dan Ganding Sitepu**).

The wooden ship launching system uses airbags which is a method that can be used in people's shipyards in Bulukumba with the addition of skates to reduce ship pressure on airbags. For this reason, further analysis is needed regarding the planning of launching skates, their effect on the ship's structure, and how they compare to traditional ship launching. This study aims to find the effect of the launching system using airbags on the hull structure of a wooden ship, design a skate for launching, and then compare the effect of the launching system using airbags with the traditional launching system on the hull structure of a wooden ship. This research uses numerical simulation research methods, quantitatively and systematically to find the effect of an independent variable on the dependent variable. The analysis stage begins with designing a pinisi ship, airbags, and launching shoes in a three-dimensional form on a real size scale, then calculated with the finite element method using Explicit Dynamics analysis in ANSYS software. In the launching process, the keel of the ship is given a compressive force of 0.485 MPa and a compressive force of 0.20 MPa airbags with an analysis time of 3 milliseconds. The stress concentration in the launching of traditional system pinisi ships is in the bow deck structure, while the stress concentration in launching using airbags is in the bulkhead structure of the ship and significantly greater in the bow bottom structure of the ship. In launching a pinisi ship using airbags, in the longitudinal direction of the ship the average maximum tensile stress that occurs is around 87.3 MPa and the compressive stress that occurs is around 50.2 MPa. In the longitudinal direction of observation, the percentage of maximum tensile stress suffered by the ship structure is greater with a percentage around 64% than the maximum compressive stress around 36%, while in the transverse direction of the ship the percentage of maximum tensile-stress stress suffered by the ship structure is close to equivalent to the percentage of stress around 49% - 51%.

Keywords: Ship launching, pinisi, traditional, *airbags*, tensile-compressive stress



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN DISERTASI	ii
PERSETUJUAN DISERTASI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Rumusan Masalah	8
I.3 Tujuan Penelitian.....	8
I.4 Kegunaan Penelitian.....	8
I.5 Ruang Lingkup.....	9
BAB II. KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN	10
II.1 Kerangka Konseptual	10
II.2 Hipotesis Penelitian.....	11
BAB III. PENGARUH PELUNCURAN SISTEM TRADISIONAL	
 TERHADAP STRUKTUR LAMBUNG KAPAL PINISI.....	12
III.1 Abstrak	12
III.2 Pendahuluan.....	12
III.2.1 Objek Penelitian	16
III.2.2 Material Kapal Pinisi.....	18
III.3 Metode Penelitian	21
III.3.1 Pemodelan 3D Kapal Pinisi.....	22
III.3.2 Penyederhanaan Model	25
III.3.3 Validasi Model	26



III.3.4 Analisis Menggunakan Static Structural	27
III.3.5 Analisis Menggunakan Dinamis Eksplisit	34
III.3.6 Analisis Peluncuran Kapal Sistem Tradisional	36
III.4 Hasil dan Pembahasan	42
III.4.1 Tegangan Aksial pada Struktur Kapal.....	43
III.4.2 Tegangan Geser pada Struktur Kapal.....	49
III.4.3 Regangan pada Struktur Kapal.....	53
III.4.4 Total Deformasi pada Struktur Kapal	57
III.4.5 Total Velocity dalam Proses Peluncuran.....	58
III.5 Kebaruan Penelitian	59
III.6 Kesimpulan	59
III.7 Saran	61
III.8 Daftar Pustaka	61

BAB IV. PERANCANGAN SEPATU LUNCUR DALAM PELUNCURAN KAPAL PINISI MENGGUNAKAN AIRBAGS	66
IV.1 Abstrak	66
IV.2 Pendahuluan.....	66
IV.2.1 Landasan dan Ganjalan Luncur Kapal	67
IV.2.2 Perencanaan Struktur Kayu.....	68
IV.2.3 Objek Penelitian	71
IV.2.4 Material Kapal Pinisi.....	73
IV.3 Metode Penelitian	75
IV.3.1 Perancangan Struktur Sepatu Luncur.....	76
IV.3.2 Perancangan Posisi Melintang Sepatu Luncur	77
IV.3.3 Perancangan Ukuran Sepatu Luncur	79
IV.4 Hasil dan Pembahasan	84
IV.4.1 Posisi Melintang Sepatu Luncur	84
IV.4.2 Ukuran Sepatu Luncur	86
IV.5 Kebaruan Penelitian	87
.6 Kesimpulan	87
.7 Daftar Pustaka	87



