

# Analisis Perhitungan Kebutuhan Airbag pada Launching Kapal Tongkang 270 FT Berdasarkan Standard CB/T 3837-1998

Sri Puji Astuti<sup>\*1</sup>, Tiwi Gustria Ningsih 1<sup>\*</sup> and Ihsan Saputra 2<sup>\*</sup>

\* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

<sup>1</sup>E-mail: sripujiastuti9604@gmail.com

## Abstrak

Peluncuran kapal merupakan tahapan penting dalam proses pembangunan kapal yang memerlukan perencanaan teknis yang matang. Metode *airbag* saat ini menjadi pilihan utama di berbagai galangan karena lebih fleksibel dan ekonomis, namun tetap memerlukan perhitungan yang cermat karena kesalahan dalam menentukan jumlah dan jarak *airbag* berpotensi memicu kondisi kritis seperti *tipping*, *dropping*, hingga *stern lift* yang membahayakan keselamatan peluncuran. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebutuhan *airbag* pada peluncuran kapal tongkang 270 FT berdasarkan standard CB/T 3837-1998 sebagai acuan utama dan membandingkannya dengan standard ISO 17682:2013, meliputi perhitungan jumlah *airbag*, jarak antar *airbag*, serta penentuan tata letak penempatannya. Data bersumber dari dokumen teknis resmi galangan berupa *General Arrangement*, data hidrostatis, serta spesifikasi *airbag* berdiamter 1,8 meter dengan panjang kerja 12 meter sebanyak 8 lapis. Setelah data teknis tersebut diperoleh, dengan pendekatan kuantitatif diterapkan melalui serangkaian perhitungan teknis untuk menghasilkan rekomendasi susunan *layout* penempatan *airbag* yang paling sesuai pada proses peluncuran kapal tongkang 270 FT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa standard CB/T 3837-1998 menghasilkan kebutuhan 37 unit *airbag* dengan jarak 2,286-3,326 meter, sedangkan standard ISO 17682:2013 menghasilkan 38 unit dengan jarak 2,224-3,126 meter, dengan tipe *layout cross over arrangement* pada kedua standar. Standard CB/T 3837-1998 direkomendasikan sebagai acuan utama karena pendekatannya lebih rinci dengan memperhitungkan faktor keselamatan yang lebih lengkap.

**Kata kunci:** *Airbag Launching*, Kapal Tongkang 270 FT, Standard CB/T 3837-1998, Standard ISO 17682:2013

## Abstract

*Ship launching is an important stage in the shipbuilding process that requires careful technical planning. The airbag method has become the primary choice in various shipyards due to its flexibility and cost-effectiveness, however it still requires precise calculations since errors in determining the number and spacing of airbags can potentially trigger critical conditions such as tipping, dropping, and stern lift that endanger the safety of the launching process. This study aims to analyze the airbag requirements for the launching of a 270 FT barge based on the CB/T 3837-1998 standard as the main reference and compare it with the ISO 17682:2013 standard, covering the calculation of the number of airbags, spacing between airbags, and determination of the placement layout. Data were obtained from official technical documents of the shipyard, including the General Arrangement, hydrostatic data, and airbag specifications with a diameter of 1.8 meters, working length of 12 meters, and 8 layers. Once the technical data were obtained, a quantitative approach was applied through a series of technical calculations to produce recommendations for the most suitable airbag placement layout for the launching process of the 270 FT barge. The results show that the CB/T 3837-1998 standard requires 37 airbag units with a spacing of 2.286-3.326 meters, while the ISO 17682:2013 standard requires 38 units with a spacing of 2.224-3.126 meters, with a cross over arrangement layout applicable for both standards. The CB/T 3837-1998 standard is recommended as the primary reference as it produces a more detailed approach by considering more comprehensive safety factors.*

**Keywords:** *Airbag Launching*, 270 FT Barge, CB/T 3837-1998 Standard, ISO 17682:2013 Standard

## 1 Pendahuluan

Peluncuran kapal merupakan tahapan pemindahan badan kapal dari area konstruksi menuju perairan yang memerlukan perencanaan teknis yang matang. Metode *airbag* menjadi pilihan utama karena lebih efisien, fleksibel, dan hemat biaya dibandingkan metode konvensional seperti *slipway* atau *dok gravitasi* [1]. Namun kenyataannya, masih terdapat galangan yang melaksanakan proses peluncuran hanya berdasarkan pengalaman kerja turun-temurun tanpa mengacu pada standar teknis yang berlaku, termasuk pada galangan tempat penelitian ini dilakukan, sehingga proses peluncuran berisiko mengalami kegagalan yang merugikan pihak galangan maupun pemilik kapal.

Menurut Kementerian Perindustrian, Indonesia saat ini memiliki sekitar 250 perusahaan galangan kapal yang sebagian besarnya telah menggunakan teknologi *airbag*. Meskipun demikian, praktik di lapangan masih menyimpan permasalahan serius, bahkan hingga saat ini belum ada badan asuransi yang berani menanggung risikonya. Apabila perhitungan jumlah dan jarak *airbag* tidak dilakukan dengan benar, proses peluncuran berpotensi mengalami kondisi kritis seperti *tipping*, *dropping*, hingga *stern lift* [2]. Hal ini diperkuat oleh [3] yang menyatakan bahwa tekanan kerja *airbag* harus diperhitungkan dengan cermat karena berpengaruh langsung terhadap daya dukung *airbag*, dan [4] yang menegaskan bahwa identifikasi risiko sejak tahap perencanaan sangat diperlukan untuk mencegah kecelakaan selama peluncuran berlangsung.

