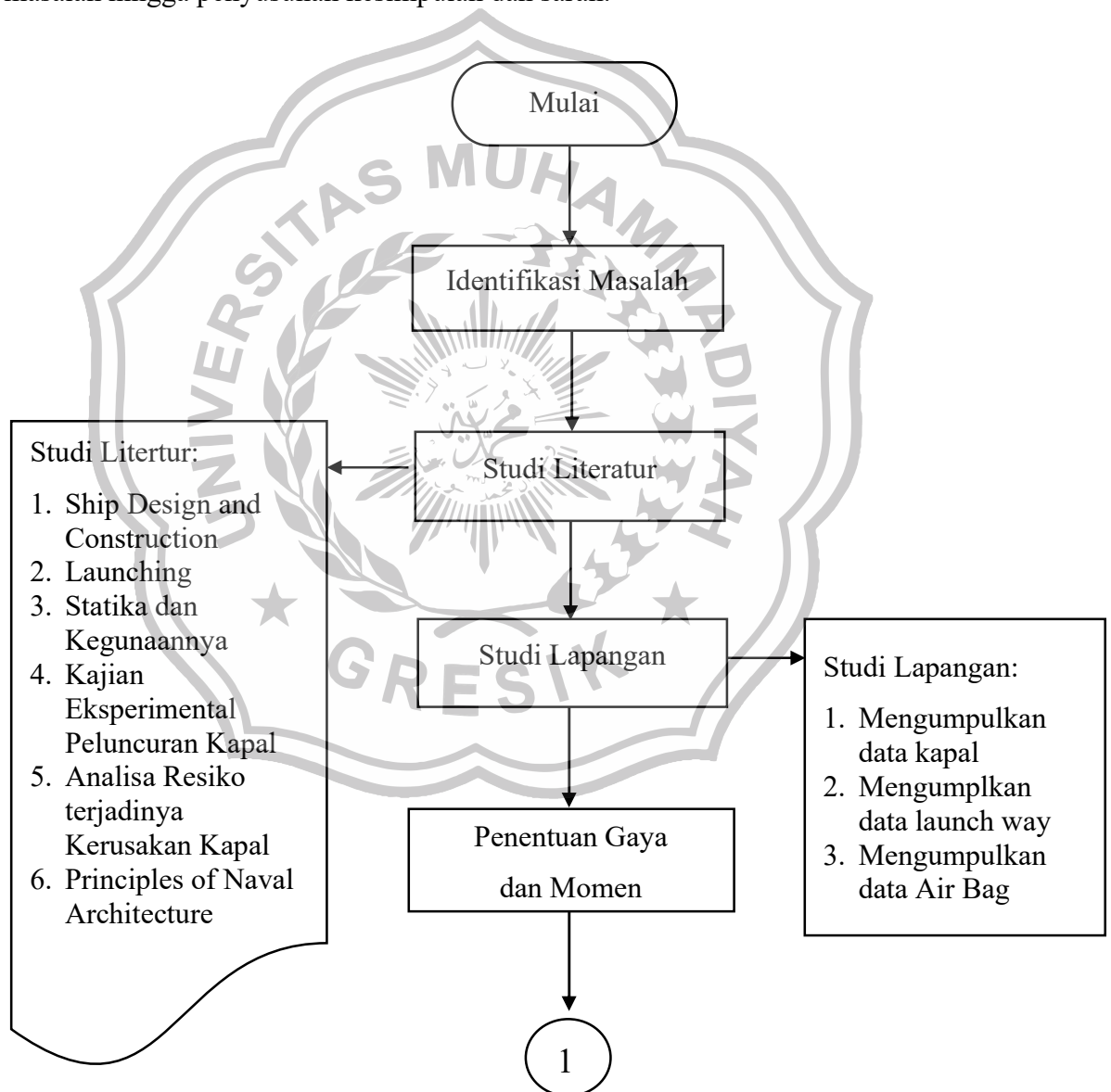


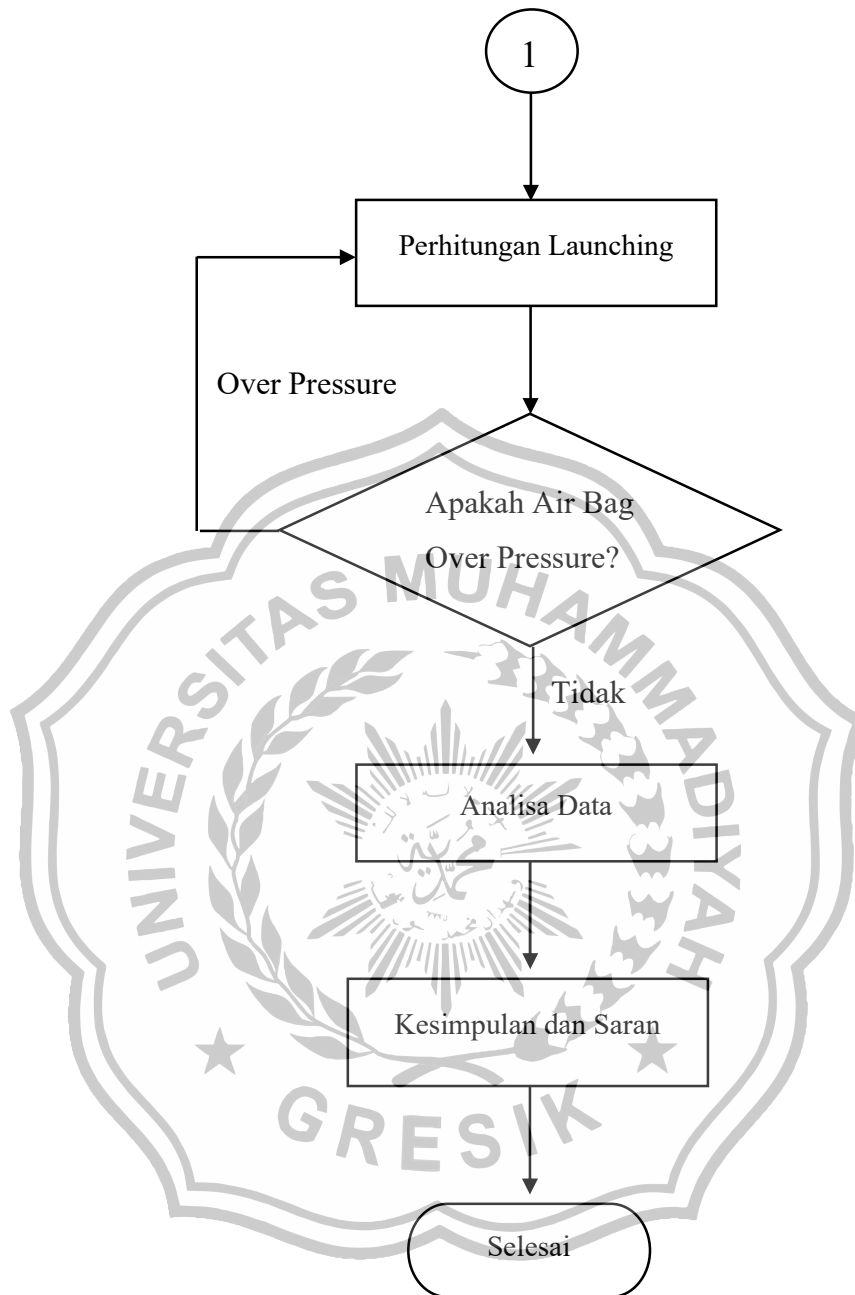
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir

Untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai tahapan yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini, berikut disajikan diagram alir metodologi penelitian yang menggambarkan alur kerja mulai dari identifikasi masalah hingga penyusunan kesimpulan dan saran.





Gambar 3. 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan analisis numerik. Fokus penelitian adalah menganalisis perilaku airbag selama proses peluncuran kapal berdasarkan gaya berat kapal, keseimbangan momen memanjang kapal, dan perubahan tekanan internal airbag. Penelitian ini dilakukan secara perhitungan numerik dengan bantuan perangkat lunak Ms. Excel.

3.3 Identifikasi Masalah

Proses ini dimulai dengan langkah pertama yang sangat krusial, yaitu identifikasi masalah. Langkah ini melibatkan pengamatan dan analisis mendalam untuk mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi oleh industri kapal untuk meluncurkan kapal. Dalam tahap ini, penulis berusaha memahami akar permasalahan terjadinya air bag meletus pada tahap akhir peluncuran yang berdampak terhadap kerusakan struktur kapal atau keselamatan pekerja pelaksana peluncuran kapal. Identifikasi masalah ini bukan hanya merupakan langkah awal yang penting, tetapi juga menentukan arah penelitian selanjutnya.



