

# Analisis Risiko Terjadinya Kerusakan Kapal Pada Proses Penurunan dengan Metode *Airbag*

Tri Sukrisna Wisnawa, Triwilaswandio Wuruk Pribadi dan Imam Baihaqi

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: triwilas.its@gmail.com; imam.baihaqi07@gmail.com

**Abstrak**— Penurunan kapal dengan metode *airbag* memiliki potensi risiko yang besar terhadap dampak pada kerusakan kapal. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan masih adanya kecelakaan penurunan kapal dengan metode *airbag*. Sehingga sampai saat ini belum ada badan asuransi yang berani menanggung risiko pada peluncuran kapal menggunakan *airbag*. Oleh karena itu pada studi ini dilakukan analisis risiko kerusakan kapal pada proses peluncuran dengan metode *airbag*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana proses perhitungan yang benar, risiko-risiko apa saja yang dapat terjadi dan apa rekomendasi preventif (pencegahan) yang diberikan agar risiko tersebut berkurang atau bahkan hilang pada proses peluncuran kapal dengan metode *airbag*. Metode yang digunakan dalam menganalisis risiko kejadian didapatkan berdasarkan dari beberapa langkah pengerjaan. Pertama, adalah mengidentifikasi faktor-faktor risiko. Kedua, mengidentifikasi bahaya sehingga dampak risiko dapat diketahui. Ketiga, melakukan evaluasi risiko berdasarkan penilaian kuantitatif pada tingkat probabilitas dan tingkat keparahan. Terakhir, hasil dari penilaian risiko dimitigasi dengan memisahkan mana risiko yang dapat diterima dan mana risiko yang harus diberikan tindakan. Pada proses identifikasi akar permasalahan (*root cause*) dilakukan dengan bantuan *Fault Tree Analysis*, dimana identifikasi dilakukan dengan diawali asumsi kegagalan peluncuran (*top event*) kemudian penyebab kegagalan dirinci hingga sampai pada suatu kegagalan dasar. Rekomendasi preventif diberikan berdasarkan dari akar permasalahan yang muncul. Pada proses perhitungan digunakan kapal kontainer 100 TEUs sebagai referensi kapal yang akan diluncurkan dengan metode *airbag*. Dengan berat peluncuran 1156.94 ton dibutuhkan *airbag* sebanyak 20 buah dengan diameter 1 meter dan *bearing capacity* sebesar 16.66 ton/m. Kapasitas *winch* yang dibutuhkan untuk menahan kapal tersebut adalah 795.4 kN. Gaya angkat buritan terjadi setelah langkah 7 dan terapung bebas setelah langkah 8. Sedangkan pada identifikasi risiko dilakukan berdasarkan periode peluncuran. Untuk periode 1 pada kondisi kritis kapal bisa anjlok, untuk periode 2 kapal membentur landasan atau badan kapal bisa patah sedangkan untuk periode 3 pada kondisi kritis kapal bisa karam atau kapal bisa mengalami *dropping*. Dari hasil identifikasi akar permasalahan yang dilakukan dengan *Fault Tree Analysis*, didapatkan 11 rekomendasi preventif yang harus dilakukan pada proses penurunan kapal dengan metode *airbag*.

**Kata Kunci**— penurunan kapal, metode *airbag*, risiko, kerusakan kapal

## I. PENDAHULUAN

**P**ELUNCURAN kapal adalah langkah menurunkan kapal dari landasan peluncuran dengan menggunakan gaya berat kapal atau dengan menggunakan gaya dorong tambahan. Tahapan ini juga termasuk dalam proses pembangunan kapal. Seiring .dengan perkembangan ilmu

dan teknologi yang semakin maju, galangan kapal telah menggunakan beberapa metode peluncuran kapal yang tentunya mempunyai kelebihan dan kekurangannya tersendiri.

Metode peluncuran yang semakin sering digunakan di dunia perkapalan saat ini adalah metode peluncuran kapal dengan *airbag* atau biasa yang dikenal dengan kantung udara. Peluncuran kapal dengan menggunakan teknologi tersebut memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh metode-metode peluncuran kapal yang lain. Kelebihan yang dimiliki metode peluncuran kapal dengan *airbag* ini antara lain hemat waktu, hemat beban kerja, fleksibilitas tinggi dan tidak membutuhkan banyak perawatan yang menelan banyak biaya.