Oleh karena itu, diperlukan acuan perhitungan yang terstandar. Terdapat dua standar utama yang umum digunakan, yaitu standard CB/T 3837-1998 yang telah banyak diterapkan di galangan Asia termasuk Indonesia, serta standard ISO 17682:2013 yang merupakan standar internasional hasil pengembangan dari standard CB/T 3837-1998 [5][6]. Penerapan kedua standar ini sebagai acuan dan pembanding telah dilakukan oleh [5] dalam perencanaan peluncuran kapal penumpang, serta oleh [2] dalam analisis kebutuhan *airbag* untuk proses *docking* dan *undocking* kapal tongkang.

Beberapa penelitian terdahulu juga telah membahas topik yang berkaitan. [7] melakukan kajian eksperimental peluncuran kapal menggunakan *airbag* namun belum membahas perhitungan berdasarkan standar teknis tertentu. [8] menggunakan pendekatan numerik untuk mengevaluasi susunan *airbag* pada tongkang namun belum merujuk pada standard CB/T 3837-1998. [9] telah menghitung jumlah dan jarak *airbag* pada tongkang 330 FT berdasarkan standard CB/T 3837-1998 dengan data lapangan, namun objek kajiannya berbeda dari sisi ukuran kapal. [2] juga mengkaji kebutuhan *airbag* untuk tongkang yang menunjukkan bahwa penentuan jumlah *airbag* sangat bergantung pada berat kapal dan spesifikasi *airbag*, serta [4] menegaskan tingginya risiko peluncuran *airbag* tanpa perhitungan terstruktur.

Berdasarkan kajian tersebut, belum ada penelitian yang secara khusus mengkaji kebutuhan *airbag* pada peluncuran kapal tongkang 270 FT dengan spesifikasi *airbag* diameter 1,8 meter, panjang kerja 12 meter sebanyak 8 lapis, serta ketinggian 1,1 meter. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini, di mana perhitungan dilakukan menggunakan standard CB/T 3837-1998 sebagai acuan utama dan dibandingkan dengan standar ISO 17682:2013 [6] sebagai pembanding, agar dapat diketahui standar mana yang paling sesuai untuk diterapkan pada proses peluncuran kapal tongkang 270 FT.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kebutuhan *airbag* pada proses peluncuran kapal tongkang berukuran 270 FT berdasarkan standard CB/T 3837-1998 dan membandingkannya dengan standard ISO 17682:2013, meliputi perhitungan jumlah *airbag*, jarak antar *airbag*, serta penentuan *layout* penempatan *airbag* yang paling sesuai. Hasil dari analisis tersebut selanjutnya digunakan untuk merumuskan rekomendasi standar yang paling tepat untuk diterapkan sebagai acuan teknis pada proses peluncuran kapal tongkang 270FT secara aman dan efektif.

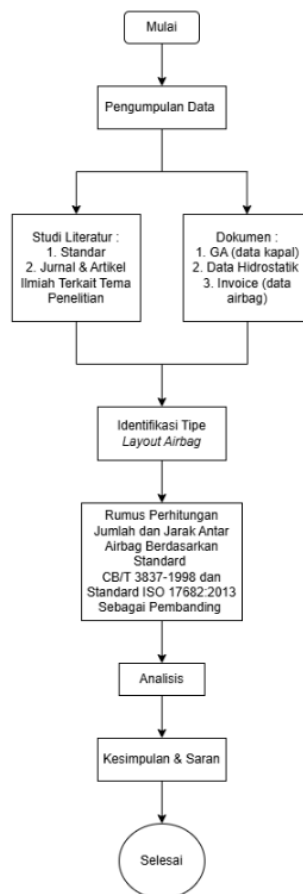
Agar pembahasan dalam penelitian ini lebih terarah, maka diberikan beberapa batasan masalah. Penelitian ini hanya difokuskan pada kapal tongkang dengan berukuran 270 FT dan tidak mencakup jenis kapal lainnya. Metode peluncuran yang di analisis terbatas pada penggunaan *airbag launching* tanpa membandingkan dengan metode peluncuran lainnya. Penelitian ini juga tidak membahas secara rinci terkait analisa biaya maupun proses pembangunan kapal, melainkan hanya berfokus pada tahap peluncuran. Selain itu, penelitian ini tidak mencakup tahap implementasi di lapangan, sehingga seluruh hasil perhitungan yang diperoleh bersifat sebagai rekomendasi teknis yang dapat dijadikan acuan bagi galangan dalam merencanakan proses peluncuran kapal tongkang 270 FT di masa yang akan datang.

## 2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini merujuk dengan pendekatan kuantitatif melalui perhitungan teknis yang sistematis berdasarkan standard CB/T 3837-1998 dan standard ISO 17682:2013 sebagai pembanding, dengan studi literatur pencarian dari berbagai sumber diantaranya jurnal dan artikel ilmiah terkait standar teknis yang relevan sebagai landasan pelaksanaan penelitian. Diagram alir diperlukan untuk mengetahui proses/alur dari penelitian ini.

