



**PROYEK TUGAS AKHIR**  
**TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN**

***Analisis Kekuatan Struktur Load spreader pada Proses  
Launching Harbour Tug Menggunakan Airbag dengan  
Metode Finite Element Analysis***

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana  
Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

**Disusun Oleh :**

Muhammad Hafiz Bayhaqie                      40040422650001

**Dosen Pembimbing :**

Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T.

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**  
**TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN**  
**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**SEKOLAH VOKASI**  
**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**2026**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Hafiz Bayhaqie  
: 40040422650001  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Konstruksi  
Perkapalan  
Judul Penelitian Terapan : Analisis Kekuatan Struktur *Load spreader*  
pada Proses *Launching Harbour Tug*  
Menggunakan Airbag dengan Metode  
*Finite Element Analysis*

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari diri saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya, ditulis oleh orang lain, atau diajukan untuk gelar ataupun ijazah pada Universitas Diponegoro atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Semarang, 30 Juni 2026

Muhammad Hafiz Bayhaqie  
40040422650001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**SEMINAR HASIL PENELITIAN**

**Analisis Kekuatan Struktur *Load spreader* pada Proses  
*Launching Harbour Tug* Menggunakan Airbag dengan  
Metode *Finite Element Analysis***

Oleh :  
Muhammad Hafiz Bayhaqie                      40040422650001

Diajukan pada  
Sidang Tugas Akhir  
Tanggal 25 Juni 2026  
Dinyatakan Lulus / Tidak Lulus  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T.              Pembimbing .....

Muhammad Sawal Baital, S.T., M.T.      Penguji 1.....

Dr. Aulia Windyandari, S.T., M.T.      Penguji 2.....

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

**Dr. Mohd Ridwan, S.T., M.T.**  
**NIP. 19700827199903100**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRAK

Peluncuran kapal (*ship launching*) menggunakan sistem airbag pada kapal harbour tug berlunas tinggi menghadapi kendala berupa kontak struktural yang terbatas dan terlokalisasi antara lunas dan airbag, sehingga berpotensi menimbulkan konsentrasi tegangan dan risiko kegagalan struktur. Sebagai solusi, ditambahkan plat baja sementara di bawah lunas yang berfungsi sebagai *load spreader* untuk memperluas bidang kontak dan meratakan distribusi beban. Penelitian ini bertujuan memvalidasi hasil perhitungan desain *load spreader* melalui analisis numerik menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) berbasis perangkat lunak Ansys, guna mengevaluasi distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan struktur selama proses undocking (*launching*). Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data kapal dan spesifikasi airbag, pemodelan tiga dimensi struktur *load spreader* menggunakan AutoCAD, serta simulasi elemen hingga menggunakan Ansys. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada struktur *load spreader* sebesar 149,10 MPa, masih berada di bawah tegangan luluh material baja AH36 sebesar 355 MPa, dengan deformasi maksimum sebesar 0,9626 mm dan nilai faktor keamanan minimum sebesar 2,38. Nilai tersebut menunjukkan bahwa desain *load spreader* yang divalidasi telah memenuhi kriteria keamanan struktur dan dapat digunakan untuk mendistribusikan beban kapal secara merata menuju sistem airbag selama proses *launching*, sehingga dapat menjadi solusi teknis bagi galangan kapal dengan keterbatasan fasilitas dalam meluncurkan kapal berlunas tinggi secara aman.

**Kata kunci:** *load spreader, ship launching, airbag, harbour tug, Finite Element Analysis, faktor keamanan*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ABSTRACT

*The airbag-based launching of high-keeled harbour tug vessels faces a critical challenge: the limited and localized structural contact between the keel and the airbags, which can lead to stress concentration and a risk of structural failure. As a solution, a temporary steel plate is installed beneath the keel to function as a load spreader, widening the contact area and producing a more even load distribution. This study aims to validate a previously completed load spreader design calculation through numerical analysis using the Finite Element Analysis (FEA) method in Ansys software, in order to evaluate the stress distribution, deformation, and Safety Factor of the structure during the undocking (launching) process. The research stages consisted of collecting vessel and airbag specification data, developing a three-dimensional model of the load spreader structure in AutoCAD, and running a finite element simulation in Ansys. The analysis results show that the maximum stress occurring in the load spreader structure was 149.10 MPa, which remains below the yield strength of AH36 steel of 355 MPa, with a maximum deformation of 0.96265 mm and a minimum Safety Factor of 2.38. These results indicate that the validated load spreader design satisfies the required structural safety criteria and is capable of evenly distributing the vessel load to the airbag system during launching, making it a viable technical solution for shipyards with limited facilities to safely launch high-keeled vessels.*

**Keywords:** *load spreader, ship launching, airbag, harbour tug, Finite Element Analysis, Safety Factor*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb

Alhamdulillahirobbilalamin segala piji dan syukur saya haturkan kehadiran allah swt pencipta alam semesta beserta isinya, atas berkat dan karunia-NYA, sehingga penyusunan tugas akhir ini dengan judul *Analisis Kekuatan Struktur Load spreader pada Proses Launching Harbour Tug Menggunakan Airbag dengan Metode Finite Element Analysis* dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam saya panjatkan kepada baginda rasulullah muhammad saw, keluarga, sahabat serta seluruh umatnya.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang telah ikut serta dalam membantu oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar
2. Bapak Mubarak, Ibu Ratmi selaku kedua orang tua saya yang selalu memberikan dukungan serta doanya yang tidak berujung, sehingga penulis sampai ditahap ini.
3. Ibu Dr. Zulfaidah Ariany. S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir.
4. Bapak Dr. Mohd Ridwan, S.T.,M.T selaku ketua program studi D4 teknologi rekayasa konstruksi perkapalan universitas diponegoro semarang.
5. Dosen dosen Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan yang telah memberikan banyak ilmu,wawasan yang bermanfaat bagi penulis
6. Sahabat dan keluarga hadina, punky family dan teman teman saya yang selalu bersama selama 4 tahun baik dalam perkuliahan maupun kehidupan sehari hari dan selalu memberikan mootivasi untuk lebih baik.

Penulis sepenuhnya menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan keterbatasan ilmu, tenaga, serta waktu yang dimiliki, oleh karena itu koreksi dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata dari saya, semoga laporan ini dapat memberikan ilmu pengetahuan dan teknologi dimasa sekarang maupun mendatang bagi siapapun itu.  
Wassalamualaikum wr.wb.

Semarang, 24 Juni 2026

Muhammad Hafiz Bayhaqie

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	i
<i>Halaman ini sengaja dikosongkan</i> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR ISTILAH.....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan masalah.....	5
1.5 Hipotesis .....	6
1.6 Relevansi atau Manfaat penelitian.....	6
1.7 Luaran tugas akhir .....	7
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1 <i>Harbour tug</i> .....	9
2.2 Lunas kapal ( <i>keel</i> ) .....	10
2.3 Proses <i>undocking (launching)</i> kapal .....	11
2.4 Faktor keamanan ( <i>Safety Factor</i> ).....	11
2.5 Rekayasa distribusi beban dan penambahan plat baja sementara pada keel .....	12
2.6 Regangan .....	13

2.7	Tegangan .....	13
2.8	<i>Finite Element Analysis</i> (FEA) .....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		17
3.1	<i>Flow chart</i> penelitian .....	17
3.2	Tahapan pengerjaan penelitian.....	19
3.2.1	Pengumpulan dan Input Data .....	19
3.2.2	Permodelan Struktur .....	21
3.2.3	Tahap <i>Pre-processing Finite Element Analysis</i> .....	21
3.2.4	Proses <i>Solving</i> Simulasi.....	22
3.2.5	Evaluasi Konvergensi .....	23
3.2.6	Validasi Hasil Analisis .....	24
3.3	Rencana Desain.....	25
3.4	<i>Software</i> Pendukung .....	29
3.4.1	Autodesk Inventor Professional .....	29
3.4.2	ANSYS Workbench.....	30
3.5	Jenis dan pendekatan penelitian.....	30
3.6	Objek dan Lokasi penelitian .....	31
3.7	Variabel Penelitian .....	31
3.8	Teknik pengumpulan data .....	32
3.8.1	Studi literatur .....	32
3.9	Instrumen penelitian .....	34
3.9.1	Perangkat Keras (Hardware) .....	34
3.9.2	Perangkat Lunak (Software).....	34
3.9.3	Data Teknis Penelitian.....	34
3.10.	Kesimpulan dan saran .....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
1.1	Permodelan .....	37
1.1.1	Perencanaan <i>Load spreader</i> .....	39

1.1.2	Detail Elemen Struktur <i>Load spreader</i> .....	42
4.2	Proses Analisis Static Struktural di Ansys Workbench .....	46
4.2.1	Static Structural Option.....	46
4.2.2	<i>Pre-processing</i> .....	47
4.2.3	Solution .....	52
4.2.4	<i>Post-processing</i> .....	56
4.3	Validasi data hasil dari <i>Static Structural</i> .....	56
4.3.1	Grid Independen.....	56
4.3.2	<i>Equivalent (von-Mises) Stress</i> .....	57
4.3.3	Deformasi Total.....	59
4.3.4	<i>Safety Factor</i> .....	61
BAB V KESIMPULAN .....		64
5.1	Kesimpulan .....	64
5.2	Saran .....	65
DAFTAR PUSTAKA .....		66

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Harbourtug</i> .....	9
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	17
Gambar 3.2 <i>General Arrangement Harbourtug</i> .....	27
Gambar 3.3 Rencana Desain Tampak samping .....	28
Gambar 4. 1. Perencanaan Load spreader .....	41
Gambar 4. 2. Detail Plat .....	46
Gambar 4. 3. Static Structural .....	47
Gambar 4. 4 Tahap Pemilihan Geometri .....	49
Gambar 4. 5 Geometri di Ansys .....	50
Gambar 4. 6. Proses Meshing.....	51
Gambar 4. 7. Fixed Support .....	52
Gambar 4. 8 Force .....	53
Gambar 4. 9 Elastic support .....	54
Gambar 4. 10 Solution.....	56
Gambar 4. 11 Stress Maksimum.....	58
Gambar 4. 12 Deformasi Total .....	59