Peluncuran kapal dengan metode *airbag* adalah peluncuran yang sangat mudah dan sederhana. Namun hingga sekarang risiko-risiko yang terjadi belum bisa ditentukan. Mengingat masih adanya kecelakaan yang terjadi pada proses peluncuran kapal dengan metode *airbag* baik di Indonesia ataupun dunia. Hal ini juga yang mengakibatkan belum ada badan asuransi yang mau mengganggu risiko yang dapat terjadi pada peluncuran kapal dengan metode *airbag*. Oleh karena itu perlunya memperhitungkan faktor apa saja dan seberapa besar risiko kegagalan yang dapat terjadi pada peluncuran kapal dengan metode *airbag* ini.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Metode Penurunan Kapal

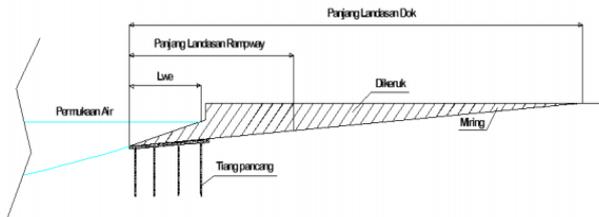
Peluncuran kapal dilakukan setelah pekerjaan konstruksi badan kapal, pemasangan instalasi permesinan kapal dan pekerjaan di bawah garis air harus sudah selesai. Peluncuran adalah suatu tahapan dari proses pembangunan kapal yang secara potensial berbahaya (penuh risiko) sehingga harus direncanakan dan dilaksanakan dengan baik. Maka dari itu perilaku gerakan kapal selama peluncuran perlu diketahui untuk menjamin bahwa peluncuran tersebut dapat berlangsung dengan baik dan aman. Sistem peluncuran yang digunakan tergantung pada fasilitas yang tersedia pada galangan kapal itu sendiri. Peluncuran kapal pada umumnya dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Peluncuran memanjang (*end launching*)
2. Peluncuran melintang (*side launching*)

Untuk peluncuran kapal menggunakan metode *airbag* biasanya menggunakan metode peluncuran memanjang (*end launching*) [1].

**B. Metode Penurunan Kapal dengan Menggunakan Airbag**

Airbags telah digunakan sejak 21 Januari 1981 pertama kali oleh perusahaan dok dan galangan kapal China yang berhasil meluncurkan kapal 60 DWT. Sampai saat ini, pengembangan teknologi *airbags* telah mencapai 15 kali dari teknologi *airbags* yang pertama kali digunakan dan telah mampu meluncurkan kapal dengan bobot 1.000 DWT - 55.000 DWT[2]. Selain itu untuk meluncurkan kapal dari landasan dok menggunakan *airbag* dibutuhkan alat-alat bantu seperti *tugboat*, *compressor*, alat-alat angkat seperti *crane*, *forklift*, dan *winch* untuk menjaga keseimbangan kapal sebelum kapal diluncurkan.



Gambar 1. Skema landasan peluncuran kapal [2]

Gambar 1. merupakan gambaran skema landasan peluncuran kapal. Panjang landasan dok setidaknya harus mencapai 2-3 kali dari panjang kapal yang akan dibangun atau *docking*. Landasan peluncuran perlu dilakukan pengerukan dengan menyesuaikan akan kebutuhan kemiringan daripada landasan. Selain itu kondisi landasan yang terdiri dari tanah, batu, dan pasir perlu dipadatkan dengan kepadatan minimal 2 kali tekanan kerja *airbag* yang digunakan. Setelah dilakukan pematatan tanah maka dilakukannya pengecoran dengan *cemen concrete* dan landasan tersebut dapat digunakan.[2]

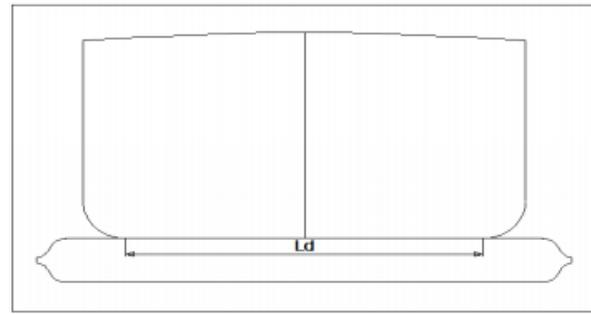
**C. Perhitungan Jumlah dan Jarak Airbag yang Dibutuhkan**

Kebutuhan penggunaan *airbag* untuk berbagai tipe kapal berbeda-beda. Perbedaan penggunaan *airbag* untuk tipe-tipe kapal sangat dipengaruhi oleh berat kapal, panjang lunas, bentuk alas kapal dan panjang kontak antara *airbag* dengan alas kapal. Untuk kapal-kapal konvensional, jumlah *airbag* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N = K1 \frac{Q \times G}{CB \times R \times L_D} + N1 \tag{1}$$

Dimana :

- N = Jumlah *airbag*
- K1 = Nilai konstanta, 1.2~1.3
- N1 = Tambahan jumlah *airbag* yang dibutuhkan, 2~4
- Q = Berat kapal yang diluncurkan
- G = Akselerasi gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- CB = Koefisien blok kapal
- R = Kekuatan bantalan *airbag* (kN/m)
- L<sub>D</sub> = Panjang kontak antara *airbag* dengan lunas kapal (m)