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh langsung dari galangan x berupa dokumen teknis resmi yang telah tersedia, meliputi *General Arrangement* (GA), data hidrostatik kapal, serta *invoice* pembelian *airbag*. Keseluruhan data tersebut dapat dipertanggungjawabkan validitasnya karena bersumber dari dokumen tertulis resmi yang telah melalui proses persetujuan oleh pihak galangan, sehingga bukan berdasarkan informasi lisan semata.

Alur analisis dalam penelitian ini dimulai dari penentuan nilai LD dan nilai R yang merupakan dua parameter utama yang diperlukan dalam rumus perhitungan jumlah *airbag* berdasarkan standard CB/T 3837-1998 dan standard ISO 17682:2013 sebagai pembanding. Nilai LD merupakan panjang kontak antara permukaan *airbag* dengan alas lambung kapal pada bagian *midship* yang dipengaruhi oleh diameter *airbag* dan kondisi *keel block* di lapangan, sedangkan nilai R merupakan daya dukung *airbag* per satuan panjang yang menggambarkan kemampuan *airbag* dalam menahan beban kapal yang juga dipengaruhi oleh tekanan kerja *airbag* dan nilai LD itu sendiri. Kedua nilai tersebut tidak tersedia secara langsung dari data lapangan sehingga perlu dihitung terlebih dahulu sebelum dapat melanjutkan ke tahap perhitungan berikutnya. Setelah nilai LD dan R didapatkan, perhitungan dilanjutkan dengan menghitung jumlah *airbag* serta jarak antar *airbag* berdasarkan standard CB/T 3837-1998 sebagai acuan utama dan dibandingkan dengan standard ISO 17682:2013 sebagai pembanding. Seluruh hasil perhitungan tersebut kemudian dijadikan dasar dalam merumuskan rekomendasi tata letak (*layout*) penempatan *airbag* pada proses peluncuran kapal tongkang 270FT.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

## 2.1 Data Ukuran Kapal

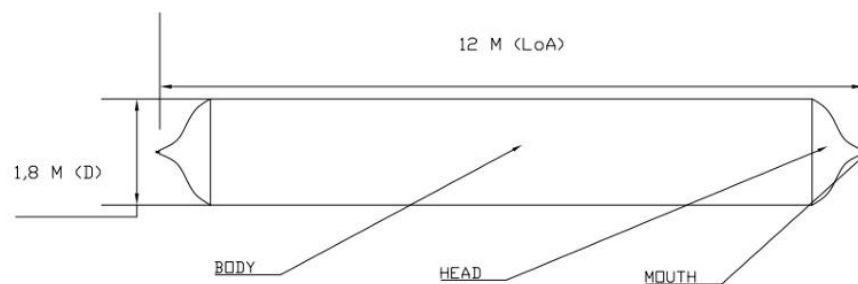
Data ukuran kapal yang dicantumkan adalah rekap dari semua pengumpulan dokumen mulai dari GA (*General Arrangement*) sebagai data utama kapal dan data hidrostatik yang telah didapatkan dan disimpulkan.

Tabel 1 Rekap Ukuran Kapal

| Parameter             | Nilai             |
|-----------------------|-------------------|
| Length Over All (LOA) | 270 ft (82,296 m) |
| Breadth (B)           | 72 ft (21,946 m)  |
| Depth (D)             | 16 ft (4,877 m)   |
| Max Draft             | 3.822 m           |
| (Q) LWT               | 1004 ton          |
| Draft Amidships       | 0.709 m           |
| Block Coeff (CB)      | 0.922             |

## 2.2 Airbag

*Airbag* kapal (*marine airbag*) adalah kantong udara karet berbentuk silinder bertekanan tinggi yang digunakan sebagai bantalan luncur untuk menaikkan atau menurunkan kapal ke air. Bagian struktur yaitu *mouth*, *head*, and *body* yang dapat dilihat pada gambar 2. Spesifikasi airbag meliputi diameter, jumlah lapisan, berat dan kekuatan yang berbeda-beda. Sebagian data *airbag* didapatkan langsung dengan *invoice* dimana terdapat spesifikasi *airbag* yang digunakan serta jurnal yang merujuk spesifikasi *airbag* yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 2 Struktur *Airbag*

Tabel 2 Spesifikasi *Airbag* Peluncuran Kapal[2]

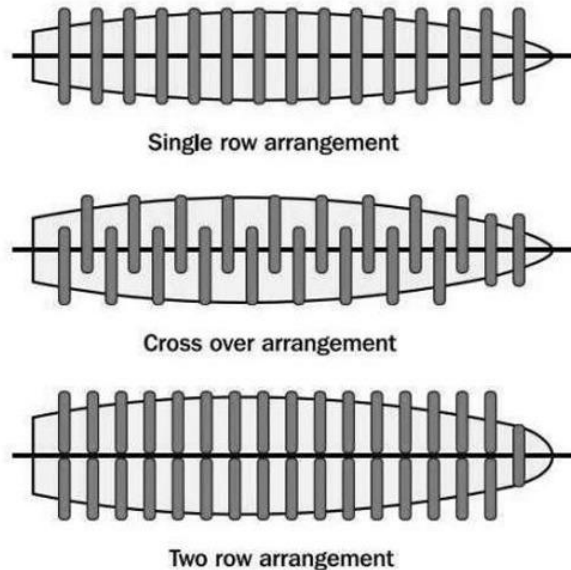
| Parameter        | Nilai         |
|------------------|---------------|
| Diameter         | 1,8 meter     |
| Panjang          | 12 meter      |
| Jumlah Lapisan   | 8 lapis       |
| Tekanan Kerja    | 0.11-0.14 Mpa |
| Berat            | 568 Kilogram  |
| Ketinggian Kerja | 1,1 meter     |