BAB V. PENGARUH PELUNCURAN KAPAL SISTEM AIRBAGS

TERHADAP STRUKTUR LAMBUNG KAPAL PINISI	90
V.1 Abstrak	90
V.2 Pendahuluan	90
V.2.1 Peluncuran Kapal Sistem <i>Airbags</i>	92
V.2.2 Jumlah dan Jarak Tiap Balon	94
V.2.3 Objek Penelitian	96
V.2.4 Material Kapal Pinisi, <i>Airbags</i> , dan Sepatu Luncur	98
V.3 Metode Penelitian	102
V.3.1 Pemodelan 3D Kapal Pinisi, <i>Airbags</i> , dan Sepatu Luncur	103
V.3.2 Analisis Peluncuran Kapal Menggunakan <i>Airbags</i>	106
V.4 Hasil dan Pembahasan	111
V.4.1 Tegangan Aksial pada Struktur Kapal	112
V.4.2 Tegangan Geser pada Struktur Kapal	118
V.4.3 Regangan pada Struktur Kapal	120
V.4.4 Total Deformasi pada Struktur Kapal	122
V.4.5 Total Velocity dalam Proses Peluncuran	124
V.5 Kebaruan Penelitian	125
V.6 Kesimpulan	125
V.7 Saran	125
V.8 Daftar Pustaka	126

BAB VI. PEMBAHASAN UMUM

VI.1 Perbandingan Temuan	131
VI.2 Estimasi Jumlah Efektif Tenaga Pengrajin	135
VI.3 Estimasi Waktu Efektif Peluncuran	136
VI.4 Kesimpulan	137
VI.5 Saran	138

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1. Data lokasi peluncuran kapal	15
Tabel 2. Ukuran utama kapal pinisi.....	17
Tabel 3. Material struktur kapal pinisi	19
Tabel 4. Nilai desain dan modulus elastisitas lentur acuan	67
Tabel 5. Ukuran utama kapal pinisi.....	68
Tabel 6. Material struktur kapal pinisi	70
Tabel 7. Kemampuan dan tekanan balon dengan 8 lapisan.....	95
Tabel 8. Ukuran utama kapal pinisi.....	97
Tabel 9. Material dalam analisis peluncuran menggunakan <i>airbags</i> ...	99



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1. Kegiatan <i>anyorong lopi</i> pada galangan kapal di Bulukumba	1
Gambar 2. Mengangkat lunas dan mendorong sisi kapal	2
Gambar 3. Retak pada lunas kapal.....	3
Gambar 4. Proses pengaturan landasan dan balok luncur.....	3
Gambar 5. Proses sistem peluncuran tradisional kapal berukuran besar	4
Gambar 6. Kondisi pantai galangan kapal rakyat di Bulukumba	5
Gambar 7. Model sepatu luncur kapal kayu menggunakan <i>airbags</i>	7
Gambar 8. Kerangka konseptual penelitian	10
Gambar 9. Kerangka pikir penelitian.....	11
Gambar 10. Peta Kabupaten Bulukumba.....	13
Gambar 11. Galangan kapal rakyat di Tanah Beru.....	14
Gambar 12. Panjang lintasan peluncuran kapal	15
Gambar 13. Kapal pinisi sebagai sampel penelitian	16
Gambar 14. Kondisi konstruksi dan geladak kapal pinisi.....	18
Gambar 15. Material pada struktur kapal pinisi.....	20
Gambar 16. Konstruksi transversal 2D kapal pinisi	22
Gambar 17. Kapal pinisi dengan 3D konstruksi	23
Gambar 18. Tampak perspektif 3D kapal pinisi	24
Gambar 19. Kondisi sambungan konstruksi lambung kapal.....	25
Gambar 20. Model sambungan konstruksi 3D kapal.....	26
Gambar 21. Pemilihan jenis analisis dalam ANSYS	27
Gambar 22. Tampilan <i>Engineering Data</i> pada tahapan ANSYS	29
Gambar 23. Desain dan editing menggunakan SpaceClaim	30



Nomor	Halaman
Gambar 24. Tahapan <i>Model</i> dan <i>Mesh</i>	30
Gambar 25. Tahapan Setup pada ANSYS Mechanical.....	31
Gambar 26. Tahapan <i>Solution</i> pada ANSYS Mechanical	32
Gambar 27. Progres <i>Solution</i> pada ANSYS Mechanical.....	33
Gambar 28. Hasil analisis Static Structural pada ANSYS Mechanical	34
Gambar 29. Metode peluncuran kapal sistem tradisional	36
Gambar 30. Tampilan ANSYS Explicit Dynamic dalam input data	37
Gambar 31. Tampilan 3D geometri dan material peluncuran tradisional.....	38
Gambar 32. Tampilan pendefinisian kontak pada struktur	39
Gambar 33. Tampilan hasil diskritisasi (<i>mesh</i>) peluncuran tradisional	39
Gambar 34. Katrol Berganda Bergerak.....	40
Gambar 35. Tampilan <i>Final Setup</i> sebelum <i>running</i>	42
Gambar 36. Tegangan axial pada arah longitudinal	43
Gambar 37. Tegangan axial pada struktur haluan kapal	43
Gambar 38. Tegangan axial pada struktur buritan kapal	44
Gambar 39. Grafik tegangan tarik-tekan maksimum arah longitudinal.....	45
Gambar 40. Tegangan aksial arah transversal pada struktur haluan kapal	46
Gambar 41. Tegangan aksial arah transversal pada struktur buritan kapal	47
Gambar 42. Grafik tegangan tarik-tekan maksimum arah transversal.....	48
Gambar 43. Tegangan geser longitudinal pada struktur haluan kapal	49
Gambar 44. Tegangan geser longitudinal pada pada struktur buritan kapal....	50
Gambar 45. Grafik tegangan geser maksimum arah longitudinal	51
Gambar 46. Tegangan geser transversal pada struktur haluan kapal	52
Gambar 47. Grafik tegangan geser maksimum arah transversal	53
Gambar 48. Lokasi regangan pada struktur kapal.....	54