Gambar 2. Panjang kontak antara *airbag* dan lunas kapal (L<sub>D</sub>) [3]

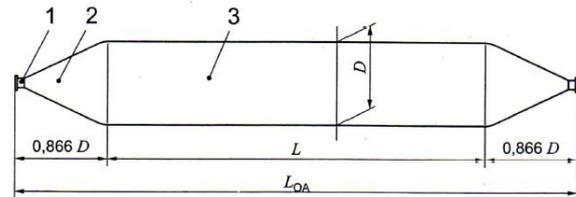
Gambar 2. merupakan gambaran saat *airbag* menumpu kapal. Jarak sumbu antar *airbag* diperhitungkan untuk mendapatkan kekuatan memanjang kapal dan untuk menghindari *overlapping* dari putaran *airbag*. Sesuai yang tertera pada regulasi CB/T 3795-1996 *Shipbuilding Industry Standard*, PRC, jarak sumbu antar *airbag* adalah  $2.85 < L/N-1 < 6$  m atau lebih detailnya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\frac{L}{N-1} \leq 6 \tag{2}$$

$$\frac{L}{N-1} \geq \frac{\pi D}{2} + 0.5 \tag{3}$$

Dimana :

- L = Panjang kapal yang ditumpu *airbag* (m)
- N = Jumlah *airbag*
- D = Diameter *airbag* (m).



Gambar 3. Struktur *airbag* [3]

Gambar 3. adalah gambaran struktur *airbag* yang dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. Mulut *airbag*
2. Kepala *airbag*
3. Badan *airbag*

Untuk ukuran diameter *airbag* (D) yang tersedia bermacam-macam yaitu 0.8 m, 1 m, 1.2 m, 1.5 m, 1.8 m dan sebagainya tergantung kebutuhan. Begitu juga dengan panjang *airbag* (L) dipertimbangkan berdasarkan lebar kapal yang akan diluncurkan dan untuk panjang kepala *airbag* dapat dihitung dengan 0.866 D.

**D. Perhitungan Peluncuran Kapal dengan Metode Airbag**

Pada peluncuran kapal menggunakan *airbag* juga dibutuhkan adanya perhitungan teknis demi memastikan bahwa kapal tersebut dapat diluncurkan dengan aman. Dimana komponen yang perlu diperhatikan dalam hal ini dibagi menjadi 4 yaitu, kapal yang akan diluncurkan, kondisi landasan, *airbag* dan alat bantu tarik (*winch*) untuk memastikan bahwa peluncuran kapal dapat berjalan dengan aman. [3]

**1) Kapal**

- Semua pekerjaan kapal dibawah garis air harus selesai terutama yang berhubungan dengan instalasi bukaan.

- Semua sisa-sisa gerinda dan las-lasan pada bagian bawah kapal serta tonjolan dipastikan sudah halus dan tidak kasar.
- Ukuran utama kapal dan tanda pada loadline harus diperiksa dengan ketat
- Semua pengerjaan pengecatan pada kulit pelat harus sudah selesai.

2) Landasan

- Landasan yang akan ditempati oleh *airbag* harus benar-benar bersih dan terhindar dari benda-benda tajam.
- *Levelling* pada kapal tidak boleh lebih besar dari 80 mm
- Ketahanan landasan setidaknya lebih besar 2 kali lipat dibandingkan tekanan kerja pada *airbag*.

3) Airbag

- Jumlah kebutuhan *airbag* harus dihitung berdasarkan persamaan (1)
- Jarak antar *airbag* harus dipertimbangkan dengan menggunakan persamaan (2) dan (3)

4) Winch

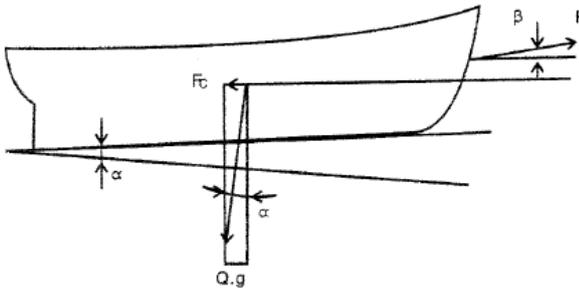
- Memiliki tingkat perputaran rendah yaitu sekitar 9-13 m/min
- Gaya dorong kapal dan ketahanan *winch* dapat dihitung dengan rumus :

$$F_c = Q \cdot g \cdot \sin\alpha - \mu \cdot Q \cdot g \cdot \cos\alpha + Q \frac{V}{T} \quad (4)$$

$$F_d = Q \cdot g \cdot \sin\alpha + \mu \cdot Q \cdot g \cdot \cos\alpha \quad (5)$$

Dimana :

- $F_c$  = Gaya dorong kapal , kN
- $F_d$  = Gaya tarik *winch*, kN
- $Q$  = Berat kapal peluncuran, ton
- $g$  = Gaya gravitasi bumi,  $m/s^2$
- $\alpha$  = Sudut kemiringan landasan, ( $^0$ )
- $\mu$  = koefisien gaya gesek pada landasan
- $V$  = Kecepatan luncur kapal, m/s
- $T$  = Waktu yang dibutuhkan untuk menghentikan *winch*, s.



