

ANALISA PERILAKU AIRBAG SAAT PELUNCURAN KAPAL CARGO 93.5 METER MENGGUNAKAN METODE NUMERIK BERBASIS GAYA DAN KESEIMBANGAN MOMEN MEMANJANG KAPAL SERTA TEKANAN INTERNAL AIRBAG

Akhmad Subkhan

Program Studi Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur
61121, Indonesia

e-mail: subkhan.dc94@gmail.com

ABSTRAK

Peluncuran kapal menggunakan airbag merupakan salah satu metode alternatif yang populer karena keunggulannya dalam efisiensi biaya dan fleksibilitas lokasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku airbag saat peluncuran kapal kargo sepanjang 93.5-meter dengan menggunakan pendekatan numerik berbasis analisis gaya vertical, keseimbangan momen memanjang kapal, serta tekanan internal pada airbag. Metode ini digunakan untuk memahami kondisi airbag selama proses peluncuran, serta untuk memastikan stabilitas dan keamanan sistem peluncuran.

Analisa dilakukan dengan menyusun model perhitungan numerik yang melibatkan gaya reaksi airbag, distribusi beban kapal, dan tekanan internal yang bervariasi sepanjang waktu peluncuran dengan analisa setiap 4-meter travel peluncuran. Perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak spreadsheet (Microsoft Excel) dengan asumsi kondisi kapal dalam keadaan meluncur bebas dan berada di atas airbag yang tersusun sejajar. Hasil analisa menunjukkan bahwa distribusi tekanan dan gaya pada tiap airbag berubah secara dinamis selama proses peluncuran, serta terdapat titik kritis saat perpindahan beban terjadi dari satu airbag ke airbag lainnya dengan mengacu pada keseimbangan momen memanjang kapal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perancangan sistem peluncuran kapal berbasis airbag, khususnya untuk kapal dengan ukuran menengah hingga besar, serta menjadi dasar evaluasi teknis sebelum peluncuran dilakukan di lapangan.

Kata kunci: airbag, peluncuran kapal, kapal kargo 93.5 meter, metode numerik, keseimbangan momen, tekanan internal.

ABSTRACT

The use of airbags for ship launching has become a popular alternative due to its cost efficiency and site flexibility. This study aims to analyze the behavior of airbags during the launching of a 93.5-meter cargo ship using a numerical approach based on vertical force analysis, longitudinal moment equilibrium of the ship, and the internal pressure of the airbags. The method is applied to understand the condition of the airbags during the launching process and to ensure the stability and safety of the system.

The analysis was conducted by developing a numerical calculation model involving airbag reaction forces, ship load distribution, and varying internal pressures over the launching time varying internal pressures, analysed at every 4-meter interval of launching travel. Calculations were performed using spreadsheet software (Microsoft Excel) under the assumption that the ship slides freely on the airbags which are arranged in parallel. The results show that the distribution of pressure and forces on each airbag changes dynamically throughout the launching process, and critical points arise during load transfer from one airbag to another based on the ship's longitudinal moment equilibrium.

This study is expected to contribute to the design of airbag-based ship launching systems, particularly for medium to large-sized vessels, and to serve as a technical reference for pre-launch evaluations in the field.

Keywords: airbag, ship launching, 93.5-meter cargo ship, numerical method, moment equilibrium, internal pressure.

Jejak Artikel

Upload artikel : 15 Juni 2025

Revisi : 20 Juni 2025

Publish : 31 Juli 2025

1. PENDAHULUAN

Peluncuran kapal (ship launching) merupakan tahapan penting dalam proses pembangunan kapal, yaitu proses pemindahan kapal dari daratan menuju perairan. Peluncuran kapal ini merupakan tahapan kritis dalam proses pembangunan kapal yang memerlukan perencanaan matang untuk memastikan keamanan struktur kapal dan keselamatan operasional.

Salah satu metode yang berkembang saat ini adalah peluncuran menggunakan air bag (kantong udara). Metode ini memanfaatkan sejumlah kantong udara berbentuk silindris, yang diletakkan melintang di bawah badan kapal, kemudian diisi dengan udara bertekanan tinggi untuk mengangkat dan memindahkan (menggelindingkan) kapal ke perairan secara bertahap dan aman.

Metode peluncuran dengan airbag melibatkan interaksi antara struktur / Hull kapal, gaya berat kapal dan perilaku airbag itu sendiri. Selama proses peluncuran, airbag harus mampu menahan beban kapal, menyesuaikan tekanan internal sesuai posisi dan beban yang diterimanya, serta mempertahankan stabilitas kapal hingga mengapung sepenuhnya. Untuk memastikan keberhasilan peluncuran dan menghindari kegagalan struktural, analisis numerik yang akurat menjadi sangat penting.

Dalam konteks ini, analisis terhadap gaya-gaya yang bekerja dan keseimbangan momen memanjang kapal menjadi krusial dalam memahami perilaku airbag selama proses peluncuran. Selain itu, tekanan internal airbag juga harus dianalisis secara detail karena berpengaruh langsung terhadap kemampuan airbag dalam menopang kapal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan numerik yang mempertimbangkan interaksi antara gaya vertikal, distribusi tekanan, dan keseimbangan momen pada kapal sepanjang proses peluncuran.