Gambar 3. 2 Kondisi Peluncuran, Bagian Depan Kapal Terangkat
Sumber: <http://www.eversafe-marine.com>



Airbag bursted when stern dropped down

Gambar 3. 3 Kondisi Peluncuran, Air Bag meletus

Sumber: <http://www.eversafe-marine.com>

3.4 Objek Penelitian

Objek yang dianalisis dalam penelitian ini adalah sebuah kapal kargo dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Panjang keseluruhan kapal (LOA) : 93.5 meter
- Lebar kapal (B) : 14.2 meter
- Berat kapal kosong : 1675 ton
- Berat Peluncuran : 1710 ton
- Titik berat memanjang kapal (LCG) : 38.8 meter from AP
- Titik berat vertikal kapal (VCG) : 5.1 meter above BL
- Jumlah airbag yang digunakan : 20 Airbag
- Diameter airbag : 1.8 meter
- Panjang airbag - Efektif : 12 meter
- Tekanan kerja airbag : 0,15–0,68 MPa

3.5 Studi Literatur

Tahap studi literatur pada pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan guna lebih memahami materi dan permasalahan yang ada terkait dengan penelitian. Studi literatur ini diperoleh dari beberapa jurnal ilmiah, buku, refrensi tugas akhir sebelumnya, serta website, daftar referensi ada di bagian akhir proposal ini (daftar Pustaka)

3.6 Studi Lapangan

Tahap studi lapangan pada pengerjaan tugas akhir ini dilakukan untuk mendapatkan data – data di lapangan yang terkait dengan proses perhitungan atau Analisa launching ini, diantaranya :

- Data kapal seperti pada point 3.4 (Objek Penelitian)
- Gambar launch way yang digunakan.



Gambar 3. 4 Gambar Profile Landasan Luncur
Sumber: KTU Shipyard



Sumber: KTU Shipyard

➤ Data air bags.

NANHAI SHIP LAUNCHING AIRBAGS

NANHAI is the international leading ship launching airbags manufacturer with 20 years in airbags production. NANHAI Ship launching airbags design and manufacture according to ISO 14409:2011. And each item parameter far exceed ISO14409. "Superior Guarantee, Supreme Guard"



The core indicators of ship launching airbag quality comes from Rated Working Pressure, Bearing Capacity and Minimum Burst Pressure. These data are calculated by specific calculation formulas. Another important indicator is NANHAI ship launching airbag safety factor could reach at least 4.5 times. (Normal 3 times)

Airbag Layers	Diameter	Rated Working Pressure	Bearing Capacity at 70% Compress Deformation	Minimum Burst Pressure
	m	kPa	KN/m	kPa
6 Layers	1.2	197	260	887
	1.5	157	259	709
	1.8	131	259	591
7 Layers	1.2	229	302	1031
	1.5	183	302	824
	1.8	152	301	687
8 Layers	1.2	260	343	1172
	1.5	208	343	937
	1.8	173	342	781
9 Layers	1.2	291	384	1311
	1.5	233	384	1049
	1.8	194	384	874

(Layers: The numbers of synthetic tire cord layers)

$$F=PS, S=\pi \times (D-H)/2$$

F: Bearing Capacity (Unit:KN/m)

P: Working Pressure (Unit:kPa)

S: Contact Area (Unit:m²)

D: Airbag Diameter (Uncompressed)

H: Height after airbag compressed



Notes According to the size (width, length) and weight of different ships, the selection of ship launching airbags need to be designed and calculated (if customer need selection and specific data, please contact us). Therefore, the airbag parameters of some models are listed here for reference.

Gambar 3. 6 Gambar Data Air Bag

Sumber: <https://nhmaritime.com>

NANHAI SHIP LAUNCHING AIRBAGS

Rubber Material Specifications

NANHAI is the international leading ship launching airbags manufacturer with 20 years in airbags production. NANHAI Ship launching airbags design and manufacture according to ISO 14409:2011. And each item parameter far exceed ISO14409. "Superior Guarantee, Supreme Guard"



ISO14409 provide guidance data on rubber physical properties. NANHAI rubber material's tensile strength and tear strength etc. indicators all exceed ISO 14409, fully protect ship all-weather and under rough application conditions. Contact us to know more indicators.