## 2.3 Tipe Layout *Airbag*

Berdasarkan standard CB/T 3837-1998, *layout airbag* dibagi menjadi beberapa tipe seperti *single row*, *cross over*, dan *two row*[2]. Sedangkan pada standard ISO 17682:2013, konsep *layout* yang digunakan pada dasarnya sama, seperti *single row*, *staggered*, dan *double row*[6], namun hanya berbeda pada istilah yang digunakan. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan acuan *layout* berdasarkan standard CB/T 3837-1998 untuk mempermudah pengklasifikasian dan penyajian gambar diantaranya sebagai berikut :

- Tipe *Single row arrangement* : Tipe ini digunakan jika panjang *airbag* lebih panjang dari lebar kapal, posisinya seimbang dan sesuai dengan *center* kapal.
- Tipe *Cross over arrangement* : Tipe ini digunakan jika panjang *airbag* lebih pendek dari lebar kapal atau lebih panjang dari lebar setengah kapal, posisinya dibuat *zig-zag*, kiri dan kanan pada lebar kapal.
- Tipe *Two row arrangement* : Tipe ini digunakan jika panjang *airbag* sama dengan setengah dari lebar kapal, posisinya dibuat kanan dan kiri dengan sejajar.

Ketiga tipe *layout airbag* dapat di lihat pada gambar 3.



Gambar 3 Tipe *Layout Airbag*

#### 2.4 Rumus Perhitungan Jumlah Airbag

Sebelum melakukan perhitungan jumlah *airbag*, terlebih dahulu dilakukan penentuan parameter awal yaitu nilai  $L_d$  (panjang kontak antara *airbag* dengan alas kapal) dan nilai  $R$  (daya dukung *airbag* per satuan panjang). Kedua parameter ini sangat berpengaruh terhadap kemampuan *airbag* dalam menopang beban kapal selama proses peluncuran, sehingga perlu ditentukan secara tepat. Perhitungan nilai  $L_d$  dan  $R$  mengacu pada standard CB/T 3837-1998 sebagai dasar perhitungan teknis, serta didukung oleh standard ISO 17682:2013 sebagai pedoman umum dalam analisis penggunaan *airbag*.

Berikut rumus mencari nilai  $L_d$  yang didukung oleh konseptual dari [9] dalam jurnal J-ENSITEC, yang diturunkan menggunakan pendekatan geometri lingkaran :

$$L_d = 2 \times \sqrt{(D \times h - h^2)} \dots \dots \dots [9]$$

Dimana :

$D$  = Diameter *airbag* (m)

$h$  = Tinggi *keel block* (m)

Berikut rumus mencari nilai  $R$  menurut [3] dalam jurnal ALE Proceeding Universitas Pattimura, berdasarkan persamaan daya dukung *airbag*, yang dirangkum dalam HandWiki Engineering :

$$R = P \times L_d \dots \dots \dots [3]$$

Dimana :

$P$  = Tekanan kerja *airbag* (Mpa)

$L_d$  = Hasil perhitungan sebelumnya (m)

Perbedaan penggunaan *airbag* pada tipe kapal dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti berat kapal, panjang lunas, bentuk alas kapal, serta panjang kontak antara *airbag* dan alas kapal. Pada tahap pengumpulan data, diperlukan data ukuran kapal dan spesifikasi *airbag* sebagai dasar dalam perhitungan jumlah *airbag*. Perhitungan tersebut mengacu pada standard CB/T 3837-1998 yang menyediakan rumus perhitungan secara rinci. Selain itu, standard ISO 17682:2013 juga memberikan pendekatan perhitungan yang serupa sebagai pedoman umum dalam menentukan

kebutuhan *airbag* pada proses peluncuran kapal.

Berikut rumus perhitungan jumlah *airbag* pada standard CB/T 3837-1998 :

$$N = K_1 + \frac{Q \cdot g}{C_b \cdot R \cdot L_d} + N_1 \dots \dots \dots [2]$$

Dimana :

N = Jumlah *airbag* (unit)

$K_1$  = Nilai konstanta 1,2~1,3

Q = Berat kapal yang akan diluncurkan (ton)

g = Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$C_b$  = Koefisien blok

R = Garansi kekuatan bantalan *airbag* per satuan panjang dari *airbag* (Kn/m)

$L_d$  = Panjang kontak antara *airbag* dengan alas lambung pada bagian tengah kapal (m)

$N_1$  = Jumlah *airbag* yang diganti terus menerus biasanya dibutuhkan 2~4

Berikut rumus perhitungan jumlah *airbag* pada standard ISO 17682:2013 :

$$N = K \times \frac{W \cdot g}{C_b \cdot R \cdot L_c} \dots \dots \dots [4]$$

Dimana :

