

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Peluncuran kapal (*Ship launching*) menjadi fase penting dalam proses pembuatan dan pemeliharaan kapal. Fase menandai transisi dari konstruksi saat didaratan menuju posisi terapung di perairan, dimana kegagalan pada fase ini dapat menyebabkan kerusakan struktur dan risiko keselamatan yang serius serta berdampak pada biaya dan waktu produksi (Abdullah & Sarena, 2024). Oleh karena itu, pemilihan dan perancangan metode peluncuran harus dilakukan secara hati-hati dan berbasis analisis rekayasa yang memadai (Sugeng et al., 2020).

Berbagai metode peluncuran kapal telah diterapkan di industri galangan, di antaranya *longitudinal slipway*, *floating-out*, metode mekanis menggunakan *crane* atau *synchrolift*, serta metode *modern* menggunakan *ship launching airbag* (Filho et al., 2021). Metode slipway dan dry dock memberikan tingkat kontrol dan keselamatan yang baik selama proses peluncuran. Akan tetapi, kedua metode tersebut memerlukan investasi infrastruktur yang besar, lahan khusus, serta biaya pembangunan dan pemeliharaan yang tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan penggunaannya kurang ekonomis bagi galangan kapal skala kecil hingga menengah atau galangan yang beroperasi pada lahan sewa (Hendra Gonawan et al., 2023).

Metode *ship launching airbag* berkembang sebagai alternatif yang lebih fleksibel dan ekonomis. Sistem ini tidak memerlukan *slipway* permanen, mampu mengurangi kebutuhan *man-hour*, serta meningkatkan efisiensi waktu peluncuran (Abdullah & Sarena, 2024). Prinsip kerjanya memanfaatkan kantong udara elastis yang ditempatkan secara sistematis di bawah badan kapal untuk menopang sekaligus menggulirkan kapal menuju perairan. *Airbag* modern yang tersusun atas lapisan karet dan serat kord bertekanan tinggi mampu menopang kapal dengan kapasitas hingga puluhan ribu ton, sehingga penggunaannya semakin luas pada berbagai jenis kapal (Dzulfiqar et al., 2024).

Metode *airbag* memanfaatkan kantong udara elastis yang ditempatkan secara sistematis di bawah badan kapal untuk mendukung dan menggulirkan kapal menuju air. Mekanisme menjadi solusi yang lebih hemat dan adaptif dibandingkan metode peluncuran konvensional berupa *slipway* (Dzulfiqar et al., 2024). *Airbag* modern, yang tersusun dari lapisan *kord* dan karet bertekanan tinggi, mampu menopang kapal hingga puluhan ribu ton dan telah digunakan untuk peluncuran kapal hingga 70.000 DWT.

Keberhasilan peluncuran menggunakan *airbag* sangat bergantung pada ketepatan perencanaan jumlah, ukuran, kapasitas, serta jarak antarairbag. Perhitungan tersebut umumnya mengacu pada standar CB/T 3837 dan ISO 14409:2011 untuk memastikan distribusi beban berlangsung secara aman (Dzulfiqar et al., 2024). Penelitian (Subkhan, 2025) menunjukkan bahwa metode ini menjadi pilihan yang populer karena efisiensi biaya dan fleksibilitas lokasi operasinya, terutama pada galangan yang tidak memiliki fasilitas *slipway* permanen. Pemilihan ukuran dan kapasitas airbag juga harus disesuaikan dengan dimensi serta berat kapal agar proses peluncuran dapat berlangsung dengan aman.

Metode *ship launching airbag* masih dikategorikan sebagai operasi dengan tingkat risiko yang tinggi (Timothy et al., 2023). Berbagai keunggulan yang dimiliki metode ini belum sepenuhnya mampu menghilangkan potensi risiko selama proses peluncuran kapal. Penelitian oleh Timothy mengungkapkan adanya potensi bahaya, antara lain kegagalan *airbag* akibat tekanan berlebih atau beban yang melebihi kapasitasnya, timbulnya konsentrasi tegangan lokal yang dapat menyebabkan deformasi hingga kerusakan pada struktur lambung kapal, serta berkurangnya stabilitas kapal yang berisiko menyebabkan kapal miring atau terbalik akibat distribusi tumpuan yang tidak merata. Selain itu, kegagalan *airbag* dalam

menahan beban juga dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja yang membahayakan keselamatan personel di area peluncuran.