Nomor	Halaman
Gambar 49. Grafik regangan maksimum terhadap waktu analisis	54
Gambar 50. Grafik tegangan dan regangan pada kayu	55
Gambar 51. Grafik hubungan tegangan dan regangan hasil simulasi.....	56
Gambar 52. Area konstruksi dek kapal sebagai sampel analisis.....	56
Gambar 53. Total deformasi pada struktur kapal.....	57
Gambar 54. Grafik total deformasi terhadap waktu analisis peluncuran	58
Gambar 55. Total Velocity pada struktur kapal.....	58
Gambar 56. Grafik total kecepatan terhadap waktu analisis peluncuran	59
Gambar 57. Landasan pembangunan dengan dua balok peluncur.....	68
Gambar 58. Peletakan balok ganjal secara membujur	69
Gambar 59. Peletakan balok ganjal secara melintang.....	69
Gambar 60. Kapal pinisi sebagai sampel penelitian	72
Gambar 61. Kondisi geladak kapal Pinisi ketika proses peluncuran	73
Gambar 62. Material pada struktur kapal pinisi.....	75
Gambar 63. Model perancangan sepatu luncur.....	76
Gambar 64. <i>Setup</i> simulasi <i>Drop Test</i>	78
Gambar 65. Distribusi beban longitudinal ketika proses peluncuran	79
Gambar 66. Distribusi beban transversal pada sepatu luncur	81
Gambar 67. Faktor Tekuk Leonhard Euler	81
Gambar 68. Lendutan pada balok sepatu luncur.....	82
Gambar 69. Tampak bawah kapal pinisi Hasil simulasi <i>Drop Test</i>	84
Gambar 70. Tampak bawah jarak tegangan geser pada lambung kapal	85
Gambar 71. Posisi melintang sepatu luncur.....	86
Gambar 72. Detail ukuran sepatu luncur	87
Gambar 73. Peluncuran kapal baja menggunakan <i>airbags</i>	92



Nomor	Halaman
Gambar 74. Dimensi balon (<i>Air bag</i>).....	93
Gambar 75. Struktur balon (<i>Air bag</i>).....	94
Gambar 76. Kapal pinisi sebagai sampel penelitian	97
Gambar 77. Kondisi konstruksi kapal pinisi ketika proses peluncuran	98
Gambar 78. Data material dalam peluncuran menggunakan <i>airbags</i>	100
Gambar 79. Tampilan geometri kapal serta material dalam analisis	101
Gambar 80. Tampilan data 2D kapal pinisi, sepatu luncur dan <i>air bag</i>	103
Gambar 81. Tampilan 3D konstruksi kapal pinisi, sepatu luncur dan <i>airbags</i>	104
Gambar 82. Tampak perspektif 3D kapal pinisi, sepatu luncur dan <i>airbags</i> ..	105
Gambar 83. Tampilan pendefinisian kontak peluncuran menggunakan <i>airbags</i>	108
Gambar 84. Tampilan hasil diskritisasi (<i>mesh</i>) peluncuran menggunakan <i>airbags</i>	109
Gambar 85. Tampilan <i>Setup</i> sebelum <i>Running Solve</i>	110
Gambar 86. Tampilan <i>Solution Information</i> dalam <i>Explicit Dynamic</i>	111
Gambar 87. Tegangan aksial pada arah longitudinal.....	112
Gambar 88. Tegangan tarik maksimum pada sekat haluan kapal.....	113
Gambar 89. Tegangan tekan maksimum pada sekat haluan	114
Gambar 90. Hubungan tegangan maksimum - waktu arah longitudinal kapal	115
Gambar 91. Tegangan aksial arah transversal kapal.....	115
Gambar 92. Tegangan aksial arah transversal pada haluan kapal.....	116
Gambar 93. Tegangan aksial arah transversal pada tengah kapal (midship) ...	117
Gambar 94. Hubungan tegangan maksimum - waktu arah transversal kapal	118
Gambar 95. Tegangan geser arah longitudinal pada struktur midship	119
Gambar 96. Grafik tegangan geser maksimum arah longitudinal	120