N = Jumlah *airbag* (unit)

K = Nilai konstanta 1,2~1,3

W = Berat kapal yang akan diluncurkan (ton)

g = Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$C_b$  = Koefisien blok

R = Garansi kekuatan bantalan *airbag* per satuan panjang dari *airbag* (kN/m)

$L_c$  = Panjang kontak antara *airbag* dengan alas lambung pada bagian tengah kapal (m)

## 2.5 Rumus Perhitungan Jarak Antar *Airbag*

Untuk mengetahui perhitungan jarak antar *airbag*, perhitungan jumlah *airbag* harus sudah didapatkan hasilnya. Dikarenakan perhitungan jarak antar *airbag* dibutuhkan data kapal, spesifikasi *airbag*, dan jumlah *airbag* yang digunakan. Perhitungan jarak antar *airbag* mengacu pada standard CB/T 3837-1998 sebagai acuan utama, serta didukung oleh standard ISO 17682:2013 sebagai pedoman umum dalam penentuan pengaturan *airbag* pada proses peluncuran kapal.

Berikut rumus perhitungan jarak antar *airbag* pada standard CB/T 3837-1998 :

$$\frac{L}{N-1} \geq \left( \frac{\pi x D}{2} + 0,5 \right) \dots \dots \dots [2]$$

Dimana :

L = Panjang Lunas Kapal (m)

N = Jumlah *Airbag* (unit)

D = Diameter *Airbag* (m)

Berikut rumus perhitungan jarak antar *airbag* pada standard ISO 17682:2013 :

$$\frac{L}{N-1} \geq \left( \frac{\pi x D}{2} + 0,3 \right) \dots \dots \dots [4]$$

Dimana :

L = Panjang Lunas Kapal (m)

N = Jumlah *Airbag* (unit)

D = Diameter *Airbag* (m)

### 3 Analisa Data dan Pembahasan

Pada tahap analisis, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan nilai  $L_d$  (panjang kontak *airbag*) dan  $R$  (daya dukung *airbag* per satuan panjang). Kedua parameter ini dihitung menggunakan rumus yang telah dijelaskan pada bagian metodologi sebagai dasar dalam perhitungan kebutuhan *airbag*.

Perhitungan nilai  $L_d$  dengan persamaan :

$$LD = 2 \times \sqrt{(D \times h - h^2)} \dots \dots \dots [9]$$

Dimana :

$$D = 1,8 \text{ m}$$

$$h = 1,1 \text{ m}$$

Didapatkan hasilnya, nilai  $L_d$  adalah 1,754 m.

Perhitungan nilai  $R$  dengan persamaan :

$$R = P \times LD \dots \dots \dots [3]$$

Dimana :

$$P = 110 \text{ kN/m}^2$$

$$LD = 1,754 \text{ m}$$

Didapatkan hasilnya, nilai  $R$  adalah 192,94 kN/m.

Berdasarkan data spesifikasi *airbag* dan kondisi *keel block* di lapangan, diperoleh nilai  $L_d$  sebesar 1,754 meter dan nilai  $R$  sebesar 192,94 kN/m. Kedua nilai ini menjadi parameter utama yang menentukan jumlah *airbag* yang dibutuhkan, sehingga ketepatan nilainya sangat berpengaruh terhadap keamanan proses peluncuran.

#### 3.1 Perhitungan Jumlah *Airbag*

Selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan *airbag* berdasarkan nilai  $L_d$  dan  $R$  yang telah didapatkan hasilnya. Perhitungan ini mengacu pada standard CB/T 3837-1998 sebagai dasar perhitungan teknis, serta didukung oleh standard ISO 17682:2013 sebagai pedoman umum dan dibandingkan hasilnya. Sehingga diperoleh jumlah *airbag* yang dibutuhkan untuk kapal tongkang 270 FT.

Perhitungan jumlah *airbag* pada standard CB/T 3837-1998, dengan persamaan :

$$N = K_I + \frac{Q \cdot g}{C_b \cdot R \cdot L_d} + N_I \dots \dots \dots [2]$$

Dimana :

$$N = \text{Jumlah } \textit{airbag} \text{ (unit)}$$

$$K_I = 1,2$$

$$Q = 1.004 \text{ ton}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$C_b = 0,922$$

$$R = 192,94 \text{ kN/m}$$

$$L_d = 1,754 \text{ m}$$

$$N_I = 4$$

Didapatkan hasilnya, nilai  $N$  adalah 36,73 (dibulatkan menjadi 37)

Jadi, untuk jumlah *airbag* pada standard CB/T 3837-1998 adalah 37 unit *airbag*.

Perhitungan jumlah *airbag* pada standard ISO 17682:2013, dengan persamaan :

$$N = K \times \frac{W \cdot g}{C_b \cdot R \cdot L_c} \dots \dots \dots [4]$$

Dimana :

$N$  = Jumlah *airbag* (unit)

$K$  = 1,2

$W$  = 1.004 ton

$g$  = 9,8 m/s<sup>2</sup>

$C_b$  = 0,922

$R$  = 192,94 kN/m

$L_c$  = 1,754 m

Didapatkan hasilnya, nilai  $N$  adalah 37,836 (dibulatkan menjadi 38)

Jadi, untuk jumlah *airbag* pada standard ISO 17682:2013 adalah 38 unit *airbag*.