Penelitian ini mengambil studi kasus pada kapal kargo EMS Leader, sebuah kapal kargo dengan panjang total (LOA) 93.5-meter yang dirancang untuk pengangkutan barang berbagai jenis, seperti container, gelondongan kayu, muatan curah dll. Kapal ini memiliki

karakteristik berat lightship sekitar 1675-ton dan struktur tanktop yang diperkuat untuk mengangkut muatan berat. Studi ini bertujuan untuk menganalisis secara numerik perilaku airbag selama proses peluncuran berdasarkan gaya-gaya berat kapal, momen memanjang kapal, serta tekanan internal airbag yang berubah seiring waktu meluncur dan posisi pada bottom kapal

2. METODOLOGI PENELITIAN

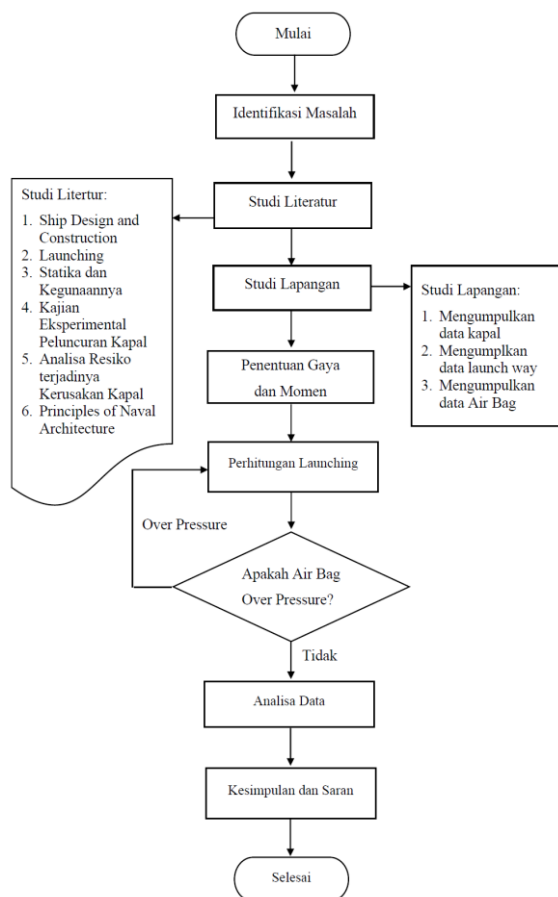
Penelitian ini adalah sebuah studi yang bersifat kuantitatif, di mana kami menggunakan pendekatan analisis numerik untuk menggali lebih dalam tentang perilaku airbag yang digunakan dalam proses peluncuran kapal. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk memahami bagaimana perilaku airbag selama peluncuran, perubahan tekanan internal, kondisi kapal selama peluncuran. Dengan mempertimbangkan beberapa faktor penting yang dapat memengaruhi proses ini, seperti gaya berat kapal yang dapat memengaruhi keselamatan saat diluncurkan, keseimbangan momen memanjang yang perlu dijaga agar kapal tidak mengalami kerusakan structural ataupun kegagalan peluncuran, serta perubahan tekanan internal yang terjadi pada airbag selama peluncuran.

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan numerik dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel. Dengan penggunaan Ms. Excel memungkinkan untuk dilakukan simulasi dan analisis data dengan cara yang efisien dan terstruktur. Dengan memanfaatkan kemampuan Excel dalam mengolah data dan menghitung berbagai parameter, dengan harapan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana gaya, momen, dan tekanan internal air bag saling berinteraksi selama proses peluncuran kapal.

Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat memperoleh pemahaman yang lebih, baik itu mengenai dinamika peluncuran kapal dan peran penting airbag dalam mendukung proses tersebut. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan teknologi

peluncuran kapal yang lebih aman dan efisien, serta meningkatkan Tingkat keselamatan dan keberhasilan dalam industri perkapalan

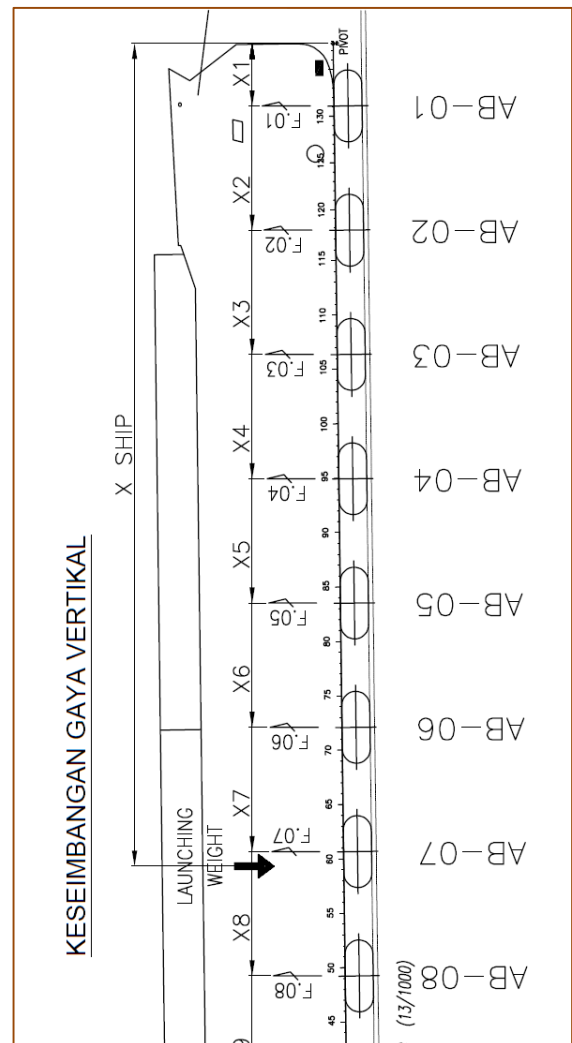
Alur penelitian yang dilakukan seperti tertera pada Gambar 2.1. digram alur penelitian dibawah ini.



