



**TUGAS AKHIR – (ME184834)**

**ANALISA TEKNIS PENGANGKATAN KAPAL  
MENGUNAKAN METODE LIFTING DAN AIRBAGS**

Maulana Eko Saputro  
NRP 04211746000019

Dosen Pembimbing :  
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**TUGAS AKHIR – (ME184834)**

**ANALISA TEKNIS PENGANGKATAN KAPAL  
MENGUNAKAN METODE LIFTING DAN AIRBAGS**

Maulana Eko Saputro  
NRP 04211746000019

Dosen Pembimbing :  
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BACHELOR THESIS – (ME184834)**

# **SHIP LIFTING'S TECHNICAL ANALYSIS USING LIFTING METHOD AND AIRBAGS**

Maulana Eko Saputro  
NRP 04211746000019

Supervisor :  
Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.  
Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN****ANALISA TEKNIS PENGANGKATAN KAPAL MENGGUNAKAN METODE  
*LIFTING DAN AIRBAGS*****TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjan Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Fluid and Machinery System* (MMS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MAULANA EKO SAPUTRO**

**NRP. 04211746000019**

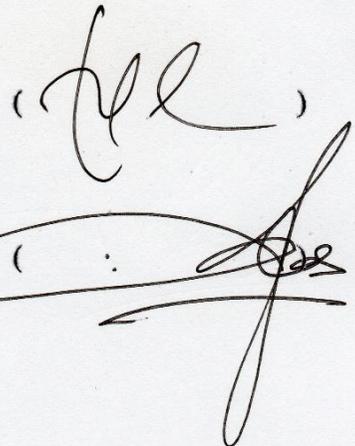
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.

NIP. 197603102000031001

2. Ir. Agoes Santoso, Msc., M.phil.

NIP. 196809281991021001



**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN****ANALISA TEKNIS PENGANGKATAN KAPAL MENGGUNAKAN METODE  
LIFTING DAN AIRBAGS****TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjan Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Fluid and Machinery System* (MMS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MAULANA EKO SAPUTRO**

**NRP. 0421174600019**

Disetujui Oleh Kepala Departemen  
Teknik Sistem Perkapalan



**Beny Cahyono, S.T.,M.T.,Ph.D**  
**NIP. 197903192008011008**

**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## ANALISA TEKNIS PENGANGKATAN KAPAL MENGGUNAKAN METODE *LIFTING DAN AIRBAGS*

Nama : Maulana Eko Saputro  
NRP : 0421174600019  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing 1 : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.  
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

### ABSTRAK

Jenis kecelakaan kapal yang paling umum terjadi ialah kapal tenggelam, dimana kecelakaan kapal tenggelam disebabkan oleh kehilangan *buoyancy* dari kapal tersebut, yang mengakibatkan kapal tersebut tenggelam. Kapal tenggelam membutuhkan tindakan penyelamatan, baik untuk menyelamatkan kapal ataupun pembersihan alur pelayaran untuk mengurangi bahaya navigasi. Adapun pekerjaan yang dilakukan dalam upaya penyelamatan tenggelam yakni ialah *salvage* kapal. Dalam penelitian ini akan menganalisa secara teknis *salvage* kapal secara utuh tanpa harus di *scraping* atau dipotong-potong. Metode *salvage* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *salvage lifting (floating crane)* dan *airbags* pada objek kapal 5851 DWT dengan menganalisa jumlah kebutuhan serta lama waktu pengisian udara bertekanan pada tiap variasi *airbags* yaitu 56,52 m<sup>3</sup>, 50,24 m<sup>3</sup>, 43,96 m<sup>3</sup>, dan 37,68 m<sup>3</sup> serta merencanakan, memilih dan menganalisa alat pendukung lainnya dengan merencanakan pada 4 kondisi pengapungan kapal yaitu perencanaan pengapungan sampai garis sarat penuh kapal dengan *floating crane* dan tidak menggunakan *floating crane*, perencanaan pengapungan kapal sampai *main deck (superstructure* berada dipermukaan air) dengan *floating crane* dan tidak menggunakan *floating crane*. Sehingga dari penelitian ini akan didapatkan hasil pemilihan *airbags* yang paling efisien dari segi jumlah serta waktu pengisian udara untuk *airbags* dan mendapatkan pemilihan dari alat pendukung lainnya yaitu kompresor, *lifting lug*, *wire rope*, *wire clips* dan konstruksi kerangka baja. Dari hasil penelitian ini didapatkan pemilihan *airbag* yang efisien dari segi waktu dan jumlah ialah variasi *airbag* 1 dengan dimensi *airbag* 18 x 2 meter pada kondisi perencanaan pengapungan kapal sampai *main deck* dengan menggunakan *floating crane*, untuk jumlah *airbags* yang dibutuhkan sebanyak 23 unit dengan lama waktu pengisian udara bertekanan pada *airbags* selama 3,8 jam sedangkan untuk peralatan pendukung lainnya yang sesuai dengan variasi *airbag* 1 ialah *Lifting lug* ketebalan 19mm dengan nilai *tensile strength* maksimum 686,03 Mpa, *wire rope* berdiameter 14mm dengan nilai MBF 207 KN, *wire clip* berdiameter 28-30 mm dan untuk suplai udara menggunakan kompresor jenis *reciprocating two stage* dengan kapasitas 169,56 m<sup>3</sup>/h, tekanan 5,86 bar dan daya 12,7 KW.

Kata Kunci : *Airbag*, kapal tenggelam, *Lifting* dan *Marine salvage*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## SHIP LIFTING'S TECHNICAL ANALYSIS USING LIFTING METHOD AND AIRBAGS

Name : Maulana Eko Saputro  
NRP : 04211746000019  
Departemen : Marine Engineering  
Supervisor 1 : Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc.  
Supervisor 2 : Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.

### ABSTRACT

The most common type of ship accident is a sinking ship, where the sinking ship accident was caused by losing the buoyancy of the ship, which resulted in the sinking ship. A sinking ship requires rescue action, both to save the ship or clear the shipping lane to reduce the danger of navigation. The work carried out in the rescue effort to sinking ships is called ship salvage. In this research will analyze technically the salvage of the ship as a whole without having to be in scraping or cut into pieces. The Methods of salvage is used in this research is by using the method of salvage lifting (floating crane) and airbags on the object ship 5851 DWT to analyze the needs as well as long time charging the air pressure in each variation of the airbags that 56,52 m<sup>3</sup>, 50,24 m<sup>3</sup>, 43,96 m<sup>3</sup>, and 37,68 m<sup>3</sup> as well as planning, selecting and analyzing other supporting tools by planning on 4 ships floatation conditions, namely planning to float fully loaded with floating cranes and not using floating cranes, ship float planning to playing decks with floating cranes and Do not use floating cranes. So that this research will get the results of the selection of the most efficient airbags in terms of the amount and time of air filling for airbags and get the choice of other supporting tools such as compressors, lifting lugs, wire ropes, wire clips and steel frame construction. From the results of the research, the selection of efficient airbags in terms of time and number, namely variations of airbags 1 dimension airbags 18 x 2 meter in the conditions of the float planning to the maindeck by using floating cranes, the number of airbags needed is 23 units with pressurized air filling time for the airbag during 3.8 hours while for other supporting equipment that is in accordance with airbag 1 variation is Lifting lug used thickness 19mm with a maximum tensile strength value of 686,03 Mpa, 14mm diameter wire rope with MBF value of 207 KN, 28-30mm diameter wire clip and for air supply using reciprocating two-stage compressors with a capacity of 169.56 m<sup>3</sup> / h, pressure of 5.86 bar and power of 12.7 KW.

Keywords : Airbag, sinking ship, Lifting and Marine salvage

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan seluruh rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul: “ **Analisa Teknis Pengangkatan Kapal Menggunakan Metode *Lifting* dan *Airbags*** ”. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai pemenuhan syarat guna memperoleh gelar sarjana teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar tercinta, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini baik dukungan moral maupun material sehingga penulis mampu menyelesaikan program Tugas Akhir ini.
2. Dosen pembimbing Bapak Taufik Fajar Nugroho, S.T., M.Sc dan Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil . yang telah membimbing dan mengarahkan Tugas Akhir ini hingga selesai.
3. Semua dosen Teknik Sistem Perkapalan ITS, atas ilmu dan bantuan yang diberikan selama penulis menuntut ilmu.
4. Seluruh teman-teman penghuni kontrakan berkah atas segala suka duka yang telah sama-sama berjuang dari awal perkuliahan. Terimakasih atas semua bantuannya.
5. Seluruh teman-teman lanjut jenjang siskal angkatan 2017, atas segala suka duka yang telah sama-sama berjuang dari awal perkuliahan. Terima kasih atas semua bantuannya.
6. Semua pengurus dan anggota Laboratorium “Marine Fluid and Machinery (MMS)” yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan Skripsi ini.
7. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam pembuatan laporan Skripsi ini penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan analisa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun bagi penulis. Akhir kata, semoga dengan semua ini mendapat berkah sekaligus rahmat Allah SWT sehingga analisa pembuatan desain dapat berkembang dan dapat diterapkan untuk industri perkapalan