Gambar 4. Gaya yang bekerja pada proses peluncuran kapal dengan *airbag* [3]

Gambar 4. menjelaskan bagaimana gaya yang bekerja pada kapal saat meluncurkan dengan metode *airbag*.  $F$  merupakan besaran tegangan yang dihasilkan pada kawat *winch* yang dapat dihitung dengan persamaan (6). Besaran  $F$  dipengaruhi oleh sudut yang dihasilkan antara arah kawat *winch* dengan landasan peluncuran.

- Kekuatan tegangan minimal yang harus dimiliki kawat *winch* dapat dihitung dengan rumus :

$$F \geq \frac{K \cdot F_c}{N_c \cdot \cos\beta} \quad (6)$$

Dimana,

- $F$  = Tegangan kawat *winch*, kN

$F_c$  = Gaya dorong kapal, kN

$K$  = Faktor keamanan,  $K= 1.2 - 1.5$ .

$N_c$  = Jumlah kawat *winch*

$\beta$  = Sudut yg dihasilkan antara gaya tarik *winch* dengan landasan, ( $^0$ )

$\beta \geq 6^0$

E. Fault Tree Analysis (FTA)

*Fault Tree Analysis* adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang berperan terhadap terjadinya suatu kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci sebab-sebab mengapa *top event* terjadi sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*). Terdapat 4 tahapan untuk melakukan analisis dengan *Fault Tree Analysis*, yaitu sebagai berikut [4] :

1. Mendefinisikan masalah dan kondisi batas dari suatu sistem yang ditinjau
2. Penggambaran model grafis FTA
3. Mencari minimal *cut set* dari analisis FTA
4. Melakukan analisis kuantitatif dari FTA

Tabel 1.

Istilah dan simbol dalam FTA [4]

Simbol	Istilah	Keterangan
	Top Event	Kejadian yang dikehendaki pada puncak yang akan diteliti lebih lanjut ke arah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan
	Logic Event OR	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam AND
	Logic Event AND	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam OR
	Transferred Event	Segitiga yang digunakan sebagai simbol transfer. Simbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada di halaman lain
	Undeveloped Event	Kejadian dasar ( <i>basic event</i> ) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi
	Basic Event	Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut

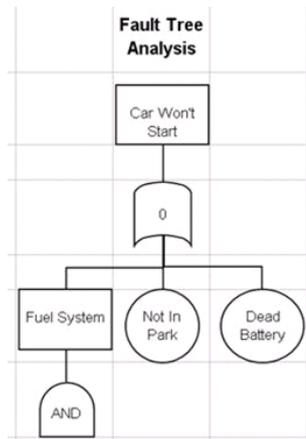
Tabel 1. menjelaskan fungsi-fungsi simbol pada FTA. Seperti contoh untuk simbol persegi panjang memiliki istilah *top event* yaitu kejadian yang dikehendaki pada puncak yang akan diteliti lebih ke arah kejadian dasar sehingga penyebabnya kegagalan dapat diketahui.

Manfaat dari metode *fault tree analysis* adalah :

- a. Dapat menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kegagalan
- b. Menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan
- c. Menganalisis kemungkinan sumber-sumber risiko sebelum kegagalan timbul.
- d. Menginvestigasi suatu kegagalan.[4]

Sehingga penyebab risiko yang menyebabkan kerusakan kapal pada proses peluncuran dengan metode *airbag* dapat diidentifikasi hingga ke akar permasalahannya.

Berikut ini merupakan contoh identifikasi penyebab risiko dengan metode FTA:



Gambar 5. Contoh penggunaan FTA [5]

Gambar 5. merupakan contoh sederhana identifikasi risiko dengan menggunakan metode FTA. Pada Gambar 5 dijelaskan bahwa mobil tidak bisa nyala kemungkinan diakibatkan karena 3 hal yaitu faktor bahan bakar atau terjadi kesalahan pada transmisi atau baterai mobil habis. Dimana pada faktor bahan bakar dapat diteliti kembali penyebabnya.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini adalah tahapan metodologi yang dilakukan pada penelitian studi ini :

#### A. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal metodologi yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian lebih lanjut. Pada tahap persiapan dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu tahap identifikasi masalah, perumusan masalah, dan tahap studi literature serta studi lapangan sehingga didapatkan kerangka dasar pemikiran yang digunakan untuk menunjang pengerjaan penelitian.

