



**PROYEK TUGAS AKHIR  
TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN**

**PERENCANAAN PLAT BAJA SEBAGAI *LOAD SPREADER* PADA  
PELUNCURAN *HARBOUR TUG* BERBASIS SISTEM *AIRBAG***

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

**Disusun Oleh :**

**Magfiroh Chaerul Kania**

**40040422650063**

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

**2026**

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Magfiroh Chaerul Kania  
NIM : 40040422650063  
Fakultas : Sekolah Vokasi  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan  
Judul Penelitian Terapan : Perencanaan Plat Baja Sebagai *Load Spreader* Pada Peluncuran *Harbour Tug* Berbasis Sistem *Airbag*

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, 25 Juni 2026

Pembuat Pernyataan



Magfiroh Chaerul Kania  
40040422650063

**HALAMAN PENGESAHAN  
SEMINAR HASIL PENELITIAN**


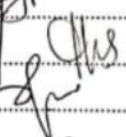

**PERENCANAAN PLAT BAJA SEBAGAI *LOAD SPREADER* PADA PELUNCURAN  
*HARBOUR TUG* BERBASIS SISTEM *AIRBAG***

Oleh :  
**Magfiroh Chaerul Kania**  
**40040422650063**


Diajukan pada  
Sidang Seminar 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  
Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan  
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

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

## ABSTRAK

Metode *ship launching* menggunakan *airbag* banyak diterapkan pada galangan kapal karena lebih fleksibel dan ekonomis dibandingkan metode peluncuran konvensional. Namun, pada kapal dengan karakteristik khusus berupa lunas tinggi (*keel*), luas bidang kontak antara lunas dan *airbag* relatif kecil sehingga berpotensi menimbulkan konsentrasi beban yang tinggi. Kondisi ini dapat meningkatkan tekanan kontak pada *airbag* dan mengurangi tingkat keamanan selama proses peluncuran kapal. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem peluncuran kapal *harbour tug* menggunakan *airbag* berdasarkan standar CB/T 3837 serta mengkaji pengaruh penggunaan plat baja sementara sebagai *load spreader* pada bagian lunas kapal. Penelitian dilakukan melalui pengumpulan data teknis kapal, perhitungan jumlah dan jarak *airbag*, analisis distribusi beban dan tekanan kontak, serta perancangan struktur *load spreader* menggunakan baja AH36. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan plat baja sebagai *load spreader* mampu memperluas area kontak antara lunas dan *airbag*, sehingga distribusi beban menjadi lebih merata dan tekanan kontak yang terjadi dapat dikurangi. Selain itu, penggunaan *load spreader* juga meningkatkan keamanan proses peluncuran dengan menurunkan potensi terjadinya konsentrasi beban pada area lunas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi teknis bagi galangan kapal dalam merencanakan proses peluncuran kapal yang aman dan efektif, khususnya pada kapal dengan karakteristik lunas tinggi.

**Kata kunci:** *ship launching airbag, load spreader, harbour tug*, distribusi beban, tekanan kontak

## ABSTRACT

*Airbag-based ship launching has been widely adopted in shipyards due to its flexibility and cost-effectiveness compared with conventional launching methods. However, for vessels with high-keel (bar keel) configurations, the contact area between the keel and the airbags is relatively small, resulting in high load concentrations. This condition increases the contact pressure acting on the airbags and may reduce the safety of the launching operation. This study aims to design an airbag-based launching system for a harbour tug in accordance with the CB/T 3837 standard and to evaluate the effect of using a temporary steel plate as a load spreader beneath the keel. The study was conducted by collecting the vessel's technical data, determining the required number and spacing of airbags, analyzing load distribution and contact pressure, and designing the load spreader using ASTM A131 Grade AH36 steel. The results indicate that the use of a steel load spreader increases the contact area between the keel and the airbags, resulting in a more uniform load distribution and lower contact pressure. Consequently, the risk of load concentration in the keel area is reduced, leading to improved launching safety. The proposed approach is expected to provide a practical technical reference for shipyards in planning safe and efficient airbag-based launching operations, particularly for vessels with high-keel configurations.*

**Keywords:** *airbag ship launching, load spreader, harbour tug, load distribution, contact pressure.*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb

Alhamdulillah rabbil'alamini segala puji dan syukur saya haturkan kehadirat Allah SWT pencipta alam semesta beserta isinya, atas berkat dan karunia-NYA, sehingga penyusunan tugas akhir ini dengan judul Perencanaan Plat Baja Sebagai *Load Spreader* Pada Peluncuran *Harbour Tug* Berbasis Sistem *Airbag* 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. Kepada Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Bapak Dr. Mohd. Ridwan, S.T., M.T., penulis mengucapkan terimakasih atas kepemimpinan yang Bapak berikan kepada seluruh mahasiswa.
2. Kepada Dosen Pembimbing Ibu Dr. Zulfaidah Ariany, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, serta memberikan ilmu, motivasi, kritik, dan saran yang membangun kepada penulis sejak pelaksanaan mata kuliah Metodologi Penelitian I, Metodologi Penelitian II, hingga penyusunan Tugas Akhir ini. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas waktu, kesabaran, perhatian, serta dedikasi yang telah diberikan selama proses penyelesaian penelitian ini.
3. Kepada Bapak Muhammad Sawal Baital, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Aulia Windyandari, S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik, saran, serta masukan yang membangun selama proses seminar dan sidang tugas akhir. Berbagai arahan yang diberikan menjadi masukan yang sangat berharga dalam penyempurnaan penelitian ini. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas waktu, perhatian, dan ilmu yang telah diberikan.
4. Kepada Ibu Dewi Nuryani, ibu tercinta sekaligus wanita terkuat yang penulis kenal, yang telah mendedikasikan hampir seluruh hidupnya demi keluarga. Meskipun Ibu belum memiliki kesempatan untuk mengenyam pendidikan setinggi-tingginya, Ibu tidak pernah membiarkan keterbatasan tersebut menjadi penghalang bagi anak-anaknya untuk meraih pendidikan dan masa depan yang lebih baik. Penulis selalu mengingat setiap perjuangan Ibu sejak penulis masih kecil, setiap doa yang dipanjatkan, setiap pengorbanan yang disembunyikan, serta setiap usaha yang Ibu lakukan untuk memenuhi kebutuhan dan mewujudkan harapan penulis. Terima kasih karena selalu percaya, menguatkan, dan menjadi tempat pulang di setiap langkah kehidupan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, umur yang penuh keberkahan, serta membalas setiap kebaikan Ibu dengan balasan yang berlipat ganda. Penulis berharap Ibu selalu diberi kekuatan untuk terus mendampingi setiap langkah perjuangan penulis hingga akhir, sebagaimana penulis akan selalu berusaha menjadi alasan di balik senyum dan kebanggaan Ibu.
5. Kepada Bapak Kasbolah, ayah tercinta, yang telah menjadi sosok sederhana dengan cinta yang diwujudkan melalui tindakan, bukan kata-kata. Terima kasih atas setiap kerja keras, pengorbanan, dan perjuangan yang tidak pernah Bapak keluhkan demi memberikan yang terbaik bagi penulis. Penulis selalu mengingat bagaimana Bapak tanpa banyak bicara selalu berusaha memenuhi setiap kebutuhan dan mengusahakan setiap harapan penulis. Di balik lelah yang sering kali tidak terlihat, Bapak rela menahan kantuk, mengorbankan waktu, dan terus bekerja agar penulis dapat terus melangkah hingga menyelesaikan pendidikan ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, kekuatan, umur yang penuh keberkahan, serta membalas setiap tetes keringat dan pengorbanan Bapak dengan pahala yang berlipat ganda.

Penulis berharap dapat menjadi kebanggaan Bapak dan membalas seluruh kasih sayang serta perjuangan yang telah diberikan, meskipun penulis menyadari bahwa semua itu tidak akan pernah sebanding dengan pengorbanan Bapak.