Surabaya, 26 Januari 2020

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
ABSTRAK.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan masalah.....	1
1.3 Tujuan penelitian.....	2
1.4 Manfaat penelitian.....	2
1.5 Batasan masalah.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Prinsip kapal mengapung menurut teori hukum fisika :.....	5
2.2 Prinsip kapal bocor/tenggelam.....	8
2.3 Proses salvage.....	9
2.4 Gambaran umum selat sunda.....	11
2.5 <i>Marine Airbag</i> .....	12
2.6 Perhitungan <i>Airbags</i> .....	14
2.7 <i>Crane</i> .....	15
2.8 Kompresor.....	18
2.9 Lifting lug.....	24
2.10 Wire rope dan wire clip.....	24
2.11 Konstruksi kerangka baja.....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>31</b>
3.1 Identifikasi dan perumusan masalah.....	33
3.2 Studi literature.....	33
3.3 Pengambilan data.....	33
3.4 Pengolahan data.....	33
3.5 Analisis data / analisa akhir.....	34
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	34
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>35</b>
4.1 Tahapan Salvage Kapal.....	35
4.2 Pengumpulan Data.....	35
4.3 Perhitungan perencanaan kebutuhan <i>airbags</i> .....	38
4.4 Perhitungan perencanaan kompresor.....	52
4.5 Perencanaan desain dan simulasi <i>lifting lug</i> .....	63
4.6 Pemilihan perencanaan <i>wire rope</i> dan <i>wire clip</i> .....	73
4.7 Perencanaan penyusunan <i>airbags</i> .....	76

4.8 Perencanaan pemasangan <i>airbags</i> pada konstruksi .....	93
4.9 Analisa data / analisa akhir .....	103
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>115</b>
5.1 Kesimpulan .....	115
5.2 Saran .....	118
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>119</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>121</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>133</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Factor permeabilitas .....	9
Tabel 2.2	Jumlah kapal melintas selat sunda tahun 2007 - 2015 .....	12
Tabel 2.3	Dimensi <i>marine salvage airbags</i> .....	13
Tabel 2.4	Kelebihan <i>airbags</i> menggunakan bahan dasar <i>Flourescence</i> .....	13
Tabel 4.1	spesifikasi dimensi <i>airbags</i> .....	37
Tabel 4.2	Jumlah perbandingan kebutuhan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane</i> dan dengan <i>floating crane</i> untuk mengapungkan sampai sarat penuh kapal .....	50
Tabel 4.3	Jumlah perbandingan kebutuhan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane</i> dan dengan <i>floating crane</i> untuk mengapungkan sampai <i>main deck</i> kapal .....	50
Tabel 4.4	Kapasitas kompresor pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	52
Tabel 4.5	kecepatan aliran fluida pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	53
Tabel 4.6	<i>reynold number</i> pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	54
Tabel 4.7	<i>pressure drop mayor</i> pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	55
Tabel 4.8	<i>pressure drop minor</i> pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	55
Tabel 4.9	total <i>pressure drop</i> pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	55
Tabel 4.10	<i>General selection criteria for compressor</i> .....	56
Tabel 4.11	<i>pressure</i> kompresor pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	56
Tabel 4.12	pemilihan kompresor pada tiap variasi <i>airbags</i> berdasarkan kapasitas dan tekanan .....	56
Tabel 4.13	<i>thermal properties of gases</i> .....	57
Tabel 4.14	suhu aktual kompresor pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	57
Tabel 4.15	kapasitas aktual kompresor pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	58
Tabel 4.16	<i>polytropic exponent</i> kompresor pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	59
Tabel 4.17	Wkompresor pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	60
Tabel 4.18	Wfluida pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	61
Tabel 4.19	Wshaft pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	61
Tabel 4.20	perbandingan cadangan .....	61
Tabel 4.21	perbandingan transmisi .....	62
Tabel 4.22	Wmotor pada tiap variasi <i>airbags</i> .....	62
Tabel 4.23	Pemilihan kompresor berdasarkan tekanan, kapasitas dan daya .....	62
Tabel 4.24	Spesifikasi baja dan nilai <i>yield strength</i> dan <i>tensile strength</i> .....	63
Tabel 4.25	Spesifikasi <i>wire rope</i> .....	73
Tabel 4.26	Pemilihan <i>wire rope</i> .....	74
Tabel 4.27	Spesifikasi <i>wire clips</i> .....	75
Tabel 4.28	Pemilihan <i>wire clip</i> .....	75
Tabel 4.29	Hasil maksimum <i>tensile strenght</i> dari simulasi pada subab 4.5 .....	104
Tabel 4.30	Total deformasi yang terjadi pada konstruksi kerangka baja .....	106
Tabel 4.31	Hasil gaya apung <i>airbags</i> dan gaya apung dibutuhkan kapal sampai garis sarat penuh kapal tanpa <i>floating crane</i> .....	107

Tabel 4.32 Hasil gaya apung <i>airbags</i> dan gaya apung dibutuhkan kapal sampai garis sarat penuh kapal dengan <i>floating crane</i> .....	107
Tabel 4.33 Hasil gaya apung <i>airbags</i> dan gaya apung dibutuhkan kapal sampai <i>main deck</i> tanpa <i>floating crane</i> .....	108
Tabel 4.34 Hasil gaya apung <i>airbags</i> dan gaya apung dibutuhkan kapal sampai <i>main deck</i> dengan <i>floating crane</i> .....	108
Tabel 4.35 Total waktu untuk mensuplai udara pada kondisi sampai sarat penuh tanpa <i>floating crane</i> .....	109
Tabel 4.36 Total waktu untuk mensuplai udara pada kondisi sampai sarat penuh dengan <i>floating crane</i> .....	109
Tabel 4.37 Hasil Total waktu untuk mensuplai udara pada kondisi sampai <i>maindeck</i> tanpa <i>floating crane</i> .....	110
Tabel 4.38 Total waktu untuk mensuplai udara pada kondisi sampai <i>maindeck</i> dengan <i>floating crane</i> .....	110
Tabel 4.40 Data <i>drag force</i> .....	111
Tabel 4.41 pengaruh arus air laut .....	113

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 benda tenggelam .....	6
Gambar 2.2 benda melayang .....	6
Gambar 2.3 benda terapung.....	7
Gambar 2.4 kapal kehilangan <i>buoyancy</i> .....	8
Gambar 2.5 marine <i>airbag</i> .....	13
Gambar 2.6 <i>Tower crane</i> .....	15
Gambar 2.7 <i>Crane</i> pada rel .....	16
Gambar 2.8 <i>Crane</i> pada rel .....	16
Gambar 2.9 <i>traktor crane</i> .....	17
Gambar 2.10 <i>crane</i> jembatan .....	17
Gambar 2.11 <i>Floating Crane</i> .....	18
Gambar 2.12 <i>compressor</i> .....	18
Gambar 2.13 klasifikasi kompresor .....	19
Gambar 2.14 <i>moody diagram</i> .....	21
Gambar 2.15 <i>lifting lug</i> .....	24
Gambar 2.16 elemen <i>wire rope</i> .....	25
Gambar 2.17 Jenis <i>wire rope</i> berdasarkan konstruksi <i>core</i> dan <i>strand</i> .....	25
Gambar 2.18 <i>Wire rope</i> jenis <i>right regular lay</i> .....	25
Gambar 2.19 <i>Wire rope</i> jenis <i>left regular lay</i> .....	26
Gambar 2.20 <i>Wire rope</i> jenis <i>right lang lay</i> .....	26
Gambar 2.21 <i>Wire rope</i> jenis <i>left lang lay</i> .....	26
Gambar 2.22 <i>Wire rope</i> jenis <i>right alternate lay</i> .....	26
Gambar 2.23 <i>wire rope</i> jenis <i>herring bone lay</i> .....	26
Gambar 2.24 <i>US Forged Wire Clip</i> .....	27
Gambar 2.25 <i>Fist Grip Wire Clip</i> .....	27
Gambar 2.26 <i>Galvanized Wire Clip</i> .....	28
Gambar 2.27 <i>Heavy Duty</i> (a) dan <i>Stainless Steel Wire Clip</i> (b).....	28
Gambar 2.28 Rangka batang tepi sejajar .....	28
Gambar 4.1 MT BAUHINA.....	36
Gambar 4.2 <i>Airbags</i> .....	36
Gambar 4.3 <i>Floating Crane</i> .....	37
Gambar 4.4 Pengapungan kapal hanya menggunakan <i>airbags</i> .....	38
Gambar 4.5 Pengapungan kapal menggunakan <i>airbags</i> dan <i>floating crane</i> .....	40
Gambar 4.6 Pengapungan kapal menggunakan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane</i> sampai <i>main deck</i> .....	42
Gambar 4.7 Pengapungan kapal menggunakan <i>airbags</i> dan <i>floating crane</i> sampai <i>main deck</i> .....	43
Gambar 4.8 Grafik kebutuhan <i>airbags</i> terhadap variasi <i>airbags</i> .....	51
Gambar 4.9 Grafik kebutuhan <i>airbags</i> terhadap variasi <i>airbags</i> .....	51
Gambar 4.10 Diagram <i>moody</i> .....	54