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Dimensional Harbourtug .....	27
Tabel 4. 1. Dimensi Harbout Tug .....	39
Tabel 4. 2 Grid Independen .....	57

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISTILAH

<i>Airbag</i>	:Kantong udara elastis bertekanan tinggi yang digunakan sebagai media tumpuan dan pengguling kapal pada proses peluncuran dari darat ke perairan.
(FEA)	:Metode numerik berbasis diskretisasi elemen untuk menganalisis tegangan, deformasi, dan respons struktur akibat pembebanan tertentu.
Analisis Kuasi-Statik	:Pendekatan analisis yang mengasumsikan beban bekerja secara perlahan sehingga pengaruh inersia dan beban dinamis ekstrem dapat diabaikan.
Area Kontak	:Luas bidang sentuh antara struktur kapal (lunas atau plat baja) dengan <i>airbag</i> selama proses peluncuran.
Beban Kapal	:Gaya berat total kapal yang bekerja akibat massa kapal dan percepatan gravitasi selama proses undocking.
<i>Bollard Pull</i>	:Gaya tarik maksimum yang dapat dihasilkan oleh kapal tugboat dalam kondisi diam.
CB/T 3837-1998	:Standar industri perkapalan yang dikeluarkan oleh China Classification Society (CCS) yang mengatur spesifikasi teknis, perhitungan, dan tata cara penggunaan ship <i>launching airbag</i> .
<i>Contact Stress</i>	:Tegangan lokal yang terjadi pada permukaan kontak antara struktur kapal dan media tumpu akibat gaya tekan.
<i>Cross Over Arrangement</i>	:Pola tata letak <i>airbag</i> dengan posisi saling menyilang yang digunakan ketika panjang <i>airbag</i> lebih pendek dari lebar kapal.

Distribusi Beban	:Pola penyaluran gaya berat kapal ke media tumpuan secara longitudinal dan transversal selama proses peluncuran.
<i>Draft</i>	:Jarak vertikal dari garis air ke titik terendah lunas kapal.
<i>Dry Dock</i>	:Fasilitas permanen berupa kolam tertutup yang dapat dikeringkan untuk keperluan docking kapal.
<i>Elastic Support</i>	:Sistem tumpuan yang memiliki sifat elastis dan mampu mengalami deformasi saat menerima beban, seperti <i>ship launching airbag</i> .
<i>Bar keel</i>	:Profil lunas kapal yang menonjol ke bawah dengan ketinggian relatif besar, umum dijumpai pada kapal <i>harbour tug</i> .
Faktor Keamanan	:Perbandingan antara kekuatan maksimum material dengan tegangan kerja yang terjadi.
Gaya Reaksi <i>Airbag</i>	:Gaya tekan balik yang diberikan <i>airbag</i> kepada struktur kapal sebagai respons terhadap beban kapal.
<i>Harbour Tug</i>	:Jenis kapal tunda yang dirancang untuk operasi di pelabuhan dan perairan dangkal dengan kemampuan manuver dan daya tarik tinggi.
ISO 14409	:Standar internasional yang mengatur aspek keselamatan dan teknis penggunaan marine <i>airbag</i> pada peluncuran kapal.
<i>Keel (Lunas)</i>	:Elemen struktur utama kapal yang terletak memanjang di bagian dasar kapal dan berfungsi sebagai tulang punggung struktur.

Konsentrasi Tegangan	:Kondisi terakumulasinya tegangan tinggi pada area tertentu akibat keterbatasan area kontak atau geometri struktur.
<i>Load spreader</i>	:Elemen struktural yang berfungsi memperluas area kontak agar beban terdistribusi lebih merata dan tekanan lokal berkurang.
<i>Load Spreading Plate</i>	:Plat baja sementara yang dipasang pada bagian bawah lunas kapal untuk mendistribusikan beban kapal ke <i>airbag</i> .
<i>Nonlinear Contact</i>	:Kondisi interaksi antarpermukaan yang melibatkan perubahan area kontak dan sifat material selama pembebanan.
<i>Rolling Effect</i>	:Mekanisme pergerakan kapal pada <i>airbag</i> yang mengubah gaya gesek menjadi gerakan menggulir.
<i>Single Row Arrangement</i>	:Tata letak <i>airbag</i> dalam satu baris sejajar dengan garis tengah kapal.
<i>Slipway</i>	:Landasan miring permanen yang digunakan untuk peluncuran kapal secara gravitasi.
Tekanan Kerja <i>Airbag</i>	:Tekanan udara internal maksimum yang diizinkan di dalam <i>airbag</i> selama proses peluncuran.
<i>Two Row Arrangement</i>	:Tata letak <i>airbag</i> dalam dua baris sejajar untuk kapal dengan lebar besar dan <i>airbag</i> berdiameter relatif kecil.
<i>Undocking (Launching)</i>	: Proses pemindahan kapal dari darat menuju perairan sebagai tahap akhir konstruksi atau setelah perawatan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*