Nomor	Halaman
Gambar 97. Lokasi regangan maksimum dalam peluncuran sistem airbags ...	120
Gambar 98. Grafik regangan maksimum terhadap waktu analisis	121
Gambar 99. Total Deformasi pada struktur kapal.....	122
Gambar 100 Grafik total deformasi terhadap waktu analisis peluncuran	123
Gambar 101 Total Velocity dalam proses peluncuran kapal	124
Gambar 102 Grafik total deformasi terhadap waktu analisis peluncuran	124
Gambar 103 Perbandingan tegangan longitudinal - waktu kedua metode peluncuran.....	132
Gambar 104 Perbandingan tegangan transversal - waktu kedua metode peluncuran.....	133
Gambar 105 Perbandingan deformasi - waktu kedua metode peluncuran.....	134
Gambar 106 Perbandingan kecepatan - waktu kedua metode peluncuran.....	135
Gambar 107 Grafik Usaha kerja (w) – Waktu kapal meluncur (t).....	136



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
Lampiran 1 Gambar Rencana Umum (General Umum) kapal Pinisi	148
Lampiran 2 Gambar Konstruksi Longitudinal (Profile) kapal Pinisi	149
Lampiran 3 Gambar Rencana Garis (Lines Plan) kapal Pinisi	150
Lampiran 4 Gambar Konstruksi Melintang (Transverse) Frame 18 kapal Pinisi.....	151
Lampiran 5 Gambar Konstruksi Melintang (Transverse) Frame 30 kapal Pinisi.....	152
Lampiran 6 Gambar Konstruksi Sekat (Bulkhead) kapal Pinisi.....	153
Lampiran 7 Dokumentasi kapal Pinisi (objek penelitian)	154
Lampiran 8 Tabel Perhitungan Berat (W) dan Titik Berat Kapal (LCG).....	155



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Proses pembangunan kapal kayu di Bulukumba masih menggunakan sistem tradisional, mulai dari awal peletakan lunas kapal serta konstruksi lambung kapal hingga proses peluncuran masih dilakukan secara manual. Tidak seperti pembuatan kapal pada umumnya sebagian besar kapal yang dibangun di Tanah Beru Bulukumba tidak menggunakan gambar rancang bangun (Kinapti, 2021). Tentunya sangat berbeda dengan pembangunan kapal secara konvensional yang memerlukan perhitungan dan desain gambar yang detail hingga penentuan metode peluncuran kapal yang sesuai ukuran dan kapasitas galangan.



Gambar 1 Kegiatan *anyorong lopi* pada galangan kapal di Bulukumba
(Transmedia, 2019)

Tradisi menurunkan kapal ke laut di Tanah Beru Bulukumba disebut juga *Anyorong Lopi*, yaitu kegiatan menarik atau mendorong kapal yang selesai dikerjakan dari galangan kapal tradisional menuju tepi pantai hingga terapung di terlihat pada Gambar 1. Proses tersebut tidak menggunakan alat bantu rn hanya menggunakan tenaga manusia sehingga banyak diperlukan tenaga bisa mencapai 100 orang. Kegiatan menurunkan kapal ini membutuhkan biaya



yang tidak sedikit dan membutuhkan waktu berminggu-minggu (Transmedia, 2019).



Gambar 2 Mengangkat lunas dan mendorong sisi kapal
(Transmedia, 2019)

Proses peluncuran kapal kayu berukuran panjang 10 sampai 15 meter dilakukan secara tradisional memanfaatkan kekuatan lunas kapal untuk dapat ditarik menggunakan tali tambang, diangkat pada bagian buritan menggunakan balok, digoyangkan dari arah samping pada bagian kulit lambung kapal dan lunas kapal tergesek dengan balok luncur seperti terlihat pada Gambar 2. Sering ditemui cacat atau kerusakan pada lunas kapal yang dapat mengurangi kekuatan konstruksi kapal yang bertumpu pada lunas. Seperti terlihat pada Gambar 3, pada bagian yang dilingkari terdapat retakan pada lunas kapal bagian buritan yang terjadi ketika proses peluncuran kapal.

Begitu pula kesulitan yang terlihat pada proses peluncuran kapal untuk kapasitas berukuran 350 GT dengan panjang lunas kapal 20 meter atau lebih. Kesulitan tersebut dikarenakan landasan luncur yang digunakan harus digali terlebih dahulu untuk menempatkan bantalan luncur atau balok dibawah lunas kapal

im kapal diluncurkan, seperti terlihat pada Gambar 4. Pada tahapan lesaian pembangun kapal (finishing) dan kapal sudah siap diluncurkan, maka ah lunas kapal diberi ganjalan balok luncur. Ganjalan ini diletakkan



sepanjang lunas sebagai bantalan luncur dengan penambahan beberapa karung pasir untuk menyesuaikan kemiringan landasan.