Gambar 4.11 Persentase dari <i>uncooled horsepower</i> dengan <i>intercoolers</i> .....	58
Gambar 4.12 grafik <i>reciprocating compressor efficiencies</i> .....	60
Gambar 4.13 Ukuran perencanaan <i>lifting lug</i> .....	63
Gambar 4.14 Step simulasi model pada <i>software static structural</i> .....	64
Gambar 4.15 Engineering Data .....	64
Gambar 4.16 Pembuatan model dan detail informasi model .....	65
Gambar 4.17 <i>Detail geometry</i> .....	65
Gambar 4.18 <i>Meshing model</i> dan detail dari mesh .....	66
Gambar 4.19 Penentuan <i>face fixed support</i> pada model .....	66
Gambar 4.20 Penentuan arah <i>force</i> .....	67
Gambar 4.21 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (19mm).....	68
Gambar 4.22 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (16mm).....	68
Gambar 4.23 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (12mm).....	68
Gambar 4.24 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (19mm).....	69
Gambar 4.25 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (16mm).....	69
Gambar 4.26 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (12mm).....	70
Gambar 4.27 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (19mm).....	70
Gambar 4.28 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (16mm).....	71
Gambar 4.29 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (12mm).....	71
Gambar 4.30 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (19mm).....	72
Gambar 4.31 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (16mm).....	72
Gambar 4.32 Nilai maksimum dan minimum <i>principal stress</i> (12mm).....	72
Gambar 4.33 <i>Wire clip</i> tipe G-450 .....	75
Gambar 4.34 Gambar <i>redesign lines plan</i> MT BAUHINA .....	76
Gambar 4.35 Gambar model 3D MT BAUHINA.....	76
Gambar 4.36 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (18 x 2).....	77
Gambar 4.37 Penyusunan <i>airbags</i> dengan <i>floating crane airbags</i> (18 x 2).....	78
Gambar 4.38 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (16 x 2).....	79
Gambar 4.39 Penyusunan <i>airbags</i> dengan <i>floating crane airbags</i> (16 x 2).....	80
Gambar 4.40 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (14 x 2).....	81
Gambar 4.41 Penyusunan <i>airbags</i> dengan <i>floating crane airbags</i> (14 x 2).....	82
Gambar 4.42 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (12 x 2).....	83
Gambar 4.43 Penyusunan <i>airbags</i> dengan <i>floating crane airbags</i> (12 x 2).....	84
Gambar 4.44 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (18 x 2).....	85
Gambar 4.45 Penyusunan <i>airbags</i> dengan <i>floating crane airbags</i> (18 x 2).....	86
Gambar 4.46 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (16x 2).....	87
Gambar 4.47 Penyusunan <i>airbags</i> dengan <i>floating crane airbags</i> (16x 2).....	88
Gambar 4.48 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (14x 2).....	89
Gambar 4.49 Penyusunan <i>airbags</i> dengan <i>floating crane airbags</i> (14x 2).....	90
Gambar 4.50 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (12x 2).....	91
Gambar 4.51 Penyusunan <i>airbags</i> tanpa <i>floating crane airbags</i> (12x 2).....	92
Gambar 4.52 Spesifikasi dan dimensi pipa solid .....	93
Gambar 4.53 Step simulasi strcutral pada software .....	93

Gambar 4.54 <i>engineering Data</i> .....	94
Gambar 4.55 pembuatan model dan detail informasi model.....	94
Gambar 4.56 <i>detail geometry</i> .....	95
Gambar 4.57 <i>meshing model</i> dan detail dari <i>mesh</i> .....	95
Gambar 4.58 penentuan titik <i>fixed support</i> pada model .....	96
Gambar 4.59 penentuan arah <i>force</i> .....	96
Gambar 4.60 Nilai total deformasi untuk 4 unit <i>airbags</i> (18x2).....	97
Gambar 4.61 Nilai total deformasi untuk 6 unit <i>airbags</i> (18x2).....	98
Gambar 4.62 Nilai total deformasi untuk 8 unit <i>airbags</i> (18x2).....	98
Gambar 4.63 Nilai total deformasi untuk 4 unit <i>airbags</i> (16 x 2).....	99
Gambar 4.64 Nilai total deformasi untuk 6 unit <i>airbags</i> (16 x 2).....	99
Gambar 4.65 Nilai total deformasi untuk 8 unit <i>airbags</i> (16 x 2).....	100
Gambar 4.66 Nilai total deformasi untuk 10 unit <i>airbags</i> (16 x 2).....	100
Gambar 4.67 Nilai total deformasi untuk 4 unit <i>airbags</i> (14 x 2).....	101
Gambar 4.68 Nilai total deformasi untuk 6 unit <i>airbags</i> (14 x 2).....	101
Gambar 4.69 Nilai total deformasi untuk 8 unit <i>airbags</i> (14 x 2).....	102
Gambar 4.70 Nilai total deformasi untuk 4 unit <i>airbags</i> ( 12 x 2).....	102
Gambar 4.71 Nilai total deformasi untuk 6 unit <i>airbags</i> ( 12 x 2).....	103
Gambar 4.72 Nilai total deformasi untuk 8 unit <i>airbags</i> ( 12 x 2).....	103
Gambar 4.73 Arah datang arus air laut pada kapal .....	111

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Indonesia merupakan salah satu Negara yang memiliki jalur pelayaran yang cukup padat, hal ini dikarenakan Indonesia merupakan negara kepulauan sehingga transportasi laut sangat dibutuhkan, sebagai contoh jalur pelayaran yang cukup padat adalah selat sunda, dimana jumlah kapal yang melintas dari tahun 2007 hingga tahun 2015 adalah sebanyak 29.351 kapal, data ini diambil berdasarkan pantauan dari Pusat Komando dan Pengendali (Puskodal) Pangkalan Angkatan Laut (Lanal) Banten. Akibat jalur-jalur pelayaran yang cukup padat, hal ini akan membuat kasus-kasus kecelakaan kapal dilaut Indonesia cukup banyak, salah satunya ialah kasus kecelakaan kapal tenggelam dimana kasus kecelakaan kapal tenggelam yang terjadi di Indonesia dari tahun 2007-2010 sebanyak 199 kasus, data berdasarkan dari KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi). Kasus kecelakaan kapal tenggelam dapat terjadi akibat beberapa factor, seperti kehilangan *buoyancy* kapal dan stabilitas kapal yang tidak baik akibat cuaca buruk atau beban berlebih .

Kapal yang telah tenggelam baik itu hanya sebagian ataupun secara keseluruhan membutuhkan tindakan penyelamatan, baik untuk menyelamatkan kapal ataupun untuk pembersihan alur pelayaran. Dalam pelaksanaan pekerjaan *Salvage* sendiri ada banyak yang mesti diperhatikan baik dari segi keselamatan, lingkungan dan juga teknis. Menurut undang-undang republik Indonesia nomer 17 tahun 2008 tentang pelayaran, bagian kedelapan, *Salvage* dan pekerjaan bawah air pasal 204 ayat 2 menyebutkan “Setiap kegiatan *Salvage* dan pekerjaan bawah air harus memperoleh izin dan memenuhi persyaratan teknis keselamatan dan keamanan pelayaran dari Menteri” Sehingga *Salvage* kapal haruslah dianalisa secara benar agar pekerjaan *Salvage* yang akan dilakukan dapat memperoleh izin dan memenuhi persyaratan teknis keselamatan dan keamanan pelayaran seperti pada pasal 204 ayat 2 diatas.

Faktor teknis atau bagaimana cara *Salvage* kapal tenggelam sendiri tergantung dari kondisi perairan pada kapal yang tenggelam tersebut, karna dari kondisi perairan tersebut kita dapat melakukan analisis bagaimana cara *Salvage* kapal yang efisien, yang aman serta yang tentunya cepat. Dalam *Salvage* kapal sendiri ada terdapat beberapa metode seperti pengapungan kapal menggunakan *airbags*, dipotong-potong bagian badan kapal kedalam beberapa potongan yang nantinya diangkat menggunakan *floating crane*, serta ada yang diangkat langsung menggunakan *floating crane* yang nantinya diangkat secara perlahan sampai kepermukaan. Pada penelitian ini dilakukan analisis teknis, pengangkatan kapal menggunakan 2 metode *salvage* yaitu metode *lifting (floating crane)* dan *airbags* dimana objek kapal yang digunakan dalam penelitian kali ini ialah kapal dengan DWT sebesar 5851.

### 1.2 Perumusan masalah

Dengan melihat latar belakang masalah diatas, maka pokok permasalahan yang harus dipecahkan adalah :

- a. Perhitungan kebutuhan jumlah dari *airbags* tanpa *floating crane* dan dengan *floating crane* untuk mengapungkan kapal sampai garis sarat penuh kapal dan sampai *main deck (superstruktur)* berada diatas permukaan air).

- b. Perhitungan kompresor yang sesuai untuk mensuplai udara bertekanan ke *airbags*.
- c. Perencanaan desain *lifting lug*, pemilihan *wire rope* dan *wire clips* serta perencanaan desain konstruksi kerangka baja untuk penempatan *airbags*.
- d. Bagaimana gambar perencanaan penyusunan *airbags* pada kapal ?
- e. Pemilihan *airbags* yang efisien dari segi waktu dan jumlah

### 1.3 Tujuan penelitian

Tugas akhir ini dimaksudkan untuk melakukan analisis teknis pengapungan kembali kapal tenggelam dengan metode *lifting (floating crane)* dan metode *airbags*.