6. Kepada pemilik nim akhir 028, dengan kacamata dan jam tangannya yang tidak pernah tertinggal, yang telah menjadi salah satu bagian penting dalam perjalanan akademik penulis sejak awal perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala waktu, dukungan, doa, motivasi, serta kesediaan untuk selalu menemani penulis dalam setiap proses, baik dalam suka maupun duka. Kehadiran dan semangat yang diberikan menjadi salah satu penguat bagi penulis untuk terus melangkah dan menyelesaikan setiap tahapan perkuliahan. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan terbaik dari Allah SWT, serta setiap cita-cita dan harapan dapat tercapai dengan penuh keberkahan.
7. Kepada adik penulis, Trimas Samudra, terima kasih telah menjadi salah satu alasan bagi penulis untuk terus berjuang dan menyelesaikan pendidikan ini. Semoga setiap cita-cita dan impianmu dapat terwujud. Sebagai seorang kakak, penulis akan selalu berusaha mendampingi, membantu, dan mengusahakan jalan terbaik untukmu, sebagaimana keluarga selalu mengusahakan yang terbaik bagi penulis. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kemudahan, kesehatan, dan keberkahan dalam setiap langkahmu.
8. Jenni Riris Setyowati teman penulis sejak awal masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, semangat, serta bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani perkuliahan hingga proses penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang terbaik dan semoga sukses selalu menyertai setiap langkah ke depannya.
9. Kepada Komang dan Sofhia, teman seperjuangan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, semangat, serta setiap waktu yang telah dilalui bersama selama proses penyusunan skripsi, baik saat berdiskusi maupun mengerjakan tugas di Parjo. Semoga segala perjuangan yang telah kita lalui menjadi langkah awal menuju kesuksesan masing-masing.
10. Kepada seluruh teman-teman Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan angkatan 2022 (NASA), terima kasih atas kebersamaan, dukungan, serta setiap cerita yang telah terukir selama masa perkuliahan. Berawal dari orang-orang yang saling tidak mengenal, kita dipertemukan hingga akhirnya menjadi keluarga kedua yang saling menguatkan dalam suka maupun duka. Semoga tali silaturahmi ini tetap terjaga dan kesuksesan senantiasa menyertai setiap langkah kita.

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, 29 Juni 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....   | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN.....  | ii   |
| ABSTRAK.....   | iii  |
| ABSTRACT.....  | iv   |
| KATA PENGANTAR.....  | v    |
| DAFTAR ISI.....  | vii  |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xi   |
| DAFTAR TABEL .....   | xii  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....  | xiii |
| DAFTAR ISTILAH .....   | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....  | 1    |
| 1.1 Latar belakang .....   | 1    |
| 1.2 Rumusan masalah .....  | 3    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....   | 3    |
| 1.4 Batasan masalah .....  | 3    |
| 1.5 Hipotesis.....   | 4    |
| 1.6 Relevansi atau Manfaat penelitian.....                                       | 4    |
| 1.7 luaran tugas akhir .....   | 4    |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA .....  | 5    |
| 2.1 <i>Harbour tug</i> .....   | 5    |
| 2.2 Lunas kapal ( <i>keel</i> ).....   | 6    |
| 2.3 Proses <i>undocking (launching)</i> kapal.....                               | 6    |
| 2.4 Spesifikasi dan perhitungan <i>airbag</i> sesuai dengan C/BT 3837-2011 ..... | 7    |
| 2.4.1 Tipe <i>layout airbag</i> .....  | 7    |
| 2.4.2 Spesifikasi <i>airbag</i> .....  | 9    |
| 2.4.3 Rumus perhitungan jumlah <i>airbag</i> .....                               | 10   |
| 2.4.4 Rumus penentuan jarak antar <i>airbag</i> .....                            | 10   |
| 2.5 Material AH36 .....  | 10   |
| 2.5.1 Sifat mekanik .....  | 10   |
| 2.6 Rekayasa distribusi beban dan penambahan plat baja sementara pada keel ..... | 11   |
| 2.7 Regangan.....  | 11   |
| 2.8 Tegangan.....  | 11   |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....   | 13   |