Berdasarkan parameter  $L_d$  dan  $R$  yang telah diperoleh, perhitungan jumlah *airbag* dilakukan menggunakan dua standar sekaligus. Standard CB/T 3837-1998 menghasilkan kebutuhan *airbag* sebanyak 37 unit, sedangkan standard ISO 17682:2013 menghasilkan 38 unit. Perbedaan ini terjadi karena standard CB/T 3837-1998 menambahkan *airbag* cadangan ( $N_1 = 4$  unit) secara terpisah di luar faktor keamanan, sedangkan standard ISO 17682:2013 hanya mengalikan faktor keamanan  $K$  langsung ke seluruh hasil perhitungan tanpa memperhitungkan *airbag* cadangan. Hal ini menunjukkan bahwa standard CB/T 3837-1998 memberikan pendekatan yang lebih rinci dalam mengantisipasi kondisi darurat selama proses peluncuran berlangsung, karena *airbag* cadangan tersebut berfungsi sebagai pengganti apabila ada *airbag* yang mengalami kerusakan di tengah proses.

### 3.2 Perhitungan Jarak Antar *Airbag*

Setelah didapatkan jumlah *airbag* dari masing-masing standar, kemudian melanjutkan perhitungan jarak antar *airbag* untuk kebutuhan peluncuran kapal tongkang 270 FT.

perhitungan jarak antar *airbag* pada standard CB/T 3837-1998, dengan persamaan :

$$\frac{L}{N-1} \geq \left( \frac{\pi x D}{2} + 0,5 \right) \dots \dots \dots [2]$$

Dimana :

$L$  = 82,296 m

$N$  = 37 unit

$D$  = 1,8 m

Didapatkan hasilnya yaitu, antara 2,286  $\geq$  3,326

Jadi, hasil jarak antar *airbag* pada standard CB/T 3837-1998 antara 3,326-2,286 meter.

Perhitungan jarak antar *airbag* pada standard ISO 17682:2013, dengan persamaan :

$$\frac{L}{N-1} \geq \left( \frac{\pi x D}{2} + 0,3 \right) \dots \dots \dots [4]$$

Dimana :

$L$  = 82,296 m

$N$  = 38 unit

$D$  = 1,8 m

Didapatkan hasilnya yaitu, antara 2,224  $\geq$  3,126

Jadi, hasil jarak antar *airbag* pada standard ISO 17682:2013 antara 3,126-2,224 meter.

Berdasarkan standard CB/T 3837-1998, jarak antar *airbag* berada pada rentang 2,286 hingga 3,326 meter, sedangkan berdasarkan standard ISO 17682:2013 berada pada rentang 2,224 hingga 3,126 meter. Perbedaan rentang jarak ini disebabkan oleh perbedaan nilai konstanta pada rumus jarak antar *airbag*, di mana standard CB/T 3837-1998 menggunakan konstanta 0,5 sedangkan standard ISO 17682:2013 menggunakan konstanta 0,3. Semakin besar nilai konstanta, semakin lebar jarak minimum yang dipersyaratkan, sehingga standard CB/T 3837-1998 memberikan persyaratan jarak yang lebih ketat.

Makna dari rentang jarak ini adalah bahwa penempatan *airbag* di lapangan harus berada dalam rentang tersebut agar distribusi beban kapal terbagi secara merata. Apabila jarak terlalu rapat dari batas minimum, *airbag* berpotensi saling bergesekan saat kapal bergerak maju. Sebaliknya, apabila jarak terlalu renggang melebihi batas maksimum, ada bagian alas kapal yang tidak tertopang sehingga beban terkonsentrasi pada titik tertentu dan berisiko menyebabkan deformasi struktur.

Selain perhitungan jumlah dan jarak *airbag*, standard ISO 17682:2013 juga mengatur ketentuan teknis mengenai *slipway* yang digunakan dalam proses peluncuran kapal menggunakan *airbag*[6]. *Gradien* dan panjang *slipway* ditentukan berdasarkan ukurannya kapal dan kondisi *hidrologi* perairan setempat, sehingga tidak dapat ditetapkan secara seragam untuk semua kondisi galangan. Berdasarkan standar tersebut, ketentuan *slipway* yang digunakan untuk peluncuran kapal harus memiliki daya dukung minimal dua kali tekanan kerja *airbag*. Untuk kapal tongkang 270 FT dengan berat 1.004 ton dan panjang 82,296 meter, *slipway* yang dipersyaratkan adalah dari beton semen dengan perbedaan tinggi antar sisi kanan dan kiri kurang dari 50 mm, karena berat kapal berada pada rentang 1.000 hingga 3.000 ton dan panjangnya antara 90 hingga 120 meter.

### 3.3 Penentuan *Layout*

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan standard CB/T 3837-1998, penentuan tipe *layout* dilakukan dengan membandingkan panjang kerja *airbag* terhadap lebar kapal. Karena panjang kerja *airbag* 12 meter lebih besar dari setengah lebar kapal 10,973 meter namun lebih kecil dari lebar penuh kapal 21,946 meter, maka tipe *layout* yang digunakan adalah *cross over arrangement*.