Gambar 2.1. Diagram alir penelitian

2.1. Keseimbangan Gaya Vertikal

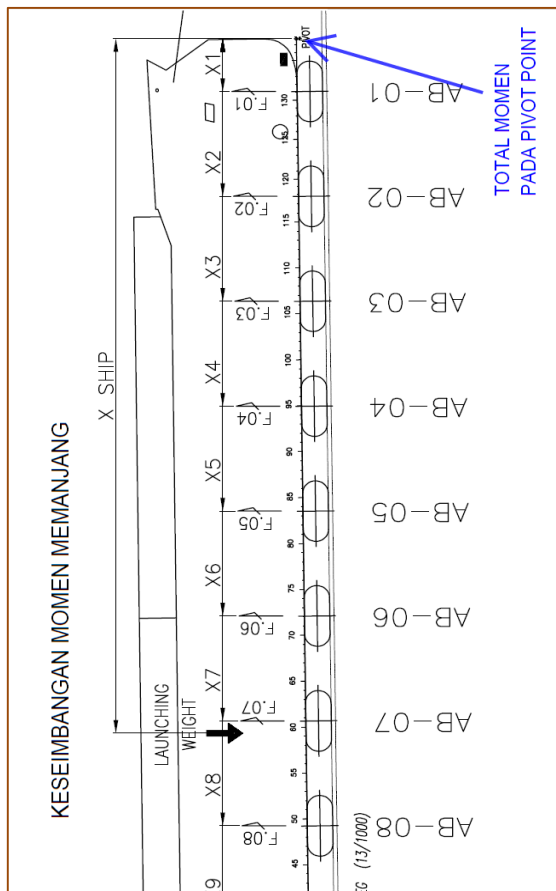
Jumlah gaya vertical sama dengan Nol,
 Berat kapal – $\sum F_z$ (F01, F02, F03 ...) = 0
 $\sum F_z = 0$



Gambar 2.2. Gambar Keseimbangan Gaya Vertikal

2.2. Keseimbangan Momen Memanjang Kapal

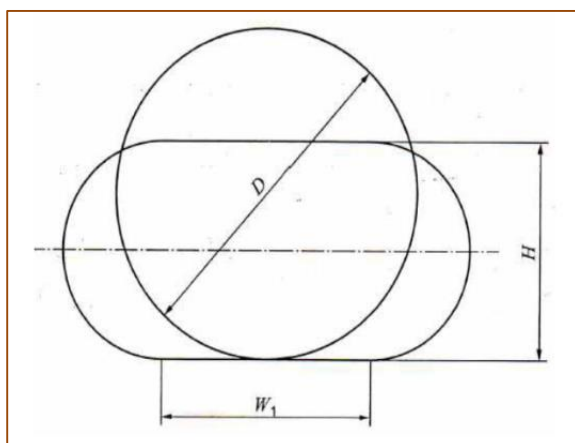
Jumlah momen gaya vertical sama dengan Nol dengan pivot posisi FP pada base line.
 Berat kapal * X kapal – $\sum M_x$ (F01.X1, F02.X2, F03.X3 ...) = 0
 $\sum M_x = 0$



Gambar 2.3. Gambar Keseimbangan Momen Gaya Memanjang Kapal

3.9.1 Tekanan Internal Air Bags

Menghitung tekanan dalam setiap airbag berdasarkan ketinggian airbag yang mengalami beban dari luar.



Gambar 2.4. Gambar Air Bag Tanpa & Terkena Beban dari luar

Jumlah udara pada Airbag sebelum ada beban dari luar (potongan bentuk bulat - V_0) sama dengan jumlah udara dari airbag saat menerima beban dari luar (potongan bentuk lonjong - V_1).

$$V_0 \times P_0 = V_1 \times P_1$$

V_0 : Volume airbag sebelum ada beban dari luar.

V_1 : Volume airbag saat ada beban dari luar.

P_0 dan P_1 : Tekanan internal airbag saat tidak ada beban dari luar dan saat ada beban dari luar.

$$V_0 = \pi \times D^2 / 4 \times L_e$$

$$V_1 = (\pi \times H^2 / 4 + H \times W_1) \times L_e$$

$F = L_e \times W_1 \times P_1$, adalah gaya angkat airbag

L_e : Panjang efektif airbag

$L \times W_1$: luas area kontak atau proyeksi permukaan deformasi airbag (m^2)

H : Tinggi Airbag saat ada beban luar.

Panjang keliling potongan Airbag sebelum ada tekanan dari luar = Panjang keliling potongan Airbag pada saat ada tekanan dari luar.

$$\rightarrow \pi \times D = \pi \times H + 2 \times W_1$$

$$\rightarrow 2 \times W_1 = (\pi \times D) - (\pi \times H)$$

$$\rightarrow W_1 = \pi (D - H) / 2$$

Airbag Characteristic

Tabel Constrains Height, Internal Pressure and Lifting Capacity

D	1.8	meter	Le	12	meter
A ₀	2.545	m ²	P ₀	0.045	Mpa
Constrain Height (H)	Contact Width (W ₁)	Contact Area (A _f)	Section Area (A ₁)	Internal Pressure (P ₁)	Lifting Capacity (F)
m	m	m ²	m ²	MPa	t
0.10	2.670	32.044	0.275	0.417	1361
0.20	2.513	30.159	0.534	0.214	659.2
0.30	2.356	28.274	0.778	0.147	424.5
0.40	2.199	26.389	1.005	0.114	306.4
0.50	2.042	24.504	1.217	0.094	235.0
0.60	1.885	22.619	1.414	0.081	186.8
0.70	1.728	20.735	1.594	0.072	151.8
D	1.8	meter	Le	12	meter
A ₀	2.545	m ²	P ₀	0.045	Mpa
Constrain Height	Contact Width	Contact Area	Section Area	Internal Pressure	Lifting Capacity