|                                  |   |    |
|----------------------------------|---|----|
| 3.1                              | Flowchart Penelitian .....  | 13 |
| 3.2                              | Tahapan pengerjaan penelitian .....   | 14 |
| 3.1.1                            | Identifikasi Masalah .....  | 14 |
| 3.1.2                            | Studi literatur.....  | 14 |
| 3.1.3                            | Studi lapangan.....   | 14 |
| 3.1.4                            | Perhitungan, <i>airbag</i> , dan distribusi beban.....                          | 14 |
| 3.1.5                            | Kemampuan <i>Airbag</i> dan Plat Baja Sementara dalam Menahan Beban Kapal ..... | 15 |
| 3.1.6                            | Analisis dan Pembahasan Hasil.....  | 15 |
| 3.3                              | Rencana Desain .....  | 15 |
| 3.4                              | <i>Software</i> Pendukung .....   | 17 |
| 3.5                              | Rencana konfigurasi <i>airbag</i> .....   | 17 |
| 3.6                              | Jenis dan pendekatan penelitian.....  | 18 |
| 3.7                              | Pendekatan dan batasan pembebanan .....   | 18 |
| 3.6.1                            | Batasan pembebanan .....  | 18 |
| 3.6.2                            | Standar teknis yang digunakan.....  | 18 |
| 3.8                              | Objek dan Lokasi penelitian .....   | 18 |
| 3.8.1                            | Objek penelitian.....   | 18 |
| 3.8.2                            | Lokasi penelitian .....   | 19 |
| 3.9                              | Variabel Penelitian.....  | 19 |
| 3.10                             | Teknik pengumpulan data.....  | 19 |
| 3.11                             | Instrumen penelitian .....  | 19 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... |   | 21 |
| 4.1                              | Pendahuluan .....   | 21 |
| 4.2                              | Data teknis kapal dan parameter perancangan.....                                | 21 |
| 4.2.1                            | Data Utama Kapal .....  | 21 |
| 4.2.2                            | Data awal geometri <i>load spreader</i> .....                                   | 21 |
| 4.2.3                            | Spesifikasi Material Baja <i>Grade AH36</i> .....                               | 22 |
| 4.3                              | Karakteristik <i>Keel</i> Dan Permasalahan Distribusi Beban.....                | 22 |
| 4.3.1                            | Deskripsi Geometri <i>Keel</i> Dan Implikasinya.....                            | 22 |
| 4.3.2                            | Penetapan $L_d$ <i>Load spreader</i> .....                                      | 22 |
| 4.3.3                            | Penetapan $L_d$ dengan <i>load spreader</i> .....                               | 23 |
| 4.3.4                            | Potensi Mode Kegagalan Tanpa <i>Load spreader</i> .....                         | 24 |
| 4.4                              | Konversi Berat Kapal Dan Beban Desain.....                                      | 24 |
| 4.4.1                            | Konversi <i>Lightship Weight</i> Ke Gaya Vertikal.....                          | 24 |
| 4.4.2                            | Beban Desain Total ( Termasuk Berat <i>Load spreader</i> ).....                 | 24 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.4.3  | Koefisien Blok pada kondisi <i>launching</i> .....                            | 25 |
| 4.5    | Analisis Luas area Distribusi Beban .....                                     | 26 |
| 4.5.1  | Analisis Kondisi Tanpa <i>Load spreader</i> .....                             | 26 |
| 4.5.2  | Analisis kondisi dengan <i>load spreader</i> .....                            | 26 |
| 4.6    | Perhitungan jumlah <i>airbag</i> .....  | 26 |
| 4.6.1  | Data dan spesifikasi <i>airbag</i> .....                                      | 26 |
| 4.6.2  | Persamaan jumlah <i>airbag</i> ( CB/T 3837) .....                             | 27 |
| 4.6.3  | Konfigurasi penataan <i>airbag</i> pada metode <i>end launching</i> .....     | 27 |
| 4.6.4  | Perhitungan jumlah <i>airbag</i> dan tekanan tanpa <i>load spreader</i> ..... | 28 |
| 4.6.5  | Perhitungan jumlah <i>airbag</i> dengan <i>load spreader</i> .....            | 29 |
| 4.6.6  | Perbandingan efisiensi jumlah <i>airbag</i> .....                             | 31 |
| 4.7    | Perhitungan jarak <i>airbag</i> .....   | 31 |
| 4.7.1  | Perhitungan jarak tanpa <i>load spreader</i> .....                            | 32 |
| 4.7.2  | Perhitungan jarak dengan <i>load spreader</i> .....                           | 33 |
| 4.7.3  | Hasil akhir validasi jarak <i>airbag</i> .....                                | 33 |
| 4.8    | Jenis desain dan konsep struktural <i>load spreader</i> .....                 | 34 |
| 4.8.1  | Struktural dan referensi perancangan .....                                    | 34 |
| 4.8.2  | Dasar Penentuan dimensional <i>Load spreader</i> .....                        | 35 |
| 4.8.3  | Desain peralatan luncur .....   | 36 |
| 4.8.4  | Spacing .....   | 37 |
| 4.8.5  | Komponen struktur <i>Load spreader</i> .....                                  | 37 |
| 4.9    | Data perancangan dan penentuan beban distribusi struktur .....                | 39 |
| 4.9.1  | Data berat dan gaya vertikal total .....                                      | 39 |
| 4.9.2  | Dimensi dan luas bidang <i>load spreader</i> .....                            | 39 |
| 4.9.3  | Material baja .....   | 39 |
| 4.9.4  | Beban distribusi ekuivalen pada <i>load spreader</i> .....                    | 40 |
| 4.10   | Perhitungan <i>design pressure</i> .....                                      | 41 |
| 4.11   | Dasar perhitungan balok .....   | 41 |
| 4.12   | Scantling longitudinal stiffener dengan ukuran T 150 x 150 x 7x 10 mm .....   | 42 |
| 4.12.1 | Geometri penampang .....  | 42 |
| 4.12.2 | Beban garis, gaya geser, dan momen lentur .....                               | 43 |
| 4.12.3 | Section modulus minimum .....   | 44 |
| 4.12.4 | Verifikasi Tegangan lentur aktual .....                                       | 44 |
| 4.12.5 | Verifikasi Tegangan geser aktual .....  | 44 |
| 4.12.6 | Verifikasi tambahan berdasarkan BKI sec.9 .....                               | 44 |