Kajian mekanika menunjukkan bahwa gaya reaksi *airbag*, distribusi beban, dan tekanan internal bersifat dinamis selama proses peluncuran dan sangat dipengaruhi oleh tata letak *airbag*, karakteristik struktur kapal, serta kondisi landasan peluncuran (Liu & Yu, 2022). Perencanaan konfigurasi *airbag* yang tepat menjadi faktor penting dalam menjaga kestabilan kapal sekaligus mencegah terjadinya konsentrasi beban pada area tertentu..

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Subkhan, 2025) menunjukkan bahwa gaya reaksi *airbag*, distribusi beban dan tekanan internal berubah secara dinamis selama proses peluncuran, sehingga pemahaman terhadap respons sistem *airbag* menjadi kunci untuk menjamin stabilitas dan keamanan operasi peluncuran. Menurut (Mzulfiqar et al., 2024) pada jurnalnya menunjukkan bahwa perhitungan jumlah dan jarak antar *airbag* berdasarkan standar CB/T 3837, yang telah diterapkan dalam peluncuran kapal tongkang, sangat penting untuk mengatur parameter teknis peluncuran sehingga meminimalkan risiko kegagalan saat kapal mulai bergerak ke perairan.

Permasalahan distribusi beban menjadi semakin kompleks pada kapal yang memiliki karakteristik lunas khusus, seperti kapal kayu Pinisi maupun *harbour tug* dengan lunas tinggi (*bar keel*). Geometri lunas yang menonjol menyebabkan bidang kontak antara kapal dan *airbag* menjadi lebih sempit sehingga beban terpusat pada area tertentu. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan tekanan lokal yang tinggi, meningkatkan risiko kerusakan pada struktur lunas, merusak media tumpu, serta mengurangi stabilitas kapal selama proses peluncuran (Noegraha et al., 2025).

Penelitian (Noegraha et al., 2025) menunjukkan bahwa peluncuran kapal dengan karakteristik lunas tinggi menghasilkan konsentrasi tegangan yang cukup besar pada beberapa bagian struktur kapal. Hasil tersebut mengindikasikan perlunya penggunaan elemen penyebar beban (*load spreading element*) yang mampu memperluas bidang kontak antara lunas dan *airbag*. Bidang kontak yang lebih luas akan menghasilkan distribusi beban yang lebih merata sehingga tekanan lokal pada struktur kapal maupun *airbag* dapat dikurangi.

Kondisi tersebut banyak dijumpai pada galangan kapal di Indonesia yang memiliki keterbatasan fasilitas dan umumnya hanya menggunakan *airbag*, *crane*, serta landasan sederhana tanpa *slipway* permanen (Denev, 2025). Pengaturan distribusi beban pada saat proses peluncuran menjadi aspek yang sangat penting, terutama untuk kapal dengan lunas tinggi. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan plat baja sementara di bawah lunas sebagai *load spreading element*. Plat baja tersebut berfungsi memperbesar luas bidang kontak sehingga gaya reaksi dari *airbag* dapat tersebar lebih merata, tekanan lokal berkurang, dan kestabilan kapal selama proses peluncuran meningkat. Konsep penyebaran beban menggunakan elemen perantara juga telah direkomendasikan dalam pengembangan sistem peluncuran berbasis *airbag* untuk mengurangi risiko kerusakan lokal pada struktur bawah kapal (Noegraha et al., 2025).

Menjawab permasalahan yang telah diidentifikasi, kajian rekayasa yang komprehensif mengenai distribusi beban pada proses peluncuran kapal *harbour tug* berlunas tinggi menggunakan *ship launching airbag* berdasarkan standar CB/T 3837-1998 dengan penambahan plat baja sementara sebagai *load spreading element* menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi teknis mengenai konfigurasi sistem peluncuran yang lebih aman dan aplikatif bagi galangan kapal dengan keterbatasan fasilitas, sekaligus memperkaya kajian ilmiah mengenai optimalisasi distribusi beban pada peluncuran kapal menggunakan *airbag*.