No.	Rubber Material Test Item	Value	Standard
1	Tensile Strength, Mpa	≥18	ISO 37
2	Elongation at break, %	≥400	ISO 37
3	Hardness, ° (Shore A)	60±10	ISO 7619-1
4	Tear Strength, N/cm	≥400	ISO 34-1
5	Compression set % (70°C±1°C, 22h)	≤30	ISO 815-1
6	Holding of pull lengthening, %	≥80	ISO 188
7	Holding of elongation at break, %	≥80	ISO 188
8	Change of hardness, ° (Shore A)	≤8	ISO 7619-1
9	Static ozone aging at 40°C x 96h, extension 20%	No crack	ISO 1431-1

NOTE: Above data are the minimum performance requirements for rubber materials of NANHAI. Please contact us for specific performance parameters.

Gambar 3. 7 Gambar Data Lapisan Air Bag
Sumber : <https://nhmaritime.com>

3.7 Proses Perhitungan Launching

Perhitungan numerik dilakukan untuk menganalisis kondisi peluncuran dalam beberapa tahap:

- Saat kapal diam di atas airbag
- Saat kapal meluncur bebas (dilepasnya holding point) bergerak menuruni landasan dengan step setiap 4-meter pergerakan kapal meluncur
- Saat kapal pada kondisi stern lift.

Pendekatan perhitungan dilakukan menggunakan program Ms Excel berdasarkan sistem persamaan gaya dan momen. Dengan nilai pendekatan ketelitian 10 ton untuk gaya vertical dan 100 ton.m untuk momen memanjang kapal serta draft kapal dengan interval 1 cm.

3.8 Penentuan Kapal dan Parameter Peluncuran

- Mendapatkan data dimensi, berat, dan posisi titik berat kapal
- Mendapatkan data hydrostatic trim kapal
- Menentukan posisi awal kapal pada launchway
- Menggambarkan posisi / kemiringan launch way
- Menentukan posisi pasang air laut dan profile seabed
- Menentukan posisi dan jumlah air bag