*Cross over arrangement* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan tipe *layout* lainnya, antara lain :

a) Distribusi beban lebih merata

Dengan susunan *zig-zag* kiri dan kanan, beban kapal terdistribusi secara lebih merata pada kedua sisi lambung kapal sehingga risiko ketidakseimbangan dapat diminimalkan.

b) Efisien penggunaan *airbag*

Panjang *airbag* yang lebih dari setengah lebar kapal memungkinkan satu *airbag* menjangkau area yang lebih luas pada alas kapal, sehingga lebih efisien dibandingkan tipe *two row* yang membutuhkan dua baris *airbag* terpisah.

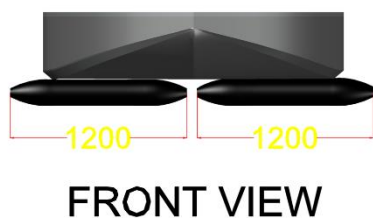
c) Stabilitas lebih baik

Karena *airbag* dipasang secara bersilang, stabilitas kapal selama proses peluncuran lebih terjaga karena tidak ada sisi yang kosong tanpa penopang.

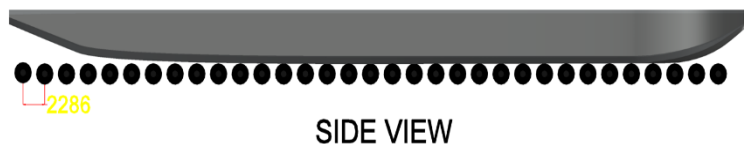
d) Lebih mudah diimplementasikan

*Cross over arrangement* lebih mudah dilaksanakan di lapangan dibandingkan tipe *two row* karena tidak memerlukan penyesuaian posisi yang terlalu presisi antara baris kiri dan kanan.

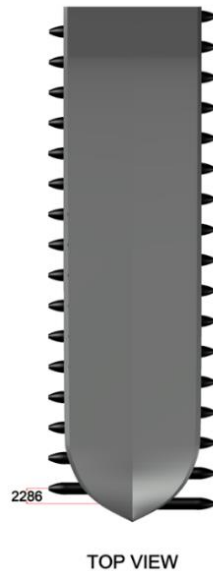
Berdasarkan tipe *cross over arrangement* tersebut, 33 unit *airbag* aktif disusun secara bersilang sepanjang lunas kapal 82,296 meter dengan jarak antar *airbag* berkisar antara 2,286 hingga 3,326 meter, sehingga konfigurasi yang dihasilkan lebih sesuai untuk dijadikan rekomendasi dalam perencanaan proses peluncuran kapal tongkang 270 FT.



Gambar 4 *Airbag* Tampak Depan



Gambar 5 *Airbag* Tampak Samping



Gambar 6 *Airbag* Tampak Atas

### 3.4 Hasil Perbandingan Standard

Berdasarkan hasil analisis perhitungan menggunakan kedua standar, diperoleh perbedaan pada jumlah *airbag* maupun jarak antar *airbag* yang dihasilkan. Standard CB/T 3837-1998 menghasilkan kebutuhan *airbag* sebanyak 37 unit dengan rentang jarak antar *airbag* antara 2,286 hingga 3,326 meter, sedangkan standard ISO 17682:2013 menghasilkan kebutuhan sebanyak 38 unit dengan rentang jarak antar 2,224 hingga 3,126 meter. Perbedaan jumlah ini muncul karena perbedaan struktur rumus pada kedua standar, di mana standard CB/T 3837-1998 menambahkan *airbag* cadangan ( $N_1 = 4$  unit) secara terpisah, di luar faktor keamanan, sedangkan standard ISO 17682:2013 hanya mengalikan faktor keamanan  $K$  langsung ke seluruh hasil perhitungan tanpa memperhitungkan *airbag* cadangan. Perbedaan rentang jarak juga disebabkan oleh perbedaan nilai konstanta pada rumus jarak antar *airbag*, di mana standard CB/T 3837-1998 menggunakan konstanta 0,5 sedangkan standard ISO 17682:2013 menggunakan konstanta 0,3 sehingga standard CB/T 3837-1998 menghasilkan persyaratan jarak minimum yang lebih ketat.

Meskipun standard ISO 17682:2013 menghasilkan jumlah *airbag* yang lebih banyak, standard CB/T 3837-1998 tetap direkomendasikan sebagai acuan utama karena secara eksplisit memperhitungkan 4 unit *airbag* cadangan yang siap digunakan apabila ada *airbag* yang mengalami kerusakan di tengah proses peluncuran, sehingga pendekatan standard CB/T 3837-1998 dinilai lebih mengutamakan aspek keselamatan secara menyeluruh. Perbandingan hasil perhitungan kedua standar secara lengkap dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3 Perbandingan Hasil Perhitungan