|                                 |   |    |
|---------------------------------|---|----|
| 4.13                            | Scantling Transverse Frame untuk H 200 x 200 x 8 x 12 mm.....                   | 45 |
| 4.13.1                          | Geometri Penampang.....   | 45 |
| 4.13.2                          | Beban garis, gaya geser dan momen lentur.....                                   | 47 |
| 4.13.3                          | Verifikasi .....  | 49 |
| 4.14                            | Klasifikasi elemen langsing dan tak langsing berdasarkan SNI 1729:2020.....     | 49 |
| 4.14.1                          | Profil T 150 X 150 X 7 X 10 mm .....  | 50 |
| 4.14.2                          | Profil H 200 X 200 X 8 X 12 mm.....   | 51 |
| 4.14.3                          | Profil C 150 X 150 X 75 X 9 X 12,5 mm .....                                     | 51 |
| 4.15                            | Analisa tekuk vertikal leg dan X – Bracing berdasarkan SNI 1729:2020 Bab E..... | 51 |
| 4.15.1                          | Data material dan faktor desain .....   | 52 |
| 4.15.2                          | Analisa vertikal leg tanpa intermediate bracing.....                            | 53 |
| 4.15.3                          | Vertikal leg dengan intermediate bracing .....                                  | 54 |
| 4.15.4                          | Perbandingan kapasitas vertical leg .....                                       | 55 |
| 4.15.5                          | Evaluasi beban aksial pada vertical leg.....                                    | 55 |
| 4.15.6                          | Analisis X-Bracing profil C .....   | 56 |
| 4.16                            | Rekapitulasi hasil evaluasi konfigurasi sistem peluncuran.....                  | 58 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... |   | 59 |
| 5.1                             | Kesimpulan.....   | 59 |
| 5.2                             | Saran.....  | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA .....            |   | 61 |
| LAMPIRAN.....                   |   | 65 |
| BIODATA PENULIS .....           |   | 72 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Harbour tug Sumber: Dokumen pribadi .....                        | 5  |
| Gambar 2.2 Layout Single Row Arrangement .....                              | 8  |
| Gambar 2.3 Layout Over Arrangement.....                                     | 8  |
| Gambar 2.4 Layout Two Row Arrangement .....                                 | 9  |
| Gambar 3 1 Flowchart Penelitian.....  | 13 |
| Gambar 3 2Rencana desain tampak samping Sumber: Dokumen pribadi .....       | 16 |
| Gambar 3 3Software pendukung AutoCAD.....                                   | 17 |
| Gambar 3 4Dimensional airbag Sumber: Dokumen pribadi .....                  | 17 |
| Gambar 4.1 Kontak keel dengan aibag tanpa <i>load spreader</i> .....        | 23 |
| Gambar 4.2 Kontak keel dengan airbag menggunakan <i>load spreader</i> ..... | 23 |
| Gambar 4.3 Konfigurasi linear arrangement.....                              | 28 |
| Gambar 4.4 Kontak keel dengan airbag tanpa <i>load spreader</i> .....       | 28 |
| Gambar 4.5 Kontak keel dengan airbag menggunakan <i>load spreader</i> ..... | 30 |
| Gambar 4.6 Model <i>load spreader</i> secara keseluruhan .....              | 36 |
| Gambar 4.7 Model <i>load spreader</i> 3D .....                              | 36 |
| Gambar 4.8 Model <i>load spreader</i> tampak samping .....                  | 36 |