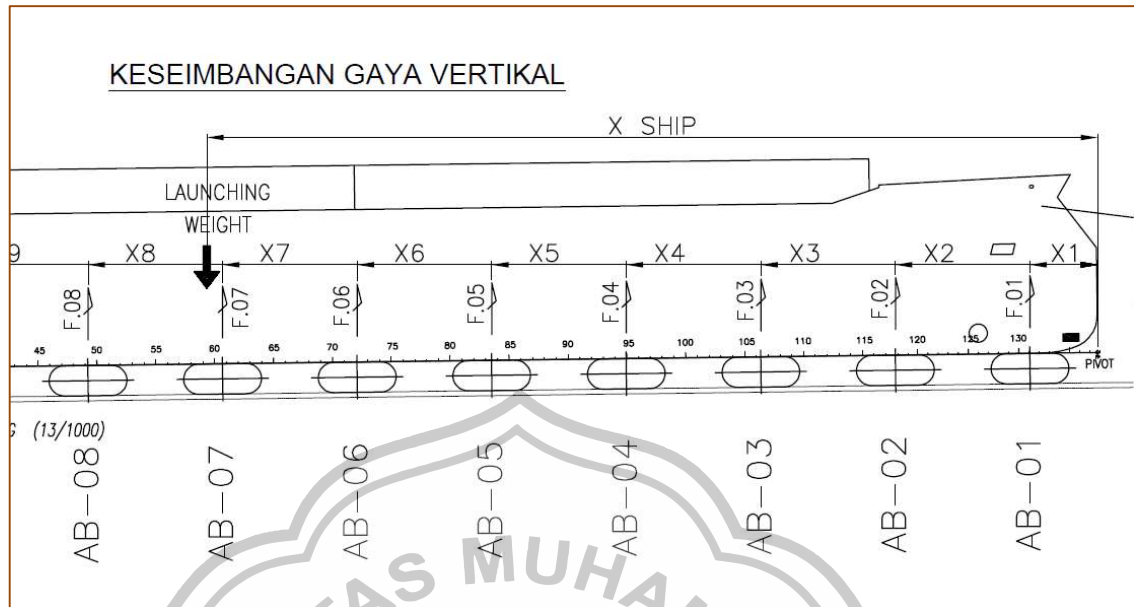
3.9 Proses Perhitungan Peluncuran

3.9.1 Keseimbangan Gaya Vertikal

Jumlah gaya vertical sama dengan Nol,

$$\text{Berat kapal} - \sum F_z (F_{01}, F_{02}, F_{03} \dots) = 0$$

$$\sum F_z = 0$$



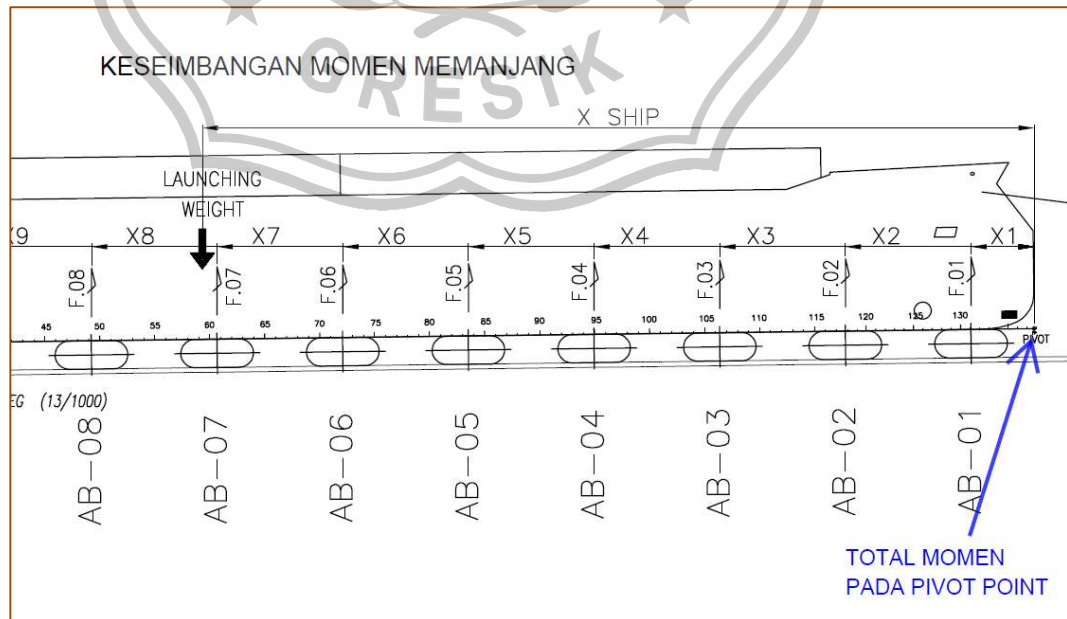
Gambar 3. 8 Gambar Keseimbangan Gaya Vertikal
Sumber : Dokumen Pribadi

3.9.2 Keseimbangan Momen Memanjang Kapal

Jumlah momen gaya vertical sama dengan Nol dengan pivot posisi FP pada base line.

$$\text{Berat kapal} * X \text{ kapal} - \sum M_x (F.01.X.01, F.02.X.02, F.03.X.03 \dots) = 0$$

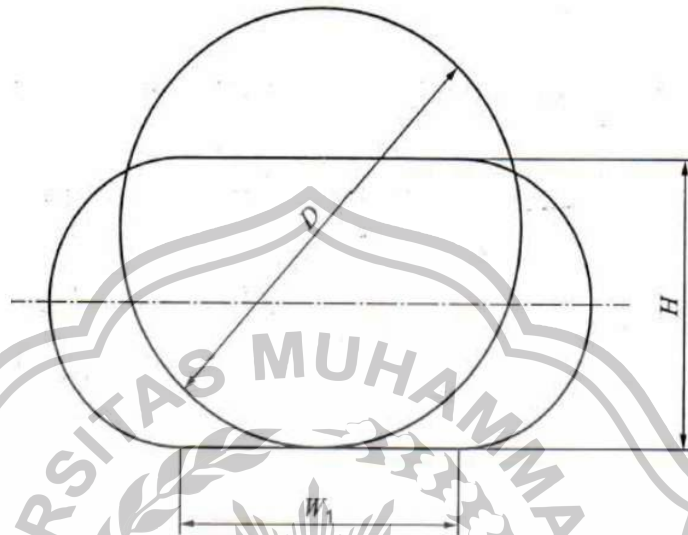
$$\sum M_x = 0$$



Gambar 3. 9 Gambar Keseimbangan Momen Gaya Memanjang Kapal
Sumber : Dokumen Pribadi