Gambar 3 Retak lunas bagian buritan kapal (Transmedia, 2019)

Proses peluncuran kapal kayu di Bulukumba menggunakan gaya dorong mekanik dengan bantuan katrol/takal yang mengakibatkan gesekan antara lunas kapal dengan landasan. Ganjalan balok luncur tersebut diberi pelumas agar kapal dapat meluncur dengan gaya gesek minimal. Kapal ditarik menggunakan katrol manual pada bagian ujung belakang lunas. Katrol ini ditarik menggunakan tenaga manusia berkisar 20 sampai 30 orang secara bergantian, beberapa pengrajin mengatur balok luncur menggunakan karung berisi pasir, dan sebagian tenaga pengrajin lainnya mengarahkan serta mengatur gerak kapal agar tetap stabil ketika ditarik seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 4 Proses pengaturan landasan dan balok luncur (Transmedia, 2019)



Berdasarkan hasil pengalaman pada galangan kapal rakyat di Bulukumba ketika proses peluncuran, untuk kapal berukuran panjang lunas 22 meter dan panjang deck 35 meter dalam sehari hanya mampu menarik 5 sampai 10 meter. Bisa diperkirakan apabila panjang landasan mencapai 200 meter hingga kapal dapat terapung, pasti membutuhkan waktu yang lama. Proses tersebut butuh pertimbangan kondisi cuaca dan ombak, apabila ombak keras dan sedang pasang maka pekerjaan peluncuran ditunda untuk sementara.

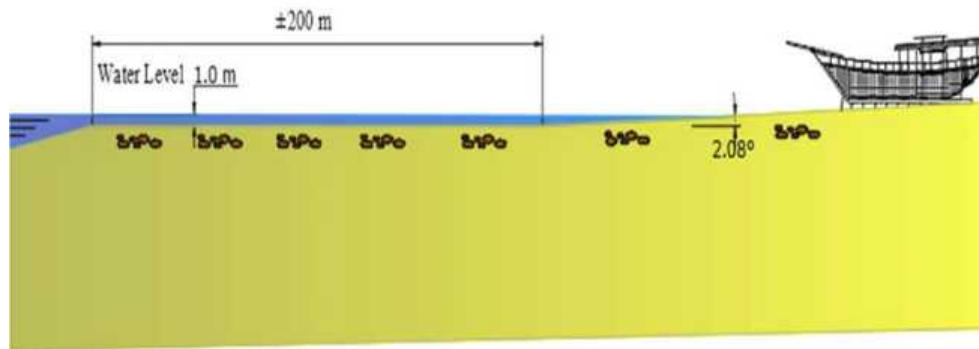


Gambar 5 Proses sistem peluncuran tradisional kapal berukuran besar (Noegraha, 2017)

Pada peluncuran kapal konvensional perkiraan besarnya sudut kemiringan peluncuran untuk kapal besar 2,39 derajat sampai 2,86 derajat dan untuk berukuran kapal sedang berkisar 3,18 derajat sampai 4,76 derajat (Bakri dkk, 1983). Sudut kemiringan peluncuran pada galangan rakyat di Bulukumba hanya berkisar 2,08 derajat sampai 3,12 derajat (Noegraha, 2017). Meskipun rentang kemiringan sudah sesuai dengan pedoman peluncuran konvensional akan tetapi kapal kayu di Bulukumba masih sulit untuk diluncurkan. Galangan kapal rakyat di Bulukumba memiliki struktur tanah bebatuan dan juga memiliki kontur pantai yang landai.

isi pantai yang memiliki panjang kemiringan hanya sejauh ± 40 meter dan hanya ± 200 meter rata dengan kedalaman yang relatif dangkal seperti terlihat Gambar 6.



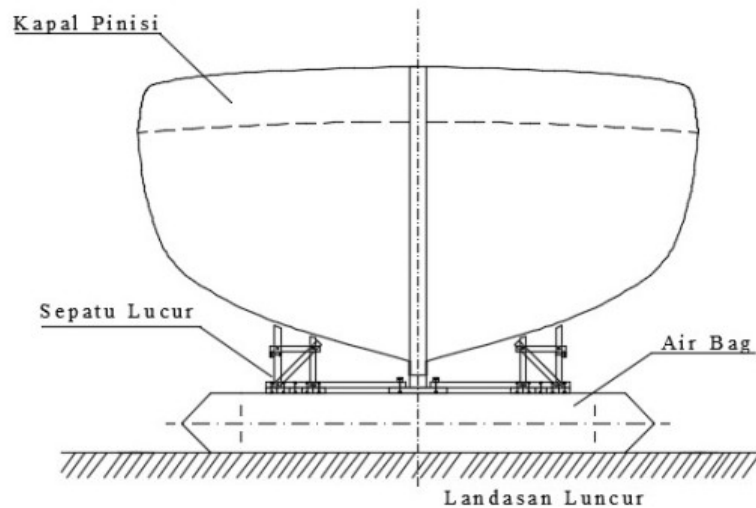


Gambar 6 Kondisi pantai galangan kapal rakyat di Bulukumba

Berdasarkan pengamatan pada lokasi peluncuran, tinggi pasang air laut hanya mencapai ± 1 meter sehingga sebelum kapal terapung maka kapal harus didorong ke perairan yang lebih dalam sampai mendapatkan daya apung dan terapung bebas. Oleh karena itu proses peluncuran secara tradisional untuk kapal berukuran besar memakan waktu yang lama, bisa mencapai 4 minggu hingga kapal terapung bebas. Para pengrajin kapal sulit menerima pesanan kapal dengan ukuran 350 GT dikarenakan sulitnya peluncurannya. Maka dari hal tersebut, peluncuran kapal kayu membutuhkan gaya dorong besar yang membutuhkan tenaga pengrajin hingga lebih dari 50 orang.