- a. Mendapatkan hasil perhitungan kebutuhan jumlah dari *airbag* tanpa *floating crane* dan dengan *floating crane* untuk mengapungkan kapal pada sarat penuh kapal dan pada permukaan kapal.
- b. Mendapatkan hasil perhitungan kompresor yang sesuai untuk mensuplai udara bertekanan ke *airbags*.
- c. Mendapatkan perencanaan desain *lifting lug*, mendapatkan pemilihan *wire rope* dan *wire clips* serta mendapatkan perencanaan desain konstruksi kerangka baja untuk penempatan *airbags*.
- d. Mendapatkan gambar perencanaan penyusunan *airbags* pada kapal.
- e. Mendapatkan pemilihan *airbags* yang efisien dari segi waktu dan jumlah.

### 1.4 Manfaat penelitian

Dari penulisan ini tugas akhir ini diharapkan memberikan manfaat untuk :

- a. Perusahaan pemilik kapal sebagai acuan dalam mengambil keputusan untuk penyelamatan kapal agar nilai jual kapal tidak menurun secara signifikan.
- b. Perusahaan pelayaran Indonesia sebagai acuan dalam mengambil keputusan untuk penyelamatan Kapal, agar kerugian tidak semakin membesar dan serta jalur pelayaran segera bisa dioperasikan kembali.
- c. Perusahaan yang bergerak dalam bidang *Salvage* sebagai acuan dalam memilih kapasitas *Floating crane* dan kebutuhan *airbag* dalam upaya kebutuhan alat teknis untuk pengangkatan kapal / pengapungan kapal kembali kepermukaan.
- d. Peneliti sebagai referensi solusi alternative untuk mengatasi masalah upaya *Salvage* kapal kandas / tenggelam.

### 1.5 Batasan masalah

Penyusunan tugas akhir ini memerlukan batasan-batasan masalah yang berfungsi untuk mengefektifkan perhitungan dan proses penulisan lebih terarah. Batasan-batasan sebagai berikut :

- a. Pada penelitian ini difokuskan hanya pada kebutuhan jumlah *airbags* , pemilihan kompresor , perencanaan desain *lifting lug*, *wire rope* , *wire clips* dan perencanaan desain konstruksi kerangka baja untuk *airbags*.
- b. Pada penelitian ini tidak memperhitungkan stabilitas kapal dan *floating crane*.
- c. Tidak menerangkan biaya upaya penyelamatan kapal.
- d. kondisi perairan tanah berpasir atau berlumpur dengan kedalaman 20-30 m pada cuaca normal.
- e. Pada penelitian ini menggunakan objek kapal berukuran 5851 DWT

- f. Tidak membahas bagaimana proses kapal yang telah diapungkan tersebut untuk dibawa kedock yang nantinya dilakukan perbaikan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Prinsip kapal mengapung menurut teori hukum fisika :

Mengapa kapal bisa mengapung di permukaan air sedangkan kapal tersebut dibangun dengan menggunakan baja yang beratnya sampai ribuan ton ? mungkin ini adalah pertanyaan-pertanyaan yang sering muncul. Hal ini berkaitan dengan hukum yang sering kita kenal, yaitu hukum *airchimedes* dimana dalam hal ini kenapa kapal bisa mengapung diatas permukaan air disebabkan karena gaya ke atas ( $F_a$ ) itu lebih besar dibandingkan dengan gaya berat ( $W$ ) kapal dan juga berat jenis kapal lebih kecil dengan berat jenis air laut sehingga kapal tersebut dapat mengapung diatas permukaan air dan jika gaya berat lebih besar dibandingkan dengan gaya apung kapal maka kapal tersebut akan tenggelam ataupun berat jenis kapal lebih besar dibandingkan dengan berat jenis air maka kapal tersebut akan tenggelam. Dalam prinsipnya Hukum *Archimedes* menyatakan sebagai berikut, ”*Jika suatu benda dicelupkan ke dalam sesuatu zat cair, maka benda itu akan mendapat tekanan keatas yang sama besarnya dengan beratnya zat cair yang terdesak oleh benda tersebut.*” Besarnya gaya ke atas menurut Hukum *Archimedes* ditulis dalam persamaan :

$$F_a = \rho \cdot v \cdot g \quad (2.1)$$

Keterangan :  
 $F_a$  = gaya ke atas (N)  
 $V$  = volume benda yang tercelup (m<sup>3</sup>)  
 $\rho$  = massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)  
 $g$  = percepatan gravitasi (N/kg)

Hukum ini juga bukan suatu hukum fundamental karena dapat diturunkan dari hukum newton juga.

- Bila gaya archimedes sama dengan gaya berat  $W$  maka resultan gaya =0 dan benda melayang .
- Bila  $F_a > W$  maka benda akan terdorong keatas akan mengapung.
- Bila  $F_a < W$  maka benda akan terdorong kebawah dan tenggelam.

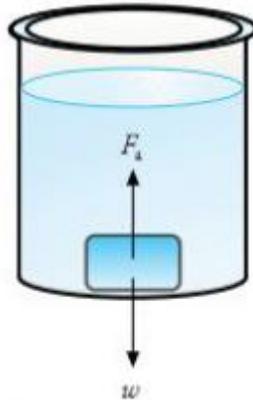
Berdasarkan Hukum Archimedes, sebuah benda yang tercelup ke dalam zat cair akan mengalami dua gaya, yaitu gaya gravitasi atau gaya berat ( $W$ ) dan gaya ke atas ( $F_a$ ) dari zat cair itu. Dalam hal ini ada tiga peristiwa yang berkaitan dengan besarnya kedua gaya tersebut yaitu seperti berikut:

#### 2.1.1 Tenggelam

Jika Sebuah benda yang akan dicelupkan ke dalam zat cair jika berat benda ( $w$ ) lebih besar dibandingkan dari gaya ke atas ( $f_a$ ) maka benda tersebut akan tenggelam. Dimanapersamaanya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} W &> F_a \\ P_b \times V_b \times g &> P_a \times V_a \times g \\ P_b &> P_a \end{aligned} \quad (2.2)$$

Volume bagian benda yang tenggelam bergantung dari rapat massa zat fluida ( $\rho$ )



Gambar 2.1 benda tenggelam

Sumber : pelajaran.co.id

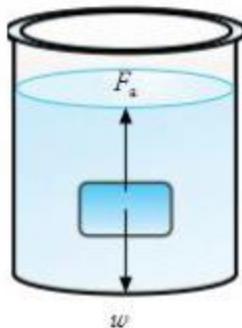
### 2.1.2 Melayang

Jika Sebuah benda yang akan dicelupkan ke dalam zat cair jika berat benda ( $w$ ) sama dengan gaya ke atas ( $f_a$ ) maka benda tersebut akan tenggelam. Dimana persamaanya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} W &= F_a \\ P_b \times V_b \times g &= P_a \times V_a \times g \\ P_b &= P_a \end{aligned} \quad (2.2)$$

Pada 2 benda atau lebih yang melayang dalam zat cair akan berlaku :

$$\begin{aligned} F_A \text{ tot} &= W_{\text{tot}} \\ R_c.g (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots) &= W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + \dots \end{aligned} \quad (2.3)$$



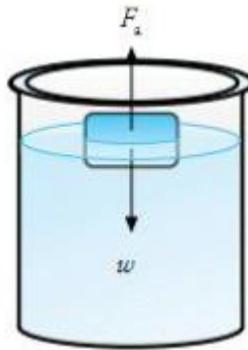
Gambar 2.2 benda melayang

Sumber : pelajaran.co.id

### 2.1.3 Terapung

Sebuah benda yang akan dicelupkan ke dalam zat cair jika berat benda ( $w$ ) kurang dari dengan gaya ke atas ( $f_a$ ) maka benda tersebut akan terapung. Dimana persamaanya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} W &< F_a \\ P_b \times V_b \times g &< P_a \times V_a \times g \\ P_b &< P_a \end{aligned} \quad (2.4)$$



Gambar 2.3 benda terapung

Sumber : pelajaran.co.id

Misal : Sepotong gabus ditahan pada dasar bejana berisi zat cair, setelah dilepas, gabus tersebut akan naik ke permukaan zat cair (terapung) karena :

$$\begin{aligned} F_a &> W \\ R_c \times V_b \times g &> R_b \times V_b \times g \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$R_c > R_b$$

Selisih antara  $W$  dan  $F_A$  disebut gaya naik ( $F_n$ ).

$$F_n = F_A - W \quad (2.6)$$

$W$  Benda terapung tentunya dalam keadaan setimbang, sehingga berlaku :

$$F_A' = W$$

$$R_c \times V_{b2} \times g = R_b \times V_b \times g \quad (2.7)$$

$F_A'$  = Gaya ke atas yang dialami oleh bagian benda yang tercelup di dalam zat cair.

$V_{b1}$  = Volume benda yang berada dipermukaan zat cair.

$V_{b2}$  = Volume benda yang tercelup di dalam zat cair.

$V_b$  =  $V_{b1} + V_{b2}$

$F_A'$  =  $r_c \cdot V_{b2} \cdot G$

Berat (massa) benda terapung = berat (massa) zat cair yang dipindahkan Gaya apung (bouyancy) ada 3 macam, yaitu :

- Gaya apung positif (positive bouyancy) : bila suatu benda mengapung.
- Gaya apung negatif (negative bouyancy) : bila suatu benda tenggelam.
- Gaya apung netral (neutral bouyancy) : bila benda dapat melayang.