3.9.3 Tekanan Internal Air Bags

Menghitung tekanan dalam setiap airbag berdasarkan ketinggian airbag yang mengalami tekanan 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.*

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

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

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

Tabel 3. 1 Tabel karakteristik airbag saat ada beban luar

Airbag Characteristic

Constrain Height, Internal Pressure and Lifting Capacity

D	1.8	meter	Le	12	meter
A ₀	2.545	m ²	P ₀	0.045	Mpa
Constrained 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	1360.73
0.11	2.655	31.856	0.302	0.380	1233.27
0.12	2.639	31.667	0.328	0.349	1127.04
0.13	2.623	31.479	0.354	0.323	1037.13
0.14	2.608	31.290	0.380	0.301	960.05
0.15	2.592	31.102	0.406	0.282	893.23
0.16	2.576	30.913	0.432	0.265	834.75
0.17	2.560	30.725	0.458	0.250	783.13
0.18	2.545	30.536	0.483	0.237	737.24
0.19	2.529	30.348	0.509	0.225	696.16
0.20	2.513	30.159	0.534	0.214	659.17
0.21	2.498	29.971	0.559	0.205	625.70
0.22	2.482	29.782	0.584	0.196	595.26
0.23	2.466	29.594	0.609	0.188	567.46
0.24	2.450	29.405	0.633	0.181	541.96
0.25	2.435	29.217	0.658	0.174	518.49
0.26	2.419	29.028	0.682	0.168	496.81
0.27	2.403	28.840	0.706	0.162	476.73
0.28	2.388	28.651	0.730	0.157	458.08
0.29	2.372	28.463	0.754	0.152	440.70
0.30	2.356	28.274	0.778	0.147	424.47

D	1.8	meter	Le	12	meter
A ₀	2.545	m ²	P ₀	0.045	Mpa
Constrained 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
0.31	2.340	28.086	0.801	0.143	409.28
0.32	2.325	27.897	0.824	0.139	395.03
0.33	2.309	27.709	0.848	0.135	381.63
0.34	2.293	27.520	0.871	0.132	369.02
0.35	2.278	27.332	0.893	0.128	357.11
0.36	2.262	27.143	0.916	0.125	345.86
0.37	2.246	26.955	0.939	0.122	335.21
0.38	2.231	26.766	0.961	0.119	325.12
0.39	2.215	26.578	0.983	0.116	315.53
0.40	2.199	26.389	1.005	0.114	306.41
0.41	2.183	26.201	1.027	0.111	297.74
0.42	2.168	26.012	1.049	0.109	289.46
0.43	2.152	25.824	1.071	0.107	281.57
0.44	2.136	25.635	1.092	0.105	274.02
0.45	2.121	25.447	1.113	0.103	266.81
0.46	2.105	25.258	1.134	0.101	259.90
0.47	2.089	25.070	1.155	0.099	253.28
0.48	2.073	24.881	1.176	0.097	246.93
0.49	2.058	24.693	1.197	0.096	240.83
0.50	2.042	24.504	1.217	0.094	234.96
0.51	2.026	24.316	1.238	0.093	229.32
0.52	2.011	24.127	1.258	0.091	223.90
0.53	1.995	23.939	1.278	0.090	218.66
0.54	1.979	23.750	1.298	0.088	213.62
0.55	1.963	23.562	1.318	0.087	208.76
0.56	1.948	23.373	1.337	0.086	204.06
0.57	1.932	23.185	1.356	0.084	199.52
0.58	1.916	22.996	1.376	0.083	195.13
0.59	1.901	22.808	1.395	0.082	190.88
0.60	1.885	22.619	1.414	0.081	186.77