| Gambar 4.9 Komponen struktur <i>load spreader</i> .....                     | 38 |
| Gambar 4.10 Dimensional scantling longitudinal stiffene .....               | 42 |
| Gambar 4.11 Dimensional scantling transverse frame.....                     | 45 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi airbag .....   | 9  |
| Tabel 2.2 Spesifikasi airbag .....   | 9  |
| Tabel 2.3 Sifat material AH36.....   | 10 |
| Tabel 3.1 Dimensional harbourtug .....   | 16 |
| Tabel 3.2 Data airbag .....  | 17 |
| Tabel 4.1 Data utama kapal harbour tug.....                                      | 21 |
| Tabel 4.2 Data awal geometri load spreader .....                                 | 21 |
| Tabel 4.3 Potensi mode kegagalan tanpa load spreader .....                       | 24 |
| Tabel 4.4 Data dan spesifikasi airbag.....                                       | 26 |
| Tabel 4.5 Konfigurasi perhitungan airbag.....                                    | 28 |
| Tabel 4.6 Konfigurasi perhitungan airbag.....                                    | 30 |
| Tabel 4.7 Perbandingan efesiensi jumlah airbag .....                             | 31 |
| Tabel 4. 8 Hasil akhir validasi jarak airbag .....                               | 33 |
| Tabel 4. 9 Spesifikasi load spreader .....                                       | 35 |
| Tabel 4. 10 Dasar penentuan spacing .....  | 37 |
| Tabel 4.11 Rincian komponen struktur load spreader .....                         | 38 |
| Tabel 4.12 Dimensional load spreader .....                                       | 39 |
| Tabel 4. 13 Spesifikasi material baja.....                                       | 39 |
| Tabel 4.14 Spesifikasi profil T .....  | 42 |
| Tabel 4. 15 Spesifikasi profil H.....  | 45 |
| Tabel 4.16 Spesifikasi vertikal leg tanpa intermediate bracing .....             | 53 |
| Tabel 4. 17 Spesifikasi vertikal leg dengan intermediate bracing .....           | 54 |
| Tabel 4.18 Dimensional X-Bracing profil C .....                                  | 56 |
| <u>Tabel 4.19</u> Rekapitulasi hasil evaluasi konfigurasi sistem peluncuran..... | 58 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1 Dimensional Load Spreader .....                     | 65 |
| Lampiran 2 Detail Plat Load Spreader .....                     | 66 |
| Lampiran 3 Berkas Paper Atau Artikel Ilmiah .....              | 67 |
| Lampiran 4 Draft Paten Sederhana .....                         | 68 |
| Lampiran 5 Keterangan Bebas Plagiasi .....                     | 69 |
| Lampiran 6 kontak keel dengan airbag tanpa load spreader ..... | 70 |
| Lampiran 7 kontak keel dengan penambahan load spreader .....   | 71 |

## 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                     | :Standar industri perkapalan yang dikeluarkan oleh China Classification Society (CCS) yang mengatur spesifikasi teknis, perhitungan, dan tata cara penggunaan ship launching <i>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 ship launching <i>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</i> (Lunas)           | :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.                                  |

*Two Row Arrangement*

:Tata letak *airbag* dalam dua baris sejajar untuk kapal dengan lebar besar dan *airbag* berdiameter relatif kecil.

*Undocking (Launching)*

: Proses pemindahan kapal dari darat menuju perairan sebagai tahap akhir konstruksi atau setelah perawatan.