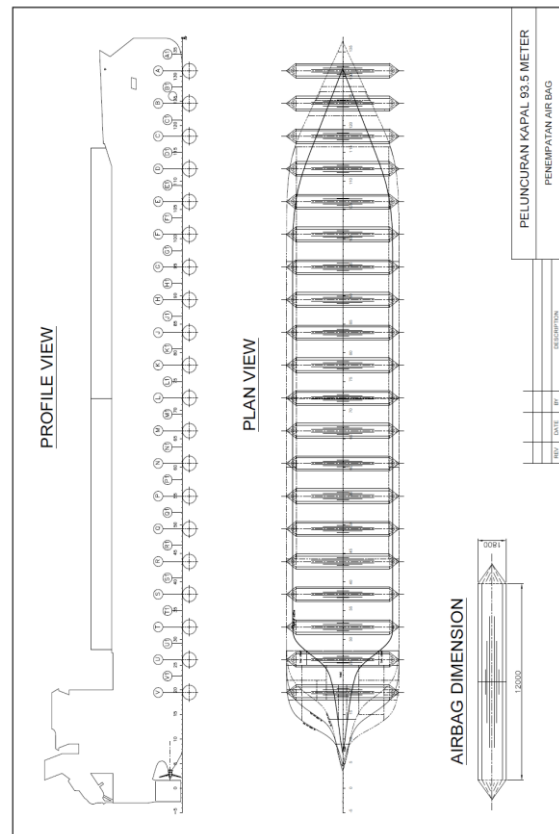
(H)	(W _i)	(A _f)	(A _i)	(P ₁)	(F)
m	m	m ²	m ²	MPa	t
0.80	1.571	18.850	1.759	0.065	125.1
0.90	1.414	16.965	1.909	0.060	103.9
1.00	1.257	15.080	2.042	0.056	86.20
1.10	1.100	13.195	2.160	0.053	71.31
1.20	0.942	11.310	2.262	0.051	58.36
1.30	0.785	9.425	2.348	0.049	46.85
1.40	0.628	7.540	2.419	0.047	36.38
1.50	0.471	5.655	2.474	0.046	26.68
1.60	0.314	3.770	2.513	0.046	17.51
1.70	0.157	1.885	2.537	0.045	8.67
1.75	0.079	0.942	2.543	0.045	4.33
1.80	0.000	0.000	2.545	0.045	0.00

Tabel 2.1. Constrain Height, Internal Pressure and Lifting Capacity

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Launching Saat kapal diam sebelum meluncur bebas

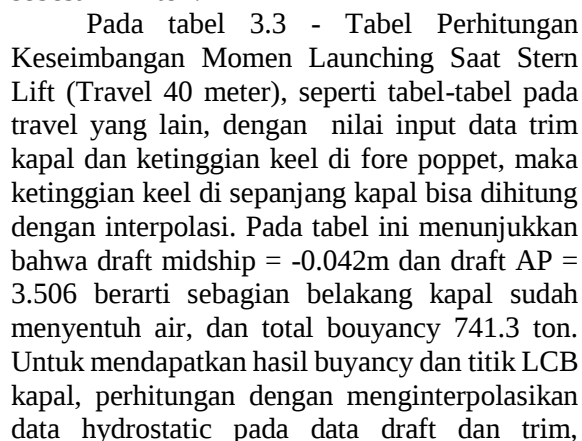
Perhitungan kondisi air bag saat kapal masih dalam posisi holding sebelum dilepas meluncur bebas, posisi air bag dengan formasi jarak antar air bag adalah 4 meter dan terletak melintang kapal, posisi tengah-tengah air bag (setengah panjang) berada pada posisi centerline kapal. Dan tekanan awal (kondisi bulat dia 1800mm) sebesar 0.045 MPa, seperti digambarkan pada gambar 3.1 – Gambar konfigurasi air bag saat holding.



Gambar 3. 1. Gambar Konfigurasi Air Bag Saat Holding

Pada tabel 3.1 - Tabel Perhitungan Keseimbangan Momen Launching Saat Holding, tabel perhitungan ini merupakan analisa perhitungan yang dilakukan dengan software Ms. Excel, proses ini diawali dengan menentukan nilai trim (aft) dan ketinggian keel di fore poppet sebagai titik pusat moent memanjang dalam perhitungan ini sampai tercapai nilai keseimbangan moment memanjang kapal, dengan data trim kapal dan ketinggian keel di fore poppet, maka ketinggian keel di sepanjang kapal bisa dihitung dengan interpolasi. Pada tabel ini menunjukkan bahwa draft midship = -1.521m dan draft AP = -0.285, artinya kapal belum menyentuh air, jadi tidak ada bouyancy dalam travel 0 meter ini, sehingga seluruh berat kapal ditahan oleh air bag. Seperti terlihat dala tabel weight and moment, load on air bag sebesar 1710 ton.