D	1.8	meter	Le	12	meter
A ₀	2.545	m ²	P ₀	0.045	Mpa
Constrained 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
0.61	1.869	22.431	1.432	0.080	182.78
0.62	1.854	22.242	1.451	0.079	178.92
0.63	1.838	22.054	1.470	0.078	175.18
0.64	1.822	21.865	1.488	0.077	171.54
0.65	1.806	21.677	1.506	0.076	168.02
0.66	1.791	21.488	1.524	0.075	164.59
0.67	1.775	21.300	1.542	0.074	161.26
0.68	1.759	21.112	1.559	0.073	158.02
0.69	1.744	20.923	1.577	0.073	154.87
0.70	1.728	20.735	1.594	0.072	151.81
0.71	1.712	20.546	1.612	0.071	148.82
0.72	1.696	20.358	1.629	0.070	145.91
0.73	1.681	20.169	1.645	0.070	143.08
0.74	1.665	19.981	1.662	0.069	140.31
0.75	1.649	19.792	1.679	0.068	137.62
0.76	1.634	19.604	1.695	0.068	134.99
0.77	1.618	19.415	1.711	0.067	132.42
0.78	1.602	19.227	1.728	0.066	129.91
0.79	1.587	19.038	1.744	0.066	127.46
0.80	1.571	18.850	1.759	0.065	125.07
0.81	1.555	18.661	1.775	0.065	122.73
0.82	1.539	18.473	1.790	0.064	120.44
0.83	1.524	18.284	1.806	0.063	118.20
0.84	1.508	18.096	1.821	0.063	116.00
0.85	1.492	17.907	1.836	0.062	113.86
0.86	1.477	17.719	1.851	0.062	111.76
0.87	1.461	17.530	1.865	0.061	109.70
0.88	1.445	17.342	1.880	0.061	107.68
0.89	1.429	17.153	1.894	0.060	105.70
0.90	1.414	16.965	1.909	0.060	103.76

D	1.8	meter	Le	12	meter
A ₀	2.545	m ²	P ₀	0.045	Mpa
Constrained 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
0.91	1.398	16.776	1.923	0.060	101.86
0.92	1.382	16.588	1.936	0.059	99.99
0.93	1.367	16.399	1.950	0.059	98.16
0.94	1.351	16.211	1.964	0.058	96.36
0.95	1.335	16.022	1.977	0.058	94.59
0.96	1.319	15.834	1.991	0.058	92.85
0.97	1.304	15.645	2.004	0.057	91.15
0.98	1.288	15.457	2.017	0.057	89.47
0.99	1.272	15.268	2.029	0.056	87.82
1.00	1.257	15.080	2.042	0.056	86.20
1.01	1.241	14.891	2.055	0.056	84.60
1.02	1.225	14.703	2.067	0.055	83.04
1.03	1.210	14.514	2.079	0.055	81.49
1.04	1.194	14.326	2.091	0.055	79.97
1.05	1.178	14.137	2.103	0.054	78.47
1.06	1.162	13.949	2.115	0.054	77.00
1.07	1.147	13.760	2.126	0.054	75.55
1.08	1.131	13.572	2.138	0.054	74.11
1.09	1.115	13.383	2.149	0.053	72.70
1.10	1.100	13.195	2.160	0.053	71.31
1.11	1.084	13.006	2.171	0.053	69.94
1.12	1.068	12.818	2.182	0.052	68.58
1.13	1.052	12.629	2.192	0.052	67.25
1.14	1.037	12.441	2.203	0.052	65.93
1.15	1.021	12.252	2.213	0.052	64.63
1.16	1.005	12.064	2.223	0.052	63.35
1.17	0.990	11.875	2.233	0.051	62.08
1.18	0.974	11.687	2.243	0.051	60.83
1.19	0.958	11.498	2.252	0.051	59.59
1.20	0.942	11.310	2.262	0.051	58.36