Untuk memudahkan peluncuran kapal kayu perlu dilakukan penerapan ilmu dan teknologi dalam sistem peluncuran kapal kayu di Bulukumba. Sistem peluncuran memanjang menggunakan *airbags* (balon bertekanan) dapat digunakan pada galangan kapal rakyat di Bulukumba, dengan pertimbangan tekanan kapal lebih kecil dari tekanan izin *airbags* (Noegraha, 2017). Bentuk konstruksi lambung kapal kayu berbeda dengan kapal baja dengan posisi lunas kapal kayu yang berada diluar kulit kapal sehingga tekanan lambung kapal terhadap *airbags* sangat besar. Untuk memperkecil tekanan lunas kapal kayu terhadap *airbags* maka digunakan Sepatu Luncur sebagai penopang lambung kapal di atas *airbags* dalam proses peluncuran seperti terlihat pada Gambar 7 dan lebih lengkapnya pada Gambar 8.





Gambar 7 Model sepatu luncur kapal kayu menggunakan *airbags* (Noegraha, 2018)

Tenaga pengrajin yang dibutuhkan untuk menarik atau mendorong kapal berukuran 350 GT berkisar 14 orang atau 28% dari tenaga yang dibutuhkan sistem peluncuran tradisional. Dengan berkurangnya daya dorong yang dibutuhkan, maka waktu efektif peluncuran bila dilakukan secara kontinyu dapat dilaksanakan hanya 48 jam atau selama 2 hari (Noegraha, 2017). Berdasarkan pernyataan tersebut sistem peluncuran *airbags* dapat memberi manfaat yang efektif terhadap kebutuhan tenaga pengrajin dan efisien terhadap waktu proses peluncuran.

Peluncuran kapal dengan metode *airbags* adalah peluncuran yang sangat mudah dan sederhana. Namun hingga sekarang resiko-resiko yang terjadi belum bisa ditentukan. Mengingat masih adanya kecelakaan yang terjadi pada proses peluncuran kapal dengan metode *airbags* baik di Indonesia ataupun negara lain (Wisnawa, 2017). Kegagalan dalam proses peluncuran yang dapat terjadi dapat mengakibatkan struktur kapal mengalami kerusakan, balon meletus, dan landasan luncur hancur. Sehingga perlu perhitungan dan analisis yang lebih mendalam

mana pembebanan struktur kapal kayu terhadap sepatu luncur dan *airbags* dalam peluncuran dilakukan.

Pada penelitian sebelumnya telah mendesain model dan menganalisis sepatu luncur hanya pada bagian buritan kapal dengan memberi beban merata pada batang



tekuk pada sepatu luncur (Noegraha, 2018). Dalam desain tersebut peralatan peluncuran belum memperhatikan model pembebanan kapal secara membujur dan melintang khususnya pada penempatan lokasi balok tekuk dan panjang balok lentur. Analisis pembebanan perlu dilakukan sebagai pertimbangan posisi balok penumpu dan panjang balok terlentur dalam mendesain sepatu luncur.

Struktur lambung dan konstruksi kapal kayu berbeda dengan kapal baja sehingga model pembebanan pula berbeda. Model pembebanan menyesuaikan terhadap distribusi berat konstruksi kapal dan tipe kapal kayu yang dibangun. Sehingga perlu analisis lebih lanjut dan perhitungan pembebanan secara menyeluruh pada struktur kapal kayu dan peralatan peluncuran. Maka dalam hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut bagaimana desain sepatu luncur yang sesuai pembebanan kapal kayu menggunakan *airbags*, serta menganalisis bagaimana interaksi dan pengaruh sistem peluncuran *airbags* terhadap struktur lambung kapal kayu. Dengan demikian saya tertarik untuk melakukan penelitian dan simulasi numerik yang tertuang dalam suatu Disertasi dengan judul: **“Studi Pengaruh Sistem Peluncuran Menggunakan *Airbags* Terhadap Struktur Lambung Kapal Kayu”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan mengenai sulitnya proses peluncuran kapal kayu di galangan kapal rakyat Bulukumba, sehingga masalah utama yang dapat dijabarkan dalam penelitian ini yaitu:

- Bagaimana pengaruh sistem peluncuran kapal tradisional terhadap struktur lambung kapal kayu.
- Bagaimanakah mendesain sepatu luncur sesuai distribusi beban kapal kayu dalam proses peluncuran menggunakan *airbags*.
- Bagaimana pengaruh sistem peluncuran menggunakan *airbags* dan sepatu luncur terhadap struktur lambung kapal kayu.
- Bagaimana perbedaan pengaruh sistem peluncuran menggunakan *airbags* dengan sistem peluncuran tradisional terhadap struktur lambung kapal kayu.