##### 1) Identifikasi Masalah

Pada tahap identifikasi masalah mengapa penelitian ini sangat perlu untuk dilakukan adalah : Pertama, belum adanya perhitungan secara pasti tingkat risiko kegagalan yang dapat terjadi di dalam meluncurkan kapal dengan menggunakan metode *airbag*. Kedua, masih adanya kegagalan peluncuran yang terjadi pada proses peluncuran kapal dengan menggunakan *airbag*. Ketiga, belum adanya badan asuransi yang mampu menanggung risiko daripada peluncuran kapal menggunakan *airbag*.

##### 2) Perumusan Masalah

Tahap perumusan masalah juga digunakan sebagai tujuan pengerjaan studi. Yang mana pada perumusan masalah yang didapatkan adalah bagaimana proses penurunan kapal yang benar dengan menggunakan metode *airbag*, risiko apa saja yang dapat terjadi di dalam meluncurkan kapal dengan metode *airbag* dan bagaimana tindakan preventif yang harus dilakukan demi mengurangi dampak risiko yang ada.

##### 3) Studi Literature

Studi literature dilakukan demi menunjang pengerjaan studi ini, sehingga sesuai dengan apa yang dibutuhkan. Pada tahapan ini dibutuhkan beberapa literature yaitu metode penurunan kapal dengan metode *airbag*, regulasi penurunan kapal dengan menggunakan *airbag*, metode

penilaian dan mitigasi risiko yang akan digunakan, serta literature jurnal terdahulu.

#### 4) Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi di lapangan sekaligus mencari data-data apa saja yang dibutuhkan untuk mendukung pengerjaan studi ini. Untuk data diperlukan pada tahapan ini adalah contoh perhitungan peluncuran kapal, data kegagalan ataupun kesuksesan di dalam meluncurkan kapal dengan metode *airbag*, informasi teknis dalam meluncurkan kapal dengan *airbag* dan standard regulasi yang mengatur proses peluncuran kapal dengan metode *airbag*.

#### B. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap pengumpulan yang dilakukan dalam pengerjaan studi ini adalah mengumpulkan data dan informasi tentang spesifikasi *airbag* yang tersedia, melakukan survey terkait dengan fasilitas pendukung apa saja yang dibutuhkan pada peluncuran kapal dengan *airbag*, mengumpulkan data dan informasi ketahanan beban dan tekanan yang dapat diterima *airbag* sesuai dengan spesifikasi dari *airbag* yang digunakan, identifikasi risiko dan bahaya yang dilakukan dengan proses wawancara kepada responden yang dianggap ahli dibidangnya.

Sedangkan pada tahap pengolahan data, semua data yang dikumpul dapat diolah sehingga identifikasi risiko pada fasilitas pendukung yang tersedia dan kondisi *airbag* didapatkan. Untuk analisis risiko dilakukan dengan bantuan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

#### C. Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini adalah dilakukannya analisis dari hasil yang didapatkan pada pengolahan data yaitu penilaian risiko dan memberikan suatu rekomendasi solusi agar risiko tersebut tidak terjadi lagi atau setidaknya dapat mengurangi dampak yang diakibatkannya. Penyusunan rekomendasi solusi ini dilakukan dengan diskusi dengan pihak-pihak yang dianggap *expert* dibidangnya.

#### D. Tahap Penarikan Kesimpulan

Tahap penarikan kesimpulan dan saran adalah tahapan terakhir dalam penelitian studi ini. Kesimpulan yang ditarik nantinya dapat menjawab tujuan dari penelitian studi. Sedangkan saran diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

### IV. PERHITUNGAN DAN IDENTIFIKASI RISIKO PELUNCURAN KAPAL DENGAN AIRBAG

#### A. Informasi Teknis Airbag

Pada peluncuran kapal dengan metode *airbag* diperlukan informasi teknis *airbag* yang tepat agar proses peluncuran dapat berjalan dengan lancar. Dari informasi teknis tersebut dapat diketahui berapa jumlah *airbag* yang dibutuhkan untuk menurunkan kapal. Setelah jumlah *airbag* yang dibutuhkan diketahui, maka jarak antar *airbag* dapat ditentukan dengan membagi besaran panjang lunas kapal dengan jumlah *airbag* yang dihasilkan dari proses perhitungan. Berikut ini merupakan contoh informasi teknis spesifikasi *airbag*.