D	1.8	meter	Le	12	meter
A ₀	2.545	m ²	P ₀	0.045	Mpa
Constrained 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
1.21	0.927	11.121	2.271	0.050	57.16
1.22	0.911	10.933	2.280	0.050	55.96
1.23	0.895	10.744	2.290	0.050	54.78
1.24	0.880	10.556	2.298	0.050	53.61
1.25	0.864	10.367	2.307	0.050	52.45
1.26	0.848	10.179	2.316	0.049	51.31
1.27	0.833	9.990	2.324	0.049	50.18
1.28	0.817	9.802	2.332	0.049	49.06
1.29	0.801	9.613	2.340	0.049	47.95
1.30	0.785	9.425	2.348	0.049	46.85
1.31	0.770	9.236	2.356	0.049	45.76
1.32	0.754	9.048	2.364	0.048	44.68
1.33	0.738	8.859	2.371	0.048	43.61
1.34	0.723	8.671	2.378	0.048	42.55
1.35	0.707	8.482	2.386	0.048	41.50
1.36	0.691	8.294	2.393	0.048	40.46
1.37	0.675	8.105	2.399	0.048	39.43
1.38	0.660	7.917	2.406	0.048	38.41
1.39	0.644	7.728	2.413	0.047	37.39
1.40	0.628	7.540	2.419	0.047	36.38
1.41	0.613	7.351	2.425	0.047	35.38
1.42	0.597	7.163	2.431	0.047	34.39
1.43	0.581	6.974	2.437	0.047	33.40
1.44	0.565	6.786	2.443	0.047	32.42
1.45	0.550	6.597	2.448	0.047	31.45
1.46	0.534	6.409	2.454	0.047	30.49
1.47	0.518	6.220	2.459	0.047	29.53
1.48	0.503	6.032	2.464	0.046	28.57
1.49	0.487	5.843	2.469	0.046	27.62
1.50	0.471	5.655	2.474	0.046	26.68

D	1.8	meter	Le	12	meter
A ₀	2.545	m ²	P ₀	0.045	Mpa
Constrained 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
1.51	0.456	5.466	2.479	0.046	25.74
1.52	0.440	5.278	2.483	0.046	24.81
1.53	0.424	5.089	2.487	0.046	23.88
1.54	0.408	4.901	2.492	0.046	22.96
1.55	0.393	4.712	2.496	0.046	22.04
1.56	0.377	4.524	2.499	0.046	21.13
1.57	0.361	4.335	2.503	0.046	20.22
1.58	0.346	4.147	2.507	0.046	19.31
1.59	0.330	3.958	2.510	0.046	18.41
1.60	0.314	3.770	2.513	0.046	17.51
1.61	0.298	3.581	2.516	0.046	16.61
1.62	0.283	3.393	2.519	0.045	15.72
1.63	0.267	3.204	2.522	0.045	14.83
1.64	0.251	3.016	2.525	0.045	13.94
1.65	0.236	2.827	2.527	0.045	13.06
1.66	0.220	2.639	2.529	0.045	12.18
1.67	0.204	2.450	2.531	0.045	11.30
1.68	0.188	2.262	2.533	0.045	10.42
1.69	0.173	2.073	2.535	0.045	9.55
1.70	0.157	1.885	2.537	0.045	8.67
1.71	0.141	1.696	2.538	0.045	7.80
1.72	0.126	1.508	2.540	0.045	6.93
1.73	0.110	1.319	2.541	0.045	6.06
1.74	0.094	1.131	2.542	0.045	5.19
1.75	0.079	0.942	2.543	0.045	4.33
1.76	0.063	0.754	2.543	0.045	3.46
1.77	0.047	0.565	2.544	0.045	2.59
1.78	0.031	0.377	2.544	0.045	1.73
1.79	0.016	0.188	2.545	0.045	0.86
1.80	0.000	0.000	2.545	0.045	0.00

3.10 Validasi dan Evaluasi

Hasil perhitungan dibandingkan dengan data referensi spesifikasi air bags dan main dimensi kapal. Evaluasi dilakukan terhadap:

- Kesesuaian tekanan internal dengan batas aman spesifikasi airbag
- Kestabilan kapal dari sisi momen memanjang kapal – deck immerge
- Digambarkan dalam bentuk table dan kurva

3.11 Analisa Data

Melakukan Analisa pada hasil perhitungan terhadap perlakuan air bag saat launching, meliputi :

- Apakah terdapat air bag yang mengalami over pressure.
- Air bag mana yang mengalami tekanan tertinggi pada setiap langkah launching.

3.12 Kesimpulan

Pada tahap ini kesimpulan di ambil dari 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, sehingga didapatkan pada air bag yang mana yang mengalami perubahan tekanan yang tinggi dibandingkan dengan air bag yang lainnya.