UNIV. MUHAMMADIYAH GRESEK TEKNIK KONSTRUKSI PERALATAN														
SKRIPSI PELUNCURAN KAPAL CARGO 93.5 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN PELUNCURAN														
PERGERAKAN SETAP 1 METER														
PERHITUNGAN														



Pada Tabel 3.4 Tabel Perhitungan Gaya Air Bag Saat Stern Lift (Travel 40 meter), menunjukkan lokasi air bag terhadap pusat momen, titik fore poppet. Seperti tabel-tabel pada travel yang lain, dengan berinputkan nilai trim (aft) dan ketinggian fore poppet, maka nilai ketinggian air bag (constrain height) didapat, dengan nilai ketinggian air bag maka didapatkan nilai tekanan internal air bag, sehingga total gaya

angkat dari air bag bisa didapatkan serta masing – masing gaya angkat air bag dan posisi masing-masing air bag dari fore popet, menghasilkan total momen gaya air bag.

Tekanan masing-masing air bag pada kondisi ini dapat dilihat pada kolom “Pressure L Effect”. Kondisi ini sebagian berat kapal ditahan oleh air bag dan sebagian lagi ditahan oleh buoyancy. Terlihat bahwa masing – masing air bag mengalami tekanan yang berbeda-beda, tergantung pada lokasi dan panjang efektif air bag yang menyentuh bottom kapal. Dari tabel ini terlihat bahwa air bag nomor “K” dan “L” mengalami tekanan yang tinggi dibanding dengan air bag yang lain, yaitu 0.105 MPa dan 0.096 MPa, tetapi nilai itu masih dibawah nilai safe working load dari air bag 0.150 Mpa.

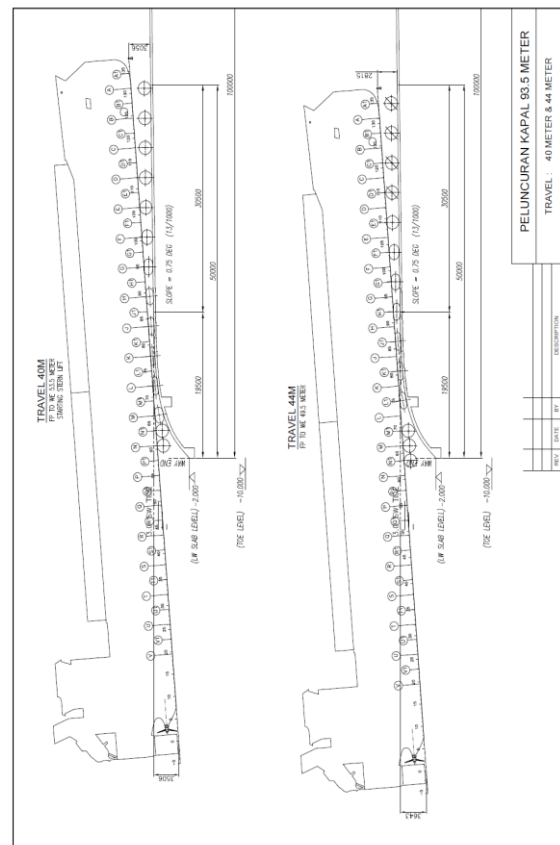
UNIV. MUHAMMADYAH GREK TEKNIK KONSTRUKSI PERKAPALAN														
SKRIPSI: PELUNCURAN KAPAL CARGO 93.5 METER														
PERHITUNGAN SETIAP 4 METER														
TRAVEL 40.00 m														
Air Bag Name Code	Position from Pop	Launchway Slope		H of keel over Pop		H of FPop over VE		Position Above VE		Vessel Slope		Contact Area (m ²)	Lifting Force (ton)	Moment from FP (ton.m)
		Diameter (m)	Effective (m)	Length (m)	On Load (m)	Pressure (MPa)	Constrain Height (m)	Sec. area at Hoops (m ²)	Cylindrical shape Pressure (MPa)	Pressure L Effect (MPa)	width (m)			
A	4	1.8	12.0	0.228	2.798	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
B	8.0	1.8	12.0	3.485	2.539	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
C	12.0	1.8	12.0	6.742	2.292	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
D	16.0	1.8	12.0	9.923	2.023	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
E	20.0	1.8	12.0	12.000	1.765	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
F	24.0	1.8	12.0	12.000	1.507	0.045	2.474	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
G	28.0	1.8	12.0	12.000	1.249	0.050	2.298	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
H	32.0	1.8	12.0	12.000	0.998	0.056	2.029	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
J	36.0	1.8	12.0	12.000	0.798	0.068	1.695	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
K	40.0	1.8	12.0	12.000	0.626	0.079	1.451	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
L	44.0	1.8	12.0	12.000	0.710	0.072	1.594	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
M	48.0	1.8	12.0	12.000	1.325	0.048	2.364	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
N	52.0	1.8	12.0	12.000	2.009	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
O	56.0	1.8	12.0	12.000	2.947	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
R	64.0	1.8	12.0	12.000	3.637	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
S	68.0	1.8	12.0	12.000	3.328	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
T	72.0	1.8	12.0	12.000	3.018	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
U	76.0	1.8	12.0	6.462	2.798	0.045	2.545	2.545	0.060	0.060	0.000	0.00	0.0	0.0
Max Pressure =											0.105	103.9	971.9	37674.4

Tabel 3.4. Tabel Perhitungan Gaya Air Bag Saat Stern Lift (Travel 40 m)

Pada Pada Tabel 3.4, juga menunjukkan bahwa 5 buah air bag (Air bag Q, R, S, T, U) sudah keluar dari depan kapal, dan N1 dan N berada dibawah bottom kapal yang

menghasilkan buoyancy yang mendorong bottom kapal keatas. Sehingga total gaya angkat oleh air bag sebesar 971.9 ton dan moment 37674 ton-meter.