Tabel 2.  
Spesifikasi *airbag* [6]

Diameter	Tekanan Kerja	Working Height (H)	Jaminan Daya Tahan Airbag Per Satuan Panjang		
			kN/m	t/m	lb/ft
D= 1.5 m (D= 4.92 ft)	0.163 Mpa (23.63 psi)	0.9 m (2.952 ft)	132.63	13.53	9092
		0.8 m (2.624 ft)	153	15.6	10483
		0.7 m (2.296 ft)	173.4	17.6	11827
		0.6 m (1.968 ft)	193.9	19.7	13238
		0.5 m (1.64 ft)	214.3	21.8	14649
		0.4 m (1.312 ft)	234.75	23.9	16060
		0.3 m (0.984 ft)	255.15	26.03	17492
D= 1.8 m (D= 5.90 ft)	0.14 Mpa (15.95 psi)	1.1 m (3.608 ft)	130.5	13.31	8944
		1.0 m (3.28 ft)	148	15.1	10147
		0.9 m (2.952 ft)	165.3	16.86	11329
		0.8 m (2.624 ft)	182.5	18.62	12512
		0.7 m (2.296 ft)	200.1	20.41	13715
		0.6 m (1.968 ft)	217.3	22.17	14898
		0.5 m (1.64 ft)	234.5	23.92	16074
		0.4 m (1.312 ft)	252	25.71	17277
		0.3 m (0.984 ft)	269.3	27.47	18459
		0.2 m (0.656 ft)	286.5	29.23	19642

Pada Tabel 2. dapat dilihat bahwa pada *working height* sama-sama 0.9 meter *bearing capacity* yang dihasilkan *airbag* yang berdiameter 1.5 meter adalah 13.53 ton/m sedangkan untuk *airbag* yang berdiameter 1.8 meter adalah 16.86 ton/m. Begitu juga pada *working height* 0.8 meter dan seterusnya, *airbag* yang berdiameter 1.8 meter akan selalu lebih besar *bearing capacity*nya dibandingkan dengan *airbag* yang berdiameter 1.5 meter.

**B. Perhitungan Peluncuran Kapal Kontainer 100 TEUs**

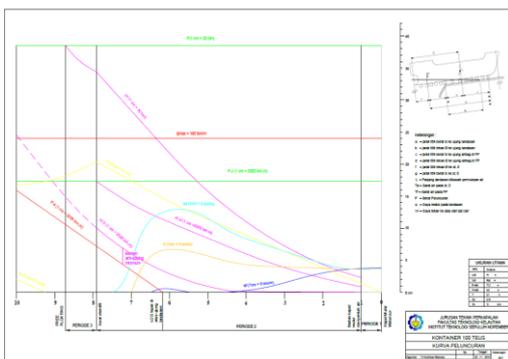
Pada perhitungan peluncuran kapal kontainer yang memiliki berat peluncuran 1156.94 ton membutuhkan sebanyak 20 *airbag* dan jarak antar *airbag* 3 meter dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.  
Spesifikasi *airbag* yang digunakan [6]

Diameter (m)	Working Pressure (Mpa)	Working Height (m)	Bearing Capacity per unit length		
			kN/m	t/m	lb/ft
1.00	0.1 (14.5 psi)	0.60	62.88	8.33	4308.00
		0.50	78.58	10.41	5384.00
		0.40	94.27	12.49	6459.00
		0.30	110.07	14.58	7541.00
		0.20	125.76	16.66	8617.00

Pada Tabel 3. Dijelaskan bahwa kapasitas maksimal daya tampung *airbag* (*bearing capacity*) memiliki besaran 16.66 ton/m dengan volume *airbag* sebesar 10.34 m<sup>3</sup> dihasilkan gaya angkat masing-masing *airbag* sebesar 10.59 ton.

Dari hasil perhitungan peluncuran kontainer dengan metode *airbag* didapatkan grafik peluncuran, sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik peluncuran kapal kontainer 100 TEUs

Pada Gambar 7. dapat dilihat bahwa gaya angkat buritan (*stern lift*) terjadi setelah langkah 7 dan terapung bebas (*free floating*) setelah langkah 8. Rentang waktu yang dibutuhkan dari gaya angkat buritan hingga mencapai terapung bebas cukup cepat, hal ini dikarenakan adanya gaya angkat tambahan dari *airbag*.

**C. Identifikasi dan Penilaian Risiko Peluncuran Kapal Metode Airbag**

Pada identifikasi risiko yang dilakukan pada proses peluncuran kapal menggunakan *airbag* dibagi menjadi 2 berdasarkan risiko yang tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable risk*) dan risiko yang masih dapat dikendalikan (*controllable risk*). Untuk detail terkait dengan identifikasi risiko yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4 :

Tabel 4.  
Identifikasi risiko pada peluncuran kapal dengan *airbag*

Uncontrollable Risk	Controllable Risk				
	Kondisi Alam	Operator	Kapal	Kondisi Landasan	Airbag
Angin kencang	Tingkat keahlian rendah	Stabilitas kapal buruk	Masih terdapat sampah (tajam)	Tidak mampu menahan beban	Alat bantu winch tidak tersedia
Kedakaman air kurang	Kurang pengalaman	Adanya <i>under specification</i> pada proses pembangunan	Kemiringan landasan tidak <i>smooth</i>	Terkena benda tajam	Kapasitas winch tidak memenuhi
Terjadi gempa bumi	Laki dalam melaksanakan tugas		Panjang landasan tercelup kurang	Tidak melakukan <i>maintenance airbag</i>	
Terjadi tsunami			Landasan peluncuran berlumpur	Pemakaian <i>airbag</i> telah melewati umur (batas waktu pemakaian)	