| Parameter                        | Standard CB/T 3837-1998                                   | Standard ISO 17682:2013                                 |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Rumus jumlah <i>airbag</i>       | $N = K_1 + (Q \times g) / (C_b \times R \times LD) + N_1$ | $N = K \times (W \times g) / (C_b \times R \times L_c)$ |
| Nilai $K$                        | $K_1 = 1,2$ (ditambah)                                    | $K = 1,2$ (dikali)                                      |
| <i>Airbag</i> cadangan ( $N_1$ ) | 4 buah                                                    | Tidak diperhitungkan                                    |
| Jumlah <i>airbag</i> ( $N$ )     | 37 unit                                                   | 38 unit                                                 |
| Rumus jarak <i>airbag</i>        | $L / (N - 1) \geq (\pi \times D) / 2 + 0,5$               | $L / (N - 1) \geq (\pi \times D) / 2 + 0,3$             |
| Rentang jarak <i>airbag</i>      | 2,286 – 3,326 m                                           | 2,224 – 3,126 m                                         |
| Tipe layout                      | Cross over arrangement                                    | Cross over arrangement                                  |
| Sifat pendekatan                 | Lebih rinci dan konservatif                               | Lebih umum dan sederhana                                |

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan kebutuhan *airbag* pada proses peluncuran kapal tongkang 270 FT, diperoleh nilai  $L_d$  sebesar 1,754 m dan nilai  $R$  sebesar 192,94 kN/m sebagai parameter utama. Dengan mengacu pada standard CB/T 3837-1998 sebagai acuan utama, dibutuhkan 37 unit *airbag* dengan jarak antar *airbag* antara 2,286 hingga 3,326 meter, sedangkan berdasarkan standard ISO 17682:2013 dibutuhkan 38 unit *airbag* dengan jarak antara 2,224 hingga 3,126 meter. Kedua standar menghasilkan tipe *layout* yang sama yaitu *cross over arrangement* dengan susunan *airbag* zig-zag kiri dan kanan sepanjang lunas kapal.

Standard CB/T 3837-1998 direkomendasikan sebagai acuan utama dalam perencanaan peluncuran kapal tongkang 270 FT karena pendekatannya lebih konservatif dengan memperhitungkan *airbag* cadangan ( $N_1$ ) secara eksplisit sebagai antisipasi keselamatan. Perlu dicatat bahwa hasil penelitian ini bersifat spesifik untuk kapal tongkang 270 FT dengan kondisi aktual di galangan tempat penelitian dilakukan, sehingga tidak dapat digeneralisasi secara langsung untuk kapal tongkang 270 FT lainnya yang memiliki berat, spesifikasi *airbag*, dan kondisi *keel block* yang berbeda. Hasil perhitungan ini bersifat sebagai rekomendasi teknis yang dapat dijadikan acuan bagi galangan dalam merencanakan proses peluncuran kapal tongkang 270 FT di masa yang akan datang.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] A. D. Noegraha, R. Djameluddin, R. Irmawaty, and G. Sitepu, "Study of the Effect Launching System using Airbags on the Hull Structures of Pinisi Ship," *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 49, no. 2, pp. 278–295, Aug. 2025, doi: 10.37934/araset.49.2.278295.
- [2] A. K. Yusim *et al.*, "ANALISA KEBUTUHAN AIRBAGS UNTUK DOCKING UNDOCKING KAPAL TONGKANG VIRGO SEJATI 177 DI PT. YASA WAHANA TIRTA SAMUDERA," 2021.
- [3] E. R. De Fretes, H. S. Lainsamputty, and D. R. Iriawan, "ANALISA TEKANAN ANGIN AIRBAG SAAT PELUNCURAN KAPAL," *ALE Proceeding (Archipelago Engineering)*, Universitas Pattimura, vol. 5, pp. 25–29, 2022.
- [4] H. Akyıldız and A. Mentés, "Risk Assessment of Launching Airbags Using Functional Resonance Accident Model," *Transactions on Maritime Science*, vol. 12, no. 2, 2023, doi: 10.7225/toms.v12.n02.005.
- [5] K. Abdullah and S. T. Sarena, "Design of a Passenger Ship Launch Using an Air Bag System," *J. Teknol.*, vol. 16, no. 1, p. 17, Jan. 2024, doi: 10.24853/jurtek.16.1.17-26.
- [6] "Ships and marine technology-Methodology for ship launching utilizing air bags Navires et technologie maritime-Méthodologie pour le lancement de bateau utilisant des coussins gonflables ISO 17682:2013(E) ii COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT," 2013. [Online]. Available: [www.iso.org](http://www.iso.org)
- [7] Z. Irawanto *et al.*, "KAJIAN EKSPERIMENTAL PELUNCURAN KAPAL MENGGUNAKAN AIR BAG EXPERIMENTAL STUDY ON SHIP LAUNCHING USING AIRBAGS," *M.I.P.I.*, vol. 13, 2019.
- [8] Alamsyah, C. Hendra Gonawan, R. Jamal Ikhwan, T. Hidayat, and W. Suwedy, "Numerical Investigation of the Laying of Airbag Arrangements on Launching Barges," 2023.
- [9] M. A. Dzulfiqar, N. F. Pujo, N. Pamungkas, Husen, M. F. Mufariz, and N. Fadhilah, "STUDI PERHITUNGAN DAN IMPLEMENTASI AIRBAG PADA PELUNCURAN KAPAL TONGKANG 330 FEET BERDASARKAN STANDAR CB/T 3837-1998," *J-ENSITEC*, vol. 11, no. 01, pp. 10131–10136, Dec. 2024, doi: 10.31949/jensitec.v11i01.11541.