Gambar 3.3. Gambar Kondisi Kapal dan Air Bag Saat Stern lift (40 meter Travel) dan Travel 44-meter, dari gambar tersebut dapat mengilustrasikan hasil perhitungan ketinggian masing-masing air bag (constrain height), dang menggambarkan posisi kapal saat di travel 40 meter, serta menggambarkan kondisi aft draft dan ketinggian fore Poppet terhadap landasan lurus. Bagian belakang kapal sudah tercelup ke air dan menghasilkan gaya buoyancy sehingga pada travel ini bagian belakang kapal sudah mulai terangkat.



Gambar 3.3. Gambar Kondisi Kapal dan Air Bag Saat Stern Lift dan 44-meter Travel

3.3. Rangkuman Hasil Perhitungan Launching

Tabel 3.5. ini merupakan rangkuman hasil perhitungan yang menunjukkan tekanan masing

masing air bag pada masing-masing travel peluncuran.

Air Bag	Air Bag Pressure (MPa) by Travel (m)					
	T00	T04	T08	T12	T16	T20
A	0.060	0.060	-	-	-	-
B	0.060	0.060	0.060	0.060	-	-
C	0.061	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
D	0.062	0.061	0.060	0.060	0.060	0.060
E	0.063	0.062	0.061	0.060	0.060	0.060
F	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.060
G	0.065	0.064	0.063	0.062	0.060	0.060
H	0.066	0.065	0.064	0.063	0.061	0.060
J	0.068	0.067	0.066	0.064	0.063	0.061
K	0.069	0.068	0.068	0.066	0.065	0.063
L	0.071	0.070	0.070	0.069	0.068	0.065
M	0.073	0.073	0.072	0.072	0.071	0.069
N	0.076	0.075	0.075	0.076	0.076	0.075
P	0.079	0.078	0.079	0.081	0.082	0.083
Q	0.082	0.082	0.084	0.087	0.090	0.095
R	0.087	0.086	0.089	0.095	0.101	0.109
S	0.092	0.090	0.095	0.101	0.113	0.125
T	0.096	0.094	0.099	0.105	0.113	0.114
U	0.076	0.091	0.095	0.093	0.087	0.076

Air Bag	Air Bag Pressure (MPa) by Travel (m)					
	T24	T28	T32	T36	T40	T44
A	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-
D	0.060	0.060	-	-	-	-
E	0.060	0.060	0.060	0.060	-	-
F	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
G	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
H	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060

Air Bag	Air Bag Pressure (MPa) by Travel (m)					
	T24	T28	T32	T36	T40	T44
J	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
K	0.061	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
L	0.063	0.062	0.061	0.061	0.062	0.063
M	0.067	0.065	0.064	0.065	0.066	0.068
N	0.073	0.072	0.071	0.073	0.075	0.078
P	0.083	0.083	0.083	0.086	0.090	0.091
Q	0.098	0.101	0.104	0.107	0.105	0.096
R	0.121	0.128	0.128	0.116	0.096	0.075
S	0.135	0.130	0.109	0.084	0.065	0.060
T	0.105	0.086	0.067	0.060	0.060	0.060
U	0.065	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060

Air Bag	Air Bag Pressure (Mpa) by Travel (m)					
	T48	T52	T56	T60	T64	T68
A	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-
G	0.060	0.060	-	-	-	-
H	0.060	0.060	0.060	0.060	-	-
J	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
K	0.061	0.061	0.062	0.062	0.063	0.062
L	0.064	0.065	0.067	0.068	0.069	0.069
M	0.070	0.072	0.075	0.077	0.077	0.075
N	0.079	0.080	0.081	0.078	0.073	0.066
P	0.088	0.082	0.074	0.065	0.060	0.060
Q	0.081	0.068	0.060	0.061	0.060	0.060
R	0.062	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
S	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
T	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060

Air Bag	Air Bag Pressure (Mpa) by Travel (m)					
	T48	T52	T56	T60	T64	T68
U	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060

Air Bag	Air Bag Pressure (Mpa) by Travel (m)					
	T48	T52	T56	T60	T64	T68
A	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-
G	0.060	0.060	-	-	-	-
H	0.060	0.060	0.060	0.060	-	-
J	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
K	0.061	0.061	0.062	0.062	0.063	0.062
L	0.064	0.065	0.067	0.068	0.069	0.069
M	0.070	0.072	0.075	0.077	0.077	0.075
N	0.079	0.080	0.081	0.078	0.073	0.066
P	0.088	0.082	0.074	0.065	0.060	0.060
Q	0.081	0.068	0.060	0.061	0.060	0.060
R	0.062	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
S	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
T	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
U	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060

Tabel 3.5. Tabel Rangkuman Tekanan Internal Air Bag

Tabel 3.6. ini merupakan rangkuman hasil perhitungan yang menunjukkan total gaya angkat air bag, total buoyancy kapal, ketinggian fore poppet terhadap landasan luncur, nilai aft trim kapal serta nilai draft aft dan midship. Dengan tabel ini bisa diketahui total gaya angkat air bag dan buoyancy serta posisi / kondisi kapal pada setiap langkah peluncuran.