1.3 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab rumusan masalah yang dikemukakan sebelumnya maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

- a. Menemukan pengaruh sistem peluncuran kapal tradisional terhadap struktur lambung kapal kayu
- b. Mendesain sepatu luncur yang sesuai dengan distribusi beban kapal kayu dalam proses peluncuran menggunakan *airbags*
- c. Menemukan pengaruh sistem peluncuran menggunakan *airbags* dan sepatu luncur terhadap struktur lambung kapal kayu
- d. Membandingkan perbedaan pengaruh sistem peluncuran menggunakan *airbags* dengan sistem peluncuran kapal tradisional terhadap struktur lambung kapal kayu.

1.4 Kegunaan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sistem peluncuran kapal menggunakan *airbags* yang merupakan sistem peluncuran terkini dan modern pada galangan kapal rakyat di Bulukumba yang masih menggunakan metode tradisional. Secara rinci manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Sebagai bahan referensi bagi masyarakat pengrajin kapal kayu dalam proses peluncuran kapal.
- b. Dapat dijadikan alternatif peluncuran kapal kayu bagi pemilik galangan dalam industri pembangunan kapal
- c. Sebagai bahan pertimbangan dalam perkuatan struktur kapal
- d. Sebagai referensi untuk peralatan peluncuran agar terhindar dari resiko gagal struktur saat peluncuran kapal.
- e. Sebagai bahan informasi IPTEK mengenai perkembangan teknologi dalam peluncuran kapal.
- f. Sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai sistem peluncuran kapal menggunakan *airbags*.



1.5 Ruang Lingkup

Untuk membatasi ruang lingkup agar penelitian terarah dan lingkup masalah tidak terlalu meluas maka diperlukan suatu pembatasan masalah. Sehingga permasalahan yang dibahas hanya terbatas pada hal-hal berikut :

- a. Peluncuran kapal menggunakan sistem tradisional dan sistem *airbags* (balon bertekanan)
- b. Analisis metode elemen hingga (FEM) menggunakan software ANSYS.
- c. Dalam analisis dan simulasi diasumsikan sambungan antar balok kuat dan homogen, serta kapal dalam kondisi tegak tanpa bantuan penyangga.
- d. Perhitungan peluncuran dilakukan dalam kondisi air tenang.
- e. Analisis dilakukan dengan kondisi landasan stabil dan diasumsikan daya dukung tanah mampu memikul tekanan maksimum pada proses peluncuran.
- f. Analisis tidak membahas biaya peluncuran kapal kayu.