Tabel 4. merupakan hasil dari identifikasi risiko. Setelah identifikasi risiko didapatkan maka penilaian risiko dapat dilakukan. Penilaian risiko didapatkan dari perhitungan dari level probabilitas dikalikan dengan tingkat keparahan (*severity*). Berikut ini adalah hasil dari penilaian risiko :

Tabel 5.  
Penilaian masing-masing risiko

Kode	Risk Event	Probabilitas (P)	Severity (S)	Level Risiko
A1	Angin kencang	2	3	6
A2	Kedalaman air kurang	2	3	6
A3	Terjadi gempa bumi	2	3	6
A4	Terjadi tsunami	2	4	8
A5	Tingkat keahlian operator rendah	2	3	6
A6	Operator kurang pengalaman	3	3	9
A7	Operator laki dalam melaksanakan tugas	2	3	6
A8	Stabilitas kapal buruk	2	4	8
A9	Adanya <i>under specification</i> pada proses pembangunan kapal	3	4	12
A10	Kondisi landasan masih terdapat sampah (benda tajam)	2	3	6
A11	Kemiringan landasan tidak <i>smooth</i>	2	3	6
A12	Panjang landasan tercelup kurang	2	3	6
A13	Landasan peluncuran berlumpur	3	2	6
A14	Airbag tidak mampu menahan beban	2	4	8
A15	Airbag terkena benda tajam	2	4	8
A16	Tidak melakukan <i>maintenance</i> airbag	2	4	8
A17	Pemakaian <i>airbag</i> telah melewati umur (batas waktu pemakaian)	4	3	12
A18	Alat bantu <i>winch</i> tidak tersedia	1	4	4
A19	Kapasitas <i>winch</i> tidak memenuhi	3	4	12

Tabel 5. merupakan hasil dari penilaian risiko. Setelah penilaian risiko selesai maka hasilnya dapat disajikan dengan suatu tampilan peta risiko.

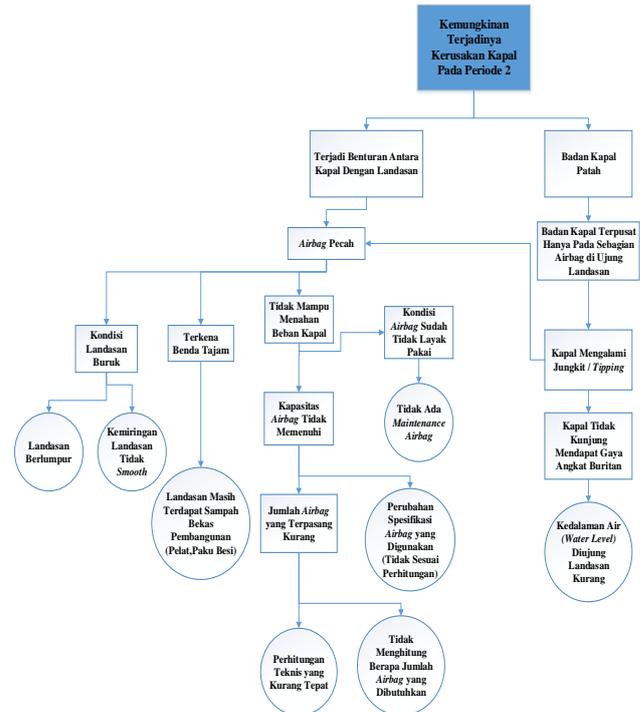
Tabel 6.  
Peta risiko probabilitas dan *severity* kejadian

Probabilitas	Severity			
	1 - Sangat rendah	2 - Menengah	3 - Tinggi	4 - Katastropik
4 - Sering			A17	
3 - Moderat		A13	A6	A9, A19
2 - Jarang			A1, A2, A3 A5, A7, A10, A11, A12	A4, A8, A14, A15, A16
1 - Sangat Jarang				A18

Dari pemetaan risiko yang dihasilkan pada Tabel 6, segala kemungkinan risiko yang terjadi pada peluncuran kapal menggunakan *airbag* harus diberikan tindakan/rekomendasi preventif untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan dampak dari risiko yang ditimbulkan.