Des-kripsi	Launching Travel (meter)					
	T00	T04	T08	T12	T16	T20
Air bag load (ton)	1710	1710	1710	1710	1703	1661
Buo-yancy (ton)	0	0	0	1	9	52
H Fore Pop (m)	1.712	1.728	1.843	1.986	2.206	2.509
Trim Aft (m)	2.47	2.52	2.80	3.18	3.72	4.46
Draft Mid (m)	-1.52	-1.46	-1.39	-1.29	-1.18	-1.07
Draft Aft (m)	-0.28	-0.20	0.02	0.30	0.68	1.17

Des-kripsi	Launching Travel (meter)					
	T24	T28	T32	T36	T40	T44
Air bag load (ton)	1565	1434	1247	1096	972	862
Buo-yancy (ton)	150	285	458	610	741	853
H Fore Pop (m)	2.868	3.132	3.340	3.260	3.056	2.815
Trim Aft (m)	5.36	6.15	6.89	7.12	7.10	6.94
Draft Mid (m)	-0.93	-0.74	-0.53	-0.28	-0.04	0.17
Draft Aft (m)	1.75	2.33	2.92	3.28	3.51	3.64

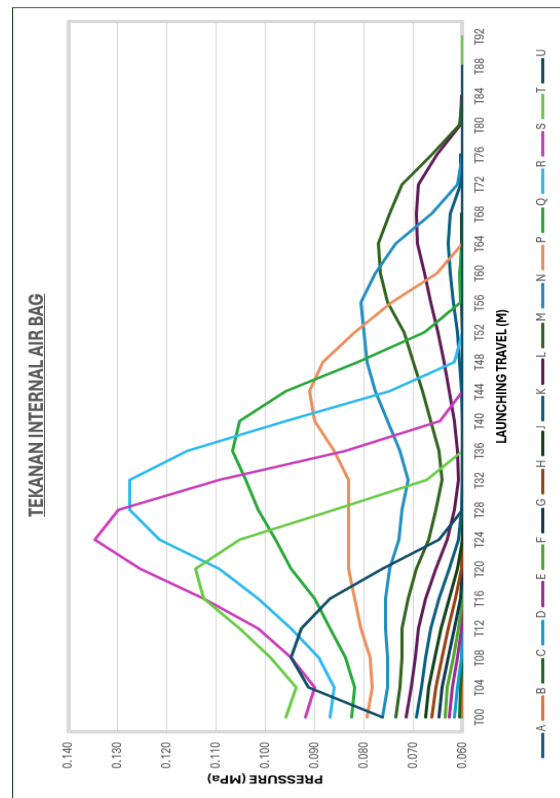
Des-kripsi	Launching Travel (meter)					
	T48	T52	T56	T60	T64	T68
Air bag load (ton)	745	674	605	554	477	426

Buo- yancy (ton)	961	1033	1108	1155	1232	1286
H Fore Pop (m)	2.581	2.326	2.034	1.752	1.438	1.111
Trim Aft (m)	6.77	6.47	6.12	5.71	5.28	4.77
Draft Mid (m)	0.37	0.53	0.70	0.83	0.98	1.10
Draft Aft (m)	3.75	3.77	3.75	3.68	3.62	3.49

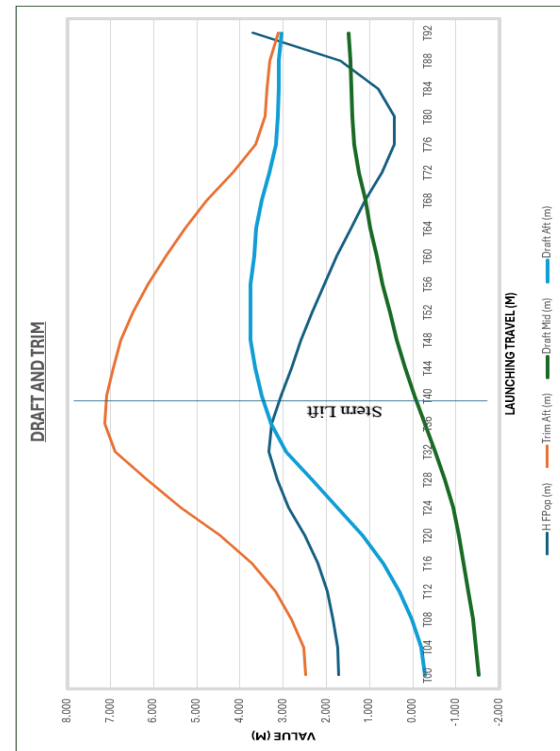
Des- kripsi	Launching Travel (meter)					
	T72	T76	T80	T84	T88	T92
Air bag load (ton)	338	261	214	198	178	134
Buo- yancy (ton)	1370	1448	1494	1511	1530	1575
H Fore Pop (m)	0.718	0.423	0.435	0.792	1.664	3.700
Trim Aft (m)	4.16	3.63	3.42	3.38	3.31	3.10
Draft Mid (m)	1.25	1.35	1.41	1.42	1.44	1.49
Draft Aft (m)	3.33	3.17	3.11	3.11	3.10	3.04

Tabel 3.6. Tabel Rangkuman Total Load, Buoyancy, Trim dan Draft

Dan berikut merupakan penyajian dalam bentuk grafik dari data-data tabel 3.6 (Tabel Rangkuman Total Load, Buoyancy, Trim dan Draft)



Grafik 3.1. Grafik Tekanan Internal Air Bag Saat Peluncuran



Grafik 3.2. Grafik Draft, Trim dan Ketinggian Fore Poppet

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis numerik terhadap perilaku airbag saat peluncuran kapal kargo sepanjang 93,5 meter, pada landasan luncur yang ujungnya berbentuk seperempat oval, dapat disimpulkan hal-hal berikut :