Jadi inti dari prinsip kapal yang tenggelam ingin diapungkan kembali menggunakan *airbags* yaitu dengan cara membuat berat jenis total kapal lebih kecil dari air laut dikarenakan jika sewaktu kapal tenggelam Massa Jenis total kapal lebih besar dari air laut. Jika melihat dari prinsip kerja kapal selam yang ingin kepermukaan air tangki ialah dengan cara memperkecil massa jenis kapal selam yang hal ini menggunakan tangki yang berfungsi sebagai pemberat yang dapat berisi air dan udara. Tangki tersebut terletak di antara lambung kapal sebelah dalam dan luar. Tangki dapat berfungsi membesar atau memperkecil massa jenis total kapal selam. Ketika air laut dipompa masuk ke dalam tangki pemberat, Massa Jenis kapal selam lebih besar dan sebaliknya agar Massa Jenis total kapal selam menjadi kecil, air laut dipompa ke luar.

Sehingga jika kapal jenis niaga tenggelam yang harus dilakukan ialah memperbesar massa jenis kapal tersebut dimana yang mempengaruhi massa jenis ialah berat dan juga volume ruangan kapal, dan jika kapal tenggelam tersebut mempunyai volume udara yang kurang atau tangki-tangki kapal tersebut tidak bisa digunakan sebagai untuk memperbesar volume udara maka dibutuhkan *airbags* untuk menambah volume udara agar massa jenis kapal naik atau gaya apung kapal. Sehingga yang perlu diperhatikan dan diketahui seberapa besar gaya apung yang dibutuhkan kapal untuk mengapungkan kapal tersebut.

## 2.2 Prinsip kapal bocor/tenggelam

Kapl tenggelam dapat disebabkan beberapa factor seperti akibat cuaca buruk ataupun kebocoran kapal akibat kapal tersebut menabrak yang menyebabkan lambung kapal rusak dan bocor sehingga air laut masuk ke ruangan kapal yang menyebabkan kehilangan gaya apung kapal atau *buoyancy*-nya akan hilang.



Gambar 2.4 kapal kehilangan *buoyancy*

Sumber : *edition.cnn.com*

### 2.2.1 Kehilangan gaya apung

Gaya apung adalah besarnya berat pemindahan air carena kapal yang sebanding dengan berat total kapal yang mengapung tegak. Besarnya gaya apung sangat tergantung pada besar kecilnya luas bidang kapal yang tercelup didalam air, atau yang bisa disebut dengan displacement kapal. Dimana rumusnya adalah

$$\Delta = \gamma V \quad (2.8)$$

Dimana :  $\Delta$  = Displacement  
 $\gamma$  = Berat jenis dari air ( tawar / asin )  
 $V$  = Volume Carena kapal

Teori ini didasari oleh hukum *Archimedes* yang mana : berat benda yang terapung akan sebanding dengan jumlah air yang dipindahkan. Disini jika kapal mengalami kebocoran atau kompartemenya terisi air, maka kapal tersebut akan kehilangan gaya apung nya atau *buoyancy*-nya akan hilang, yang akan menyebabkan stabilitas kapal ikut terganggu yang jika hal ini dibiarkan dan memenuhi setiap ruangan kapal akan menyebabkan kapal benar-benar kehilangan gaya apung dan kapal akan tenggelam secara keseluruhan.

Bagian yang bocor akan dinilai dengan perbandingan antara volume air yang dapat masuk dengan volume ruang (kompartemen) yang bersangkutan dikenal dengan factor permeabilitas

$$\mu = \frac{V\phi}{V} \quad (2.9)$$

Dimana :  $\mu$  = permeability factor  
 $V\phi$  = volume air yang dapat masuk  
 $V$  = volume kompartemen yang bersangkutan

Jika faktor  $\mu$  ini untuk setiap ruang akan berlainan, atau tergantung pada substansi apa yang ada didalam ruangan itu sebelum terjadi kebocoran kapal tersebut. Permasalahan inilah yang perlu dikaji lebih dalam pada kapal-kapal yang mengalami gangguan stabilitas dan trim akibat kebocoran. Faktor permeabilitas ini dapat dilihat pada table berikut yang merupakan harga rata-rata dan sederhana

Tabel 2.1 Faktor permeabilitas

No	Name of space	p.factor $\mu$
1	Tanks and double bottom	0.98
2	Crews and passenger space	0.96
3	Machinery Space of large turbine ships	0.85
4	Machinery space of motor ships diesel	0.85
5	Boiler compartement of ships	0.80
6	Machinery & boiler compartement of transports	0.80
7	Machinery space of small turbine ships	0.75
8	Store rooms for varions supplies	0.70
9	Cargo hold & coal bunkers	0.60

## 2.3 Proses salvage

### 2.3.1 Klasifikasi salvage

Saat perusahaan pemilik kapal ingin mengupayakan penyelamatan kapal yang tenggelam, perusahaan pemilik kapal bisa menggunakan jasa perusahaan salvage untuk pengapungan kapal kembali dengan menggunakan *floating crane*, *airbags* dan penyelam untuk mengapungkan / mengangkat kapal yang tenggelam kepermukaan air, serta menggunakan kapal tugboat atau kapal bantuan lainnya untuk menarik kapal yang telah di apungkan tersebut, untuk ditarik kepelabuhan atau dermaga. Tujuan penyelamatan itu adalah untuk memperbaiki kapal di pelabuhan atau digalangan kapal , serta alur pelayaran (navigasi) tidak terganggu oleh adanya kapal yang tenggelam tersebut. Operasi penyelamatan juga dapat bertujuan untuk mencegah polusi atau kerusakan pada lingkungan laut . Selain itu, kapal atau bagian berharga dari kapal atau muatannya dapat diambil kembali untuk dijual kembali, atau untuk memo.jika melihat jenis nya penyelamatan / *salvage* terbagi menjadi beberapa jenis seperti yang akan dijelaskan dibawah ini :

#### 2.3.1.1 Penyelamatan lepas pantai

Refloating kapal-kapal yang terdampar atau tenggelam di perairan terbuka disebut penyelamatan lepas pantai. Dalam jenis penyelamatan merupakan penyelamatan yang sulit dikerjakan mengingat penyelamatan dilepas pantai akan terkena

gelombang , arus dan cuaca yang mungkin akan terjadisangat *extreme* . Penyelamatan lepas pantai hanya dapat memberikan peluang pendek bagi tim penyelamat karena ombak pasang yang luar biasa atau cuaca buruk misalnya. Jika ketika pada saat proses *salvage* cuaca buruk terjadi maka akan ada rentan watu sampai berminggu-minggu atau berbulan-bulan untuk dapat dikerjakan kembali. Akibatnya, seringkali penting untuk bekerja dengan cepat. Biasanya, penyelamatan lepas pantai dilakukan dari kapal penarik yang sudah dilengkapi fasilitas proses *salvage* sebelumnya .

#### 2.3.1.2 Penyelamatan Harbor

Istilah penyelamatan pelabuhan mengacu pada penyelamatan kapal yang terdampar atau tenggelam di perairan terlindung (didaerah pelabuhan ) . Kapal seperti itu biasanya tidak tenggelam karena kondisi laut yang bergelombang besar dan cuaca seperti kapal yang tenggelam di lepas pantai. Selain itu, kapal yang akan diselamatkan tidak menghalangi navigasi / arah rute pelayaran, maka tidak perlu bekerja secepat seperti penyelamatan kapal tenggelam yang berada dilepas pantai. Survei pra-penyelamatan pelabuhan dan tahap perencanaan cenderung kurang memakan waktu dan bergantung pada lingkungan. Pekerjaan *salvage* disekitar pelabuhan lebih mudah untuk mendapatkan akses ke sumber daya tenaga kerja lokal dan alat berat seperti derek dan tongkang apung.

#### 2.3.1.3 Penyelamatan cargo dan equipment

Menyelamatkan kargo dan peralatan di atas kapal mungkin memiliki prioritas lebih tinggi dari pada menyelamatkan kapal itu sendiri seperti jenis kargo yang dapat menimbulkan bahaya lingkungan atau mungkin kargo yang bermuatan bahan-bahan mahal seperti mesin atau logam mulia maka perlu cepat dalam upaya penanganannya. Penyelamatan ini, fokus utamanya adalah pada pengangkatan barang tersebut secara cepat dan tepat serta efisien yang mana hal ini mungkin termasuk pembongkaran atau penghancuran lambung kapal guna mempercepat penyelamatan kargo tersebut.

#### 2.3.1.4 Penghancuran Bangkai kapal

Penghancuran bangkai kapal berfokus pada penghilangan kapal yang sudah tidak bias diperbaiki lagi a karena tujuan di sini bukan untuk menyelamatkan kapal. Teknik yang paling umum digunakan dalam penghancuran bangkai kapal adalah memotong lambung kapal menjadi bagian-bagian yang mudah ditangani yang selanjutnya akan diangkat menggunakan *floating crane* .

#### 2.3.1.5 Pengapungan kapal

Penyelamatan kapal yang rusak tapi masih terapung disebut *afloat salvage*. Jenis penyelamatan ini sebagian besar tidak mengganggu dan terutama melibatkan pekerjaan pengendalian kerusakan seperti pengelasan lambung kapal, stabilisasi (penyeimbangan ulang tangki pemberat dan pengangkutan kargo) dan penguat struktural. Dalam beberapa kasus, kapal dapat tetap berlayar hanya saja tidak baik akibat terjadi beberapa kerusakan pada kapal.