1.2 Rumusan masalah

Bedasarkan uraian tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana distribusi beban dan tekanan kontak pada proses peluncuran kapal *harbour tug* berlunas tinggi yang menggunakan *ship launching airbag*, jika direncanakan berdasarkan standar CB/T 3837?
2. Bagaimana pengaruh penambahan plat baja sementara pada lunas terhadap perubahan distribusi beban dan penurunan konsentrasi beban lokal/tekanan pada *ship launching airbag* dibandingkan konfigurasi tanpa plat?
3. Apakah konfigurasi sistem tumpuan yang dirancang (*airbag*, plat baja, lunas) telah memenuhi kriteria keselamatan struktur berdasarkan batas tekanan kerja *airbag* sesuai CB/T 3837, verifikasi kekuatan struktur berdasarkan SNI 1729:2020, serta faktor keamanan sehingga layak diterapkan pada galangan kapal dengan keterbatasan fasilitas?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Merencanakan parameter teknis peluncuran kapal *harbour tug* berlunas tinggi menggunakan metode *ship launching airbag* berdasarkan ketentuan standar CB/T 3837
2. Mengevaluasi efektivitas penambahan plat baja sementara pada lunas sebagai *load spreading element* dalam mereduksi konsentrasi tegangan lokal dan meningkatkan kestabilan struktur kapal selama peluncuran.
3. Menyusun rekomendasi teknis yang aplikatif dan memenuhi kriteria keselamatan struktur berdasarkan batas tekanan kerja *airbag* sesuai CB/T 3837, verifikasi kekuatan struktur berdasarkan SNI 1729:2020, serta faktor keamanan, terkait konfigurasi sistem peluncuran kapal *harbour tug* berlunas tinggi bagi galangan kapal dengan keterbatasan fasilitas.

1.4 Batasan masalah

Agar pembahasan penelitian terfokus dan terarah, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada tahap *undocking (launching)* kapal dari darat menuju perairan, tidak mencakup tahap *docking* ulang atau operasi pelayaran.
2. Objek penelitian adalah kapal *harbour tug* dengan profil lunas tinggi, sesuai dengan kondisi kapal pada studi kasus
3. Metode peluncuran yang dikaji hanya menggunakan *ship launching airbag* berdasarkan standar CB/T 3837, tanpa melibatkan *slipway*, *dry dock*, atau *cradle* permanen
4. Penambahan struktur yang dianalisis terbatas pada plat baja sementara yang dilas pada bagian bawah lunas, dan tidak mencakup modifikasi struktur permanen kapal.
5. Analisis dilakukan dengan pendekatan statik dan kuasi-statik, dengan mengabaikan pengaruh gelombang, arus laut, dan beban dinamis ekstrem
6. Parameter material *airbag*, plat baja, dan berat kapal diasumsikan merata.
7. Penelitian ini tidak membahas aspek biaya, ekonomi, maupun analisis kelayakan finansial, dan difokuskan pada evaluasi teknis serta aspek keselamatan distribusi beban selama proses *launching*.

1.5 Hipotesis

Penambahan plat baja sementara pada bagian lunas kapal *harbour tug* yang memiliki profil lunas tinggi diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja sistem *ship launching airbag* selama proses *undocking*. Keberadaan plat baja tersebut berfungsi sebagai elemen penyebar beban (*load spreader*) yang mampu memperluas bidang kontak antara lunas kapal dan *airbag*, sehingga distribusi beban yang bekerja menjadi lebih merata. Dengan meningkatnya luas area tumpuan, tekanan kontak yang diterima oleh masing-masing *airbag* diperkirakan menurun, yang pada akhirnya dapat mengurangi risiko konsentrasi beban lokal serta deformasi struktural selama proses *undocking* berlangsung. Oleh karena itu, konfigurasi *ship launching airbag* dengan penambahan plat baja sementara pada lunas diperkirakan mampu meningkatkan keselamatan dan efektivitas peluncuran kapal *harbour tug* berlunas tinggi dibandingkan dengan konfigurasi tanpa penambahan plat baja.

1.6 Relevansi atau Manfaat penelitian

Penelitian ini relevan dalam bidang perkapalan, khususnya rekayasa proses *docking* dan *undocking (launching)* kapal dengan keterbatasan fasilitas galangan, karena memberikan kontribusi teoritis terhadap kajian distribusi beban pada peluncuran kapal *harbour tug* berprofil lunas tinggi melalui interaksi struktur kapal, plat baja sementara pada *keel*, dan *airbag*. Penelitian ini juga mendukung penerapan standar CB/T 3837 sebagai acuan perhitungan kapasitas, tekanan kerja, dan jumlah optimal *airbag*. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan solusi teknis bagi galangan kapal, untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi *launching* melalui distribusi beban yang lebih merata, serta menjadi panduan bagi praktisi perkapalan dalam perencanaan dan pelaksanaan peluncuran kapal yang aman. Bagi penulis dan akademisi, penelitian ini menjadi referensi dan dasar pengembangan studi lanjutan di bidang teknik peluncuran kapal berbasis *airbag*.

1.7 luaran tugas akhir

Luaran dari pelaksanaan penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti berupa :

1. Publikasi pada jurnal terakreditasi internasional (status submit : dengan judul Design and Modeling of a Steel Load Spreader for Harbour Tug Launching Using Airbags)
2. Draft PATEN sederhana