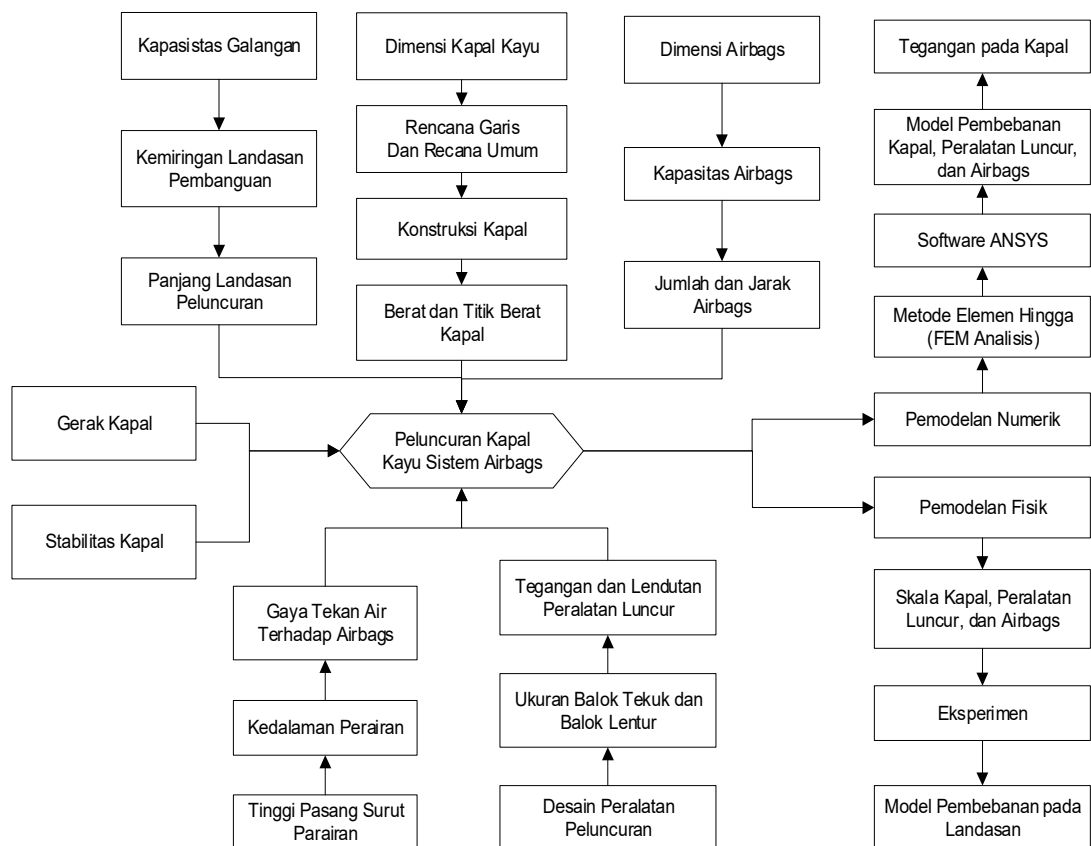


BAB II

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

2.1 Kerangka Konseptual

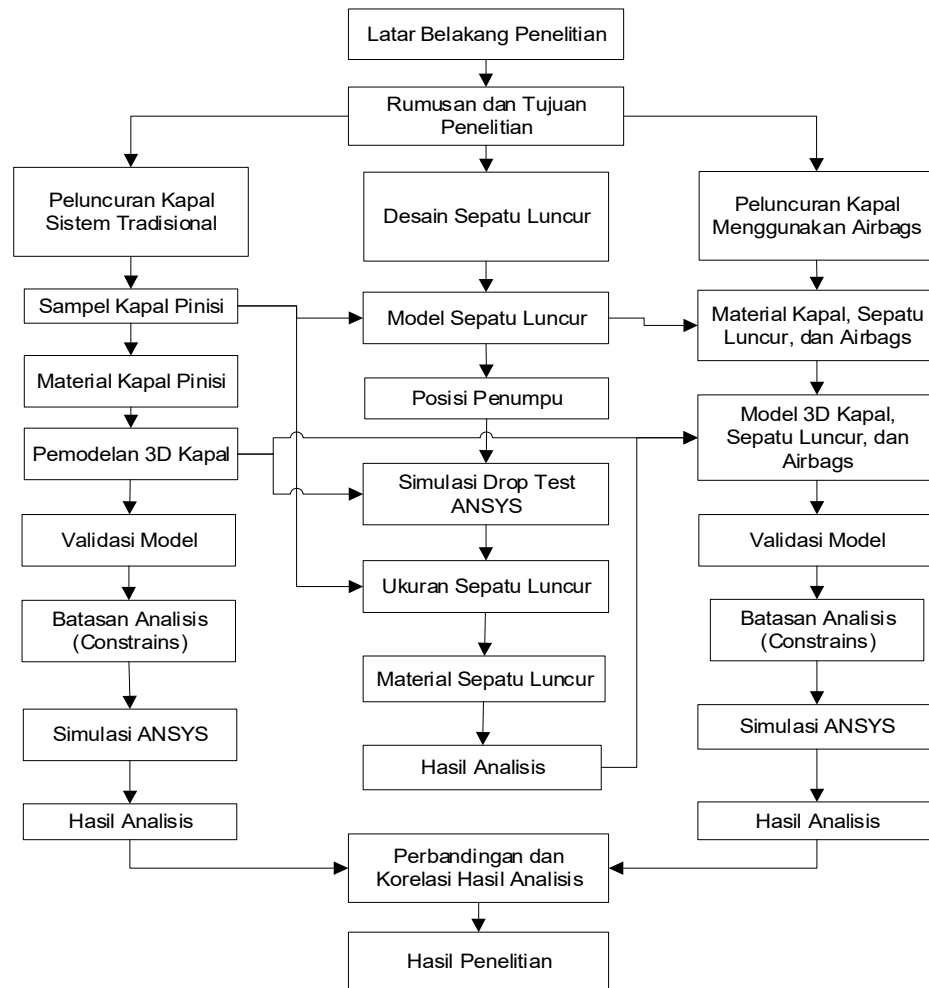
Kerangka konseptual menggambarkan hubungan beberapa konsep pembahasan yang akan diteliti. Kerangka ini memberikan hubungan beberapa konsep dengan arah untuk menjawab rumusan masalah. Kerangka konseptual dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Kerangka konseptual penelitian



Secara umum dalam langkah-langkah penyelesaian penelitian ini dibuat suatu tahapan penelitian berupa kerangka analisis yang menggambarkan urutan pengerjaan dan rencana hasil dalam penyelesaian penelitian secara keseluruhan seperti terlihat pada bagan alir Gambar 9.



Gambar 9 Kerangka pikir penelitian

2.2 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka konseptual penelitian maka hipotesis yang muncul yaitu terdapat konsentrasi tegangan yang diakibatkan oleh efek penggunaan *airbags* dan sepatu luncur terhadap struktur lambung kapal kayu dalam proses peluncuran, pengaruh tersebut bisa diakibatkan oleh jarak antara *airbag* atau sepatu luncur.