### 2.3.2 Tahapan umum salvage

Secara umum tahapan proses salvage kapal berisi tahapan teknis dan non teknis dimana tahapan ini bertujuan untuk memaksimalkan pekerjaan *salvage* yang mempertimbangkan semua hal yang dapat terjadi baik dari segi teknis, keamanan, keselamatan dan juga biaya proses *salvage*. Adapun tahapan tersebut secara umum seperti dijelaskan dibawah ini :

#### 2.3.2.1 Peninjauan secara langsung ke lapangan / lokasi.

Peninjauan ini dilakukan guna mengetahui bagaimana lokasi tempat kapal tersebut tenggelam, yang nantinya informasi tentang letak geografis perairan akan kita ketahui metode serta bagaimana cara penyelamatan kapal tersebut.

#### 2.3.2.2 Perencanaan dan perhitungan tenaga kerja

Perencanaan dan perhitungan tenaga yang diperlukan untuk penyelamatan kapal hingga penyerahan kembali. Perencanaan ini dilakukan untuk meminimalisir pekerja dan memaksimalkan pekerja selama proses *salvage*. Perhitungan pekerja dan pembagian jenis pekerjaan juga sangat penting dilakukan oleh orang-orang yang *profesional* mengingat pekerjaan ini yang cukup berbahaya.

#### 2.3.2.3 Pemeriksaan Stabilitas kapal pada semua tahapan.

#### 2.3.2.4 Analisa struktural terhadap kerusakan badan kapal.

Analisa struktur yang dilakukan ini bertujuan untuk menetapkan bagaimana proses *salvage* yang tepat dalam penempatan-penempatan *airbags* dan juga tali *sling floating crane*.

#### 2.3.2.5 Proses pengapungan / pengangkatan kapal

Proses pengapungan atau penyelamatan. Setelah dilakukan beberapa tahapan diatas dan telah dipertimbangkan sesuai dengan keadaan yang ada maka tahapan proses pengapungan kapal dapat dilaksanakan.

#### 2.3.2.6 perancangan kebutuhan khusus untuk operasi selama operasi.

#### 2.3.2.7 Pendampingan saat penyelamatan kapal berlangsung hingga ke tempat tujuan.

## 2.4 Gambaran umum selat sunda

selat sunda merupakan jalur perairan yang mempunyai aktivitas pelayaran yang cukup padat, sehingga akan banyak kapal yang berlayar melalui perairan tersebut dari berbagai macam dan jenis kapal. Adapun gambaran umum selat sunda ialah sebagai berikut :

### 2.4.1 kedalaman perairan dan peta laut indonesia di selat sunda

Kedalaman yang aman untuk dilayari oleh kapal-kapal yang melintas di sekitar Selat Sunda berkisar antara 10 meter sampai dengan 1.885 meter, dengan dasar laut karang, lumpur pasir, dan pasir. Informasi data hidrografi di perairan Selat Sunda dapat dilihat pada Peta Laut Indonesia nomor 71 pengeluaran kedelapan, September 2010 (Dishidros,2010) dan Peta Laut Indonesia nomor 71A pengeluaran ketiga 2008 (Dishidros,2008).

#### 2.4.2 lalu lintas pelayaran kapal dari dan ke samudera hindia

Selat Sunda merupakan salah satu jalur pelayaran yang merupakan bagian dari ALKI I yang dilalui oleh lalu lintas kapal kargo, kapal tanker, kapal tunda, kapal ikan dan kapal militer serta kapalkapal yang menggunakan Selat Sunda untuk melintas dari Samudera Hindia ke Laut Jawa atau melanjutkan ke Samudera Pasifik atau sebaliknya. Jumlah kapal-kapal yang berlayara melintasi Selat Sunda meningkat dari waktu ke waktu. Berdasarkan pantauan dari Pusat Komando dan Pengendali (Puskodal) Pangkalan Angkatan Laut (Lanal) Banten, jumlah kapal yang melintas dari tahun 2007 hingga tahun 2015 adalah 29.351 kapal, yang terdiri dari berbagai jenis, di antaranya adalah kapal kargo, kapal kontainer, kapal tanker, kapal perang, kapal pesiar, kapal ikan dan lain sebagainya. (lihat table 2.2 Jumlah kapal melintas selat sunda tahun 2007 – 2015)

Tabel 2.2 Jumlah kapal melintas selat sunda tahun 2007 - 2015

NO	JENIS KAPAL	Tahun									JUMLAH
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1	Kri (Kapal Perang RI)	48	19	38	16	30	16	38	42	168	415
2	KAL ( Kapal Angkatan Laut)			2		5					7
3	Kapal Perang Asing	2	4	3	9	6	7	1	3	6	41
4	Kapal Kargo	962	741	744	689	668	3957	3803	2663	2339	16566
5	Kapal tanker	505	442	618	509	403	2550	2873	1780	1465	11145
6	Kapal container	128	99	118	64	62				65	536
7	Kapal pesiar			7	4	5	3			0	19
8	Kapal Feri	4	2	3	35	30	85	57	32	25	273
9	Kapal Tunda (Tug Boat)	27	53	53	1	1				0	135
10	Kapal Tongkang		1		15	14					30
11	Kapal Survei			8	8	19					35
12	Kapal Ikan Indonesia	6	12	19	8	10		3	1		59
13	LCT			33	1		3	2			39
14	KPLP			3	1			1			5
15	Tidak teridentifikasi jenisnya	4	1	3	2			16	20	37	46
	JUMLAH	1686	1374	1652	1362	1253	6621	6794	4541		29351

Sumber : Puskodal lanal Banten

## 2.5 Marine Airbag

*Marine airbag salvage* adalah *airbags* yang khusus untuk proses penyelamatan kapal yang tenggelam dimana jenis dan tipenya serta dimensinya tergantung dari perusahaan yang membuat. Dalam kasus ini diambil contoh *airbags* yang digunakan

dari perusahaan *Deyuan Marine Fitting Co.,Ltd.* menggunakan bahan *Flourescence*. *Salvage floating* banyak digunakan di bidang penyelamatan dan pengapungan maritim , seperti penyelamatan kapal-kapal yang terdampar atau kapal yang tenggelam. jika penyelamatan kapal menggunakan metode konvensional, seperti mengangkat, sering dikenakan peralatan pengangkat besar atau membutuhkan biaya tinggi, sehingga jika menggabungkan dengan menggunakan metode *airbags* ini akan lebih cepat dalam menyelesaikan pekerjaan *salvage*. Contoh *airbag* dapat dilihat pada



Gambar 2.5 marine airbag

Sumber : *Deyuan Marine Fitting Co.,Ltd*

Tabel 2.3 Dimensi *marine salvage airbags*

Effective length (m)	Marine Salvage Airbags Buoyancy (tons) Buoyancy (Tons)				
	D=1M	D=1.2M	D=1.5M	D=1.8M	D=2M
5	3.93	5.65	8.84	12.72	15.71
6	4.71	6.79	10.6	15.27	18.85
7	5.5	7.92	12.37	17.81	21.99
8	6.28	9.05	14.14	20.36	25.13
9	7.07	10.18	15.9	22.9	28.27
10	7.85	11.31	17.67	25.45	31.42
11	8.64	12.44	19.44	27.99	34.56
12	9.42	13.57	21.21	30.54	37.7
13	10.21	14.7	22.97	33.08	40.84
14	11	15.83	24.74	35.63	43.98
15	11.78	16.96	26.51	38.17	47.12
16	12.57	18.1	28.27	40.72	50.27
17	13.35	19.23	30.04	43.26	53.41
18	14.14	20.36	31.81	45.8	56.55

More marine salvage airbags can be offered, pls contact us for more details.

Tabel 2.4 Kelebihan *airbags* menggunakan bahan dasar *Flourescence*

No.	Kelebihan Pelampung	Kelebihan <i>airbags</i>
1.	Material Khusus	Pelampung <i>flourescence</i> memiliki kinerja lebih baik dibandingkan dengan pelampung dari material kain berlapis PVC.
2.	Tekanan Tinggi	Pelampung <i>flourescence</i> memiliki tekanan kerja maksimum sebesar

No.	Kelebihan Pelampung	Kelebihan <i>airbags</i>
		0,25 MPa, yang artinya dapat digunakan di bawah kedalaman 25 meter atau lebih .
3.	Desain Pelampung	Pelampung <i>flourescence</i> di desain seperti tabung dengan ujung kerucut, tidak ada sambungan yang di las.
4.	Dilengkapi Aksesoris Pendukung	Pelampung <i>flourescence</i> dilengkapi dengan pegangan karet dan tali nilon sehingga memudahkan dalam operasi pengangkatan kapal.

## 2.6 Perhitungan *Airbags*

pada tahap ini dilakukan tahap perhitungan dalam merencanakan pemilihan jenis/tipe *airbags*, volume dari *airbags* dan gaya apung *airbags*, sehingga didapatkan hasil yang bisa mengapungkan kapal.