D. Analisis Risiko dan Rekomendasi Preventif

Analisis risiko yang dilakukan pada kemungkinan terjadinya kerusakan kapal pada proses penurunan dengan metode *airbag* dibagi berdasarkan periode peluncuran yaitu periode 1, 2 dan 3. Dari analisis risiko yang dihasilkan dengan metode *airbag* didapat diagram pohon, berikut ini adalah contoh dari diagram pohon yang dihasilkan pada periode 2 :



Gambar 7. Kemungkinan terjadinya kerusakan kapal pada periode 2

Gambar 8. merupakan contoh hasil identifikasi risiko pada periode 2 dengan metode FTA. Dari hasil analisis risiko yang dilakukan dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dihasilkan 19 akar permasalahan. Semua akar permasalahan didapatkan dari hasil analisis risiko yang dilakukan berdasarkan periode 1, 2 dan 3. Pada beberapa kejadian dihasilkan suatu akar permasalahan yang sama, hal ini diakibatkan karena kejadian-kejadian tersebut masih dalam satu rangkaian peristiwa yang sama. Rekomendasi preventif diberikan berdasarkan akar permasalahan yang ada.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Untuk menurunkan kapal kontainer 100 TEUs yang memiliki berat peluncuran sebesar 1156.94 ton dibutuhkan sekitar 20 *airbag* dengan diameter 1 m yang memiliki *bearing capacity* maksimal sebesar 125.76 kN/m. Kapasitas *winch* yang dibutuhkan untuk menahan kapal sebelum kapal tersebut diluncurkan adalah sebesar 795.40 kN dengan kemiringan landasan 2<sup>0</sup>. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan data yang didapatkan menghasilkan bahwa kapal kontainer tersebut mengalami gaya angkat buritan (*stern lift*) pada akhir langkah 7 dan terapung bebas (*free floating*) pada akhir langkah 8. Hal tersebut bisa cepat terjadi dikarenakan adanya bantuan gaya angkat yang diberikan oleh masing-masing *airbag* sebesar 10.6 ton.
2. Identifikasi risiko dihasilkan berdasarkan dari analisis yang dilakukan per periode peluncuran. Pada kondisi kritis untuk periode 1, kemungkinan risiko yang dapat terjadi adalah kapal bisa mengalami anjlok. Sedangkan untuk periode 2 pada kondisi kritis badan kapal bisa mengalami benturan dengan landasan atau badan kapal patah. Lalu untuk periode 3,

kemungkinan risiko yang dapat terjadi pada kondisi kritis kapal bisa mengalami dropping atau kapal karam.

3. Setelah akar permasalahan dari setiap identifikasi risiko didapatkan, maka rekomendasi preventif yang diberikan khusus untuk kemungkinan terjadinya kerusakan kapal pada proses penurunan dengan metode *airbag* adalah :
  - a. Kondisi landasan harus terbebas dari sampah bekas pembangunan (terutama yang bersifat tajam)
  - b. Kemiringan landasan harus *smooth* (tidak ada bagian yang terjal).
  - c. Tersedianya alat bantu *winch* dengan kapasitas yang dibutuhkan.
  - d. Membentuk tim khusus untuk analisis dan perhitungan dalam meluncurkan kapal menggunakan *airbag*.
  - e. Melakukan perhitungan berapa jumlah *airbag* yang dibutuhkan dengan tepat.
  - f. Menggunakan *airbag* dengan spesifikasi yang sesuai dengan perhitungan
  - g. Melakukan *maintenance* yang benar pada *airbag*.
  - h. Operator peluncuran harus memiliki standard sertifikasi.
  - i. Perlu adanya pengawasan pada saat peluncuran kapal menggunakan *airbag*.
  - j. Gunakan jasa operator peluncuran yang sudah memiliki pengalaman dalam meluncurkan kapal menggunakan *airbag*.
  - k. Landasan tidak berlumpur dan harus dilapisi dengan *cement* dengan menyesuaikan kekuatan yang dibutuhkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. D. Cahyo Fungsi Kurva Bonjean Pada Peluncuran Kapal Secara End Launching. METANA (2014) 25-33.
- [2] H. G. Sitepu, & L. A. Firu. Kajian Penggunaan Fasilitas Dok Sistem *Airbags* di PT. Dok dan Perkapalan Kodja Bahari Galangan II, Jakarta. Jurna Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK) (2012) 181-192.
- [3] CB/T. Technological Requirements for Ship Upgrading or Launching Relying on Air-Bags. Tianjin: China Shipbuilding Industry Technology Research, (1998).
- [4] D. Priyanti. *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, (2000).
- [5] M. Haris. (2016, 12 24). Kajian Manajemen Fault Tree Analysis. Diambil dari Kajian Manajemen Fault Tree Analysis Web Site: <http://muh-haris.blogspot.co.id/2015/10/kajian-manajemen-fault-tree-analysis-fta.html>
- [6] D. T. Hage. *Inteso Marine Rubber Airbag Bearing Capacity*. In Bearing Rubber *Airbag* Capacity. Sidoarjo: PT. Inti Teknika Solusi, (2014).