1. Perhitungan tekanan internal airbag pada saat kapal di-holding sebelum meluncur bebas menunjukkan bahwa distribusi beban kapal terhadap masing-masing airbag bersifat tidak merata, terlihat dari table 4.2, memperlihatkan ketinggian air bag bagian belakang ketinggiannya paling rendah dan semakin ke depan semakin tinggi, hal ini menunjukkan bahwa bagian belakang mengalami tekanan lebih tinggi dikarenakan titik berat kapal berada lebih kebelakang.
2. Pada saat kapal meluncur bebas, air bag bergerak 0.5 kali dari pergerakan kapal, sehingga setengah jumlah air bag tertinggal didepan kapal. Dan perhitungan tekanan air bag selama peluncuran yang ditunjukkan pada pada tabel 4.5 – rangkuman tekanan internal air bag, menunjukkan bahwa distribusi beban kapal terhadap masing-masing airbag bersifat tidak merata, dan selama peluncuran tidak adanya tekanan airbag yang melebihi 0.15 MPa (Max safe working pressure).
3. Pada saat stern lift (travel 40 meter), dengan kondisi kapal aft trim 7.095 meter, tekanan pada air bag maximum adalah 0.105 MPa, (70% dari max. safe working pressure), dengan ujung landasan luncur berbentuk $\frac{1}{4}$ oval, sangat baik untuk mengurangi kondisi air bag over pressure.
4. Berdasarkan pada table rangkuman tekanan air bag, dapat ditarik kesimpulan bahwa air bag mengalami tekanan tinggi pada travel 20m – 32m (kondisi menuju stern lift) terjadi pada air bag R & S, yaitu air bag yang terletak pada sekitaran 25% - 30% panjang kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., & Sarena, S. (2024). Design of a Passenger Ship Launch Using an Air Bag System. *Jurnal Teknologi*, 16, 17. doi:https://doi.org/10.24853/jurtek.16.1.17-26
- Akyildiz, H., & Menten, A. (2023). Risk Assessment of Launching Airbags Using Functional Resonance Accident Model. *Transactions on Maritime Science*, XII. doi:https://doi.org/10.7225/toms.v12.n02.005
- Dzulfiqar, M. A., Pujo, N. F., Pamungkas, N., Mufariz, M. F., & Fadhillah, N. (2024). STUDI PERHITUNGAN DAN IMPLEMENTASI AIRBAG PADA PELUNCURAN KAPAL TONGKANG 330 FEET BERDASARKAN STANDAR CB/T 3837-1998. *J-ENSITEC*, XI, 10131–10136. doi:https://doi.org/10.31949/jensitec.v11i01.11541
- FRICK, H. (1978). *MEKANIKA TEKNIK 1 - Statika dan Kegunaannya*. Kanisius.
- Hendra Gonawan, C., Jamal Ikhwan, R., Hidayat, T., & Suwedy, W. (2023). Numerical Investigation of the Laying of Airbag Arrangements on Launching Barges. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, VIII(2).
- Irawanto, Z., Puryantini, N., Ali, B., & Prasodjo, B. S. (2019). KAJIAN EKSPERIMENTAL PELUNCURAN KAPAL MENGGUNAKAN AIR BAG EXPERIMENTAL STUDY ON SHIP LAUNCHING USING AIRBAGS.
- Irawanto, Z., Puryantini, N., Ali, B., & Prasodjo, B. S. (2019). Kajian Eksperimental Peluncuran Kapal Menggunakan Airbag.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architects and Marine Engineers* (Vol. I). The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Liu, K., Wang, Y., Wu, Z., Pi, J., Gho, W. M., & Zhou, B. (2022). Numerical Simulation on Dynamic Characteristics of Longitudinal Launching of Large Container Ships. *Journal of Marine Science and Engineering*, X(11). doi:https://doi.org/10.3390/jmse10111583
- M. Leavitt, C. (n.d.). *Chapter XVII: Launching*.
- Noegraha, A. D., Djamaluddin, R., Irmawaty, R., & Sitepu, G. (2025). 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*, XLIX(2), 278-295. doi:<https://doi.org/10.37934/araset.49.2.278295>
- Robert, T., & Ed. (1980). *Ship Design and Construction*. Jersey, NJ: SNAME.
- Sugeng, S., Ridwan, M., & Febriary Khristyson, S. (2020). Technical and Economic Analysis of Ship Launching with Slipway and Airbag KM. Sabuk Nusantara 72 in PT. Janata Marina Indah Shipyard Semarang. *TEKNIK*, XLI(3), 225–231. doi:<https://doi.org/10.14710/teknik.v41n3.33710>
- Xu, J., Liu, M., Yang, H., Fu, T., & Tian, J. (2019). The enhancement of filament winding in marine launching rubber gasbag. *Science and Engineering of Composite Materials*, XXVI(1), 540–549. doi:<https://doi.org/10.1515/secm-2019-0036>
- Yusim, A. K., Fastabiq, I., Dan, A., Sri, B., Teknologi, W. P., Konstruksi, R., . . . UNDIP, V. (2021). ANALISA KEBUTUHAN AIRBAGS UNTUK DOCKING UNDOCKING KAPAL TONGKANG VIRGO SEJATI 177 DI PT. YASA WAHANA TIRTA SAMUDERA. *SENSISTEK*, IV(1).