### 2.6.1 Peritugan volume *displacement* kapal

Volume ini digunakan untuk mengetahui kapasitas ruang kapal dibawah garis air kapal (volume *displacement*) dimana persamaan dalam perhitungan ini ialah sebagai berikut

$$V = LWL \times B \times T \times CB \quad (2.10)$$

Keterangan :

Lwl = *length of water line*

B = lebar kapal

T = sarat kapal

CB = *coefecient block*

### 2.6.2 Perhitungan volume *airbag*

Volume ini yang digunakan untuk menghitung kapasitas ruang, dimana volume ini digunakan untuk menentukan kebutuhan udara bertekanan pada *airbags*. Bentuk *airbags* yang dipakai seperti tabung sehingga persamaan yang dipakai dapat berupa persamaan menghitung volume tabung sebagai berikut :

$$V = \pi \times r^2 \times t \quad (2.11)$$

Keterangan :

V = Volume *airbag*

$\pi$  = ketetapan yang nilainya 3,14 atau 22/7

$r^2$  = jari-jari *airbag* (diameter *airbag*)

t = tinggi / panjang *airbag*

### 2.6.3 Menentukan gaya apung *airbag*

Dalam perhitungan ini untuk mengetahui berapa gaya apung dari *airbag* dengan parameter yang harus di perhatikan ialah total volume dari *airbag*, massa jenis udara pada *airbags* dan gaya gravitasi.

$$F_a = \rho \times V \times g \quad (2.12)$$

Keterangan :

$F_a$  = Gaya Angkat

$\rho$  = Massa jenis fluida ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$v$  = Volume *airbags* ( $\text{m}^3$ )

$g$  = Percepatan gravitasi ( $\text{N}/\text{Kg}$ )

#### 2.6.4 Menentukan gaya apung pada kapal

Dalam perhitungan ini seberapa besar gaya apung kapal yang harus terpenuhi sehingga kapal tersebut dapat terapung kembali. Parameter yang harus ialah volume displacement kapal, massa jenis  $\rho$  serta gravitasi. Untuk persamaanya sama menggunakan persamaan (2.12)

## 2.7 Crane

*Crane* adalah suatu alat pengangkat dan pemindah material yang bekerja dengan prinsip kerja tali, *crane* digunakan untuk angkat muatan secara vertikal dan gerak kearah horizontal bergerak secara bersama dan menurunkan muatan ke tempat yang telah ditentukan dengan mekanisme pergerakan *crane* secara dua derajat kebebasan.

### 2.7.1 Beberapa jenis-Jenis *crane*

*Crane* stasioner yang dapat diputar atau *crane* putar yang diam ditempat umumnya merupakan *crane* yang tetap dengan tiang miring yang dapat berputar pada sumbu vertikal. *Crane* jenis ini yang sekarang sangat populer adalah *tower crane*. *Tower crane* menjadi sentral atau alat yang paling utama karena dalam proyek gedung bertingkat, *tower crane* digunakan untuk mengangkat muatan secara horisontal maupun vertikal, menahannya apabila diperlukan, dan menurunkan muatan ke tempat lain yang ditentukan dengan mekanisme pendongkrak (*luffing*), pemutar (*slewing*), dan pejalan (*travelling*).



Gambar 2. 6 *Tower crane*

Sumber : [Indonesian.alibaba.com](http://Indonesian.alibaba.com)

#### 2.7.1.1 *Crane* yang bergerak pada rel

*Crane* yang bergerak pada rel umumnya terdiri dari *crane kantilever* dan *monorel* (baik yang berupa dapat diputar maupun tidak) yang bergerak lurus pada suatu jalur khusus.



Gambar 2.7 *Crane* pada rel

*Sumber : kmmigroup.com*

#### 2.7.1.2 *Crane* tanpa lintasan.

*Crane* tanpa lintasan terdiri dari atas *crane* tiang yang dipasang diatas truk, mobil, traktor dan kapal agar dapat bergerak pada jalan berkapur, berbatu, beraspal dan juga di air.



Gambar 2.8 *Crane* pada rel

*Sumber : Indonesian.alibaba.com*

#### 2.7.1.3 *Crane* yang dipasang pada traktor rantai atau lokomotif

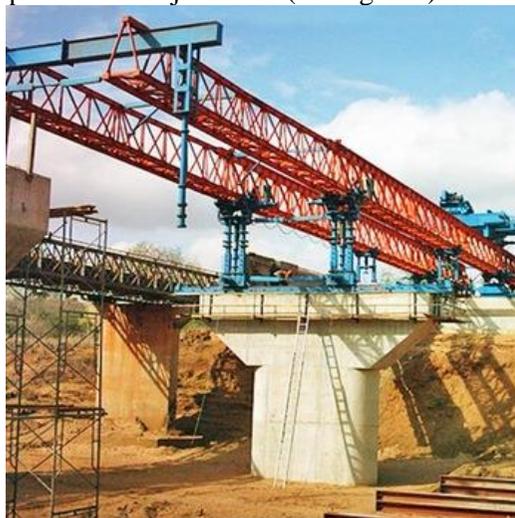
*Crane* yang dipasang pada lokomotif atau traktor atau kendaraan beroda belakang, termasuk pula *crane* tiang yang lebih kuat yang bergerak pada jalu rel, jalan tanah dan didalam daerah gudang.



Gambar 2.9 *traktor crane*  
 Sumber : *Indonesian.alibaba.com*

#### 2.7.1.4 *Crane jembatan*

*Crane jembatan* terdiri dari *crane* yang berjalan pada jembatan rangka dan yang bergerak pada jalur rel yang dibentang pada permukaan tanah. Untuk rel yang dibentang di permukaan tanah, jembatannya dilengkapi dengan kaki pendukung yang tinggi, yang dipasang pada kedua sisi jembatan (gantri dan jembatan pemindah muatan) atau hanya pada satu sisi jembatan (semi gantri).



Gambar 2.10 *crane jembatan*  
 Sumber : *Indonesian.alibaba.com*

#### 2.7.2 *Floating crane*

*Floating crane* biasanya digunakan untuk mengangkat batu bara atau sebagainya yang akan di pindahkan dari kapal satu ke kapal lainya dimana dilakukan diatas laut

terdapat juga *Crane* jenis ini dibuat khusus biasanya untuk project-project offshore / lepas pantai. Seperti untuk mengangkat oil rig atau pun digunakan dalam penyelamatan kapal. Dalam hal ini *floating crane* digunakan sebagai membantu pengangkatan kapal sehingga kebutuhan *airbag* tidak terlalu banyak.



Gambar 2.11 *Floating Crane*

Sumber : [kmmigroup.com](http://kmmigroup.com)

## 2.8 Kompresor

Kompresor adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan udara bertekanan dimana prinsip kerjanya ialah menerima energi atau kerja dari luar (berupa daya poros), dengan tujuan digunakan untuk menaikkan suatu tekanan fluida (udara/gas). Inlet pressure dapat berbagai harga, mulai tekanan vakum hingga tekanan positif yang tinggi. Sedangkan tekanan discharge dapat bervariasi mulai tekanan atmosfer hingga ribuan psi di atas atmosfer. Variasi tekanan inlet dan discharge ini tentunya sesuai dengan type atau konfigurasi kompresor. Fluida dapat berupa berbagai fluida kompresibel, gas atau uap.

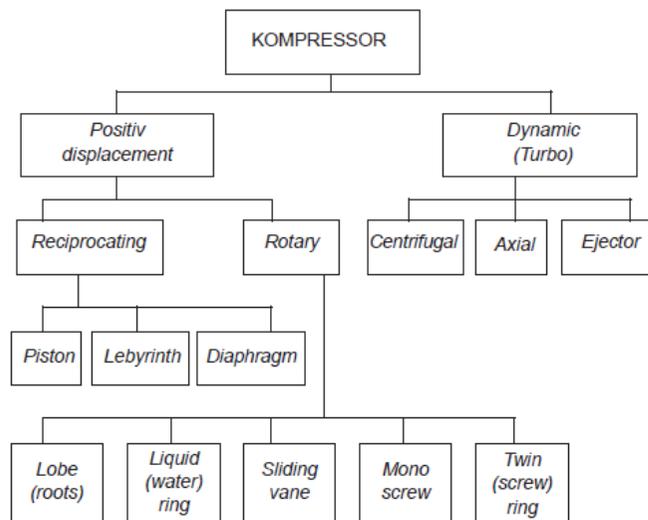


Gambar 2.12 *compressor*

Sumber : [Indonesian.alibaba.com](http://Indonesian.alibaba.com)

### 2.8.1 Klasifikasi kompresor

Untuk Prinsip kerja kompresor dan pompa adalah sama, Pada pompa, di nosel keluarnya energi kecepatan diubah menjadi energi tekanan, begitu juga kompresor pada katup keluar udara mampat mempunyai energi tekanan yang besar. Hukum-hukum yang berlaku pada pompa dapat diaplikasikan pada kompresor. Berbeda dengan pompa yang klasifikasinya berdasarkan pola aliran, klasifikasi kompresor biasanya berdasarkan tekanannya atau cara pemampatannya dan berdasarkan dari kapasitas. Pada gambar 2.13 adalah klasifikasi dari kompresor. Kompresor berdasarkan cara pemampatannya dibedakan menjadi dua, yaitu jenis turbo dan jenis perpindahan. Jenis turbo menggunakan gaya sentrifugal yang diakibatkan oleh putaran impeller sehingga udara mengalami kenaikan energi yang akan diubah menjadi energi tekanan. Sedangkan jenis perpindahan, dengan memperkecil volume udara yang dihisap ke dalam silinder atau stator dengan torak atau sudu. Kompresor yang diklasifikasikan berdasarkan tekanannya adalah kompresor untuk pemampat (tekanan tinggi), *blower* untuk peniup (tekanan sedang) dan fan untuk kipas (tekanan rendah).



Gambar 2.13 klasifikasi kompresor

Sumber : [etsworlds.com](http://etsworlds.com)

Pada gambar di atas terlihat, kompresor jenis turbo (*dynamic*) berdasarkan pola alirannya dibagi menjadi tiga, yaitu *ejector*, *centrifugal*, dan *aksial*. Kompresor jenis ini hampir semuanya dapat beroperasi pada tekanan dari yang rendah sampai tinggi. Kompresor turbo dapat dibuat banyak tingkat untuk menaikkan tekanan dengan kapasitas yang besar.

### 2.8.2 Debit Aliran

Pada aliran fluida memiliki kecepatan dan melalui sebuah penampang, hal ini dinamakan dengan debit aliran, demikian halnya dengan konsumsi udara yang merupakan aliran fluida yang memiliki kecepatan dan melalui sebuah penampang yang kemudian aliran tersebut dibuang ke udara bebas maka konsumsi udara adalah

debit aliran pada sebuah nosel. Debit aliran dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut (Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie, 1999:103)

$$Q = A \times V \text{ atau } Q = V \times T \quad (2.13)$$

Selama interval waktu tertentu aliran yang melalui volume atur memiliki sejumlah massa yang masuk dan keluar dari volume atur tidak sama, dengan demikian akan terjadi perubahan massa dan volume atur tersebut. Berkaitan dengan hal tersebut dapat diformulasikan volume atur untuk kekekalan massa yaitu :

Asumsi bahwa :

a. Aliran fluida adalah *compressible*

b. Aliran fluida kerjanya adalah *steady state*

Maka persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

Dengan mengintegalkan persamaan maka didapat persamaan sebagai berikut :

$$0 = -|\rho V_1 A_1| + |\rho V_2 A_2| \quad (2.14)$$

(Sumber : Fox & McDonnald Fluida Fluid Mechanics)

$$m_1 = m_2 \quad (2.15)$$

$$\rho V_1 A_1 = \rho V_2 A_2 \quad (2.16)$$

$$\frac{p_1}{R_1 T_1} V_1 \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{p_1}{R_1 T_1} V_1 \frac{\pi}{4} D^2 \quad (2.17)$$

Asumsi :

$$T_1 = T_2$$

$$R_1 = R_2$$

Sehingga :

$$V = \frac{4 Q}{\pi D^2} \quad (2.18)$$

2.8.3 kerugian –kerugian *preasure* yang terjadi pada aliran udara

Aliran udara pada saluran pipa rentan terhadap kerugian – kerugian yang dapat menyebabkan turunnya debit aliran dan tekanan. Setidaknya ada dua jenis kerugian pada aliran udara yaitu; kerugian karena faktor gesekan antara aliran udara dengan dinding pipa dan kerugian karena adanya penyempitan dan perluasan penampang dan sambungan – sambungan lain dalam jaringan pipa. Kerugian – kerugian yang terjadi tersebut dijelaskan sebagai berikut :

2.8.3.3 Kerugian *mayor*

Kerugian aliran karena gesekan dalam panjang pipa yang mempunyai garis tengah dan kecepatan rata – rata dinyatakan dengan persamaan Darcy-Weisbach (Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie, 1999:202)

$$H_f = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \times \gamma \quad (2.19)$$

Keterangan :

$H_f$  = kerugian *mayor*

$f$  = faktor gesekan

- $L$  = panjang pipa (m)  
 $D$  = diameter dalam pipa (m)  
 $v$  = Kecepatan rata-rata fluida (m/s)  
 $\gamma$  = density

Untuk menentukan besar koefisien gesek ( $f$ ), maka perlu diketahui dahulu bentuk alirannya dengan cara menentukan besarnya bilangan *Reynold*, besarnya *Reynold Number* dapat dicari dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Re = \frac{VxD}{\mu} \quad (2.20)$$

Keterangan :

- $Re$  = *Reynold number*  
 $v$  = kecepatan fluida (m/s)  
 $\mu$  = *viskositas absolut fluida* (Ns/m<sup>2</sup>)  
 $D$  = Diameter pipa (m)

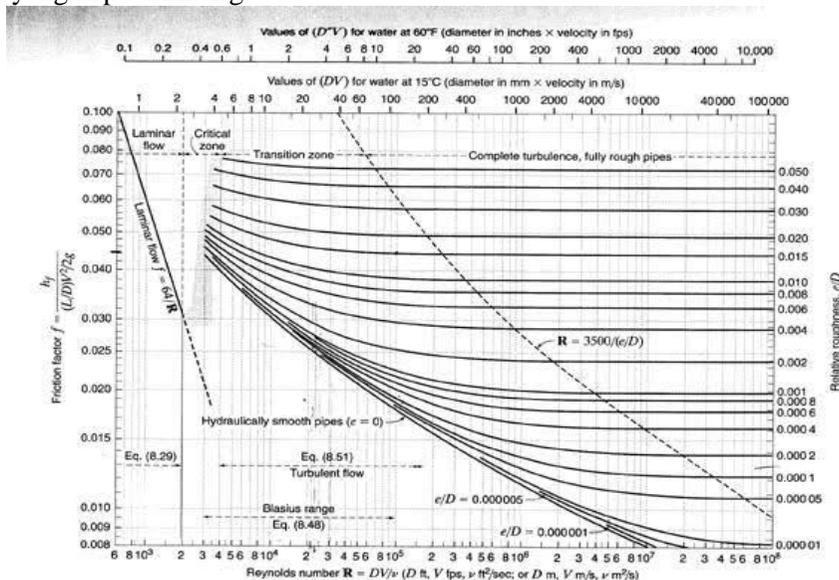
Apabila dari perhitungan diperoleh harga  $Re$ , maka jenis aliran fluida akan dapat diketahui. Adapun harga-harga  $Re$  adalah sebagai berikut :

- $Re < 2300$  aliran bersifat laminar
- $Re > 2400$  aliran bersifat turbulen
- $Re = 2300 - 2400$  aliran bersifat transisi

Apabila pada aliran tersebut bersifat aliran laminar, maka besarnya koefisien gesek dapat dicari menggunakan persamaan di bawah ini.

$$f = \frac{64}{re} \quad (2.21)$$

Apabila pada aliran tersebut bersifat aliran turbulen, untuk mengetahui koefisien geseknya dengan membaca pada *moody diagram* dimana besarnya koefisien kerugian geseknya bergantung pada *Reynold Number* ( $Re$ ) dan *Relatif Roughness* ( $e/D$ ) yang dapat dihitung.



Gambar 2.14 *moody diagram*

Sumber : moody, 1944

untuk menentukan nilai *density*, maka perlu diketahui massa jenis dan juga percepatan gravitasi dimana persamaannya sebagai berikut :

$$\gamma = \rho x g \quad (2.22)$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)  
 $g$  = percepatan gravitasi ( m/s<sup>2</sup>)

#### 2.8.3.4 Kerugian *minor*.

Kerugian yang terjadi dalam jalur pipa karena belokan, siku, sambungan, katup dan lainnya disebut dengan kerugian kecil (*minor losses*). Kerugian tinggi tekan sebanding dengan kuadrat kecepatan Hal ini pada pokoknya benar untuk kerugian dalam aliran turbulen. Suatu cara yang mudah untuk menyatakan kerugian kecil (  $Le$  ) dalam aliran ialah dengan sarana koefisien  $K$  , yang biasanya ditentukan dengan experiment (Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie, 1999:210)

$$Le = \left( k x \frac{v^2}{2g} x \gamma \right) \quad (2.23)$$

Dimana :

$Le$  = kerugian *minor*  
 $k$  = faktor k untuk berbagai macam katup dan fitting.  
 $v$  = Kecepatan rata-rata fluida (m/s)  
 $\gamma$  = density

#### 2.8.4 Total *pressure*

Total Tinggi Tekan (*pressure*) sebuah Kompresor Tinggi tekan (*pressure*) yang dibutuhkan sebuah kompresor untuk menggerakkan sesuatu alat tidak hanya sebesar kebutuhan tinggi tekan (*pressure*) alat tersebut, tetapi juga dibutuhkan untuk melawan kerugian – kerugian yang terjadi pada pipa distribusi antara kompresor dan alat tersebut(Jain A.K, 1976:560).

$$P_{total} = P_{alat} + P_{mayor} + P_{minor} \quad (2.24)$$

#### 2.8.5 Daya kompresor

##### 2.8.5.1 Kapasitas aktual kompresor

Kapasitas aktual *suction* adalah kapasitas yang dihasilkan oleh kompresor secara aktual sebelum menghitung kapasitas aktual terlebih dahulu menghitung suhu aktual pada kompresor dimana besarnya kapasitas aktual *suction* dan suhu aktual dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$T_d = T_s . rp^{(k-1)/(m x k)} \quad (2.25)$$

Dimana

$T_d$  = Temperatur mutlak gas keluar kompresor  
 $T_s$  = Temperatur isap gas masuk kompresor  
 $rp$  = *pressure ratio* ( $P_{discharge}/P_{suction}$ )  
 $k$  =  $C_p/C_v$  ( pada proses politropik nilai  $k$  dapat diganti menggunakan indeks politropik yang harganya lebih rendah )

$$\frac{P_s Q_s}{T_s} = \frac{P_1 Q_1}{T_1} \quad (2.26)$$

Dimana

$P_s$  = tekanan *suction*

Qs	= kapasitas <i>actual suction</i>
Ts	= suhu awal
P1	= rasio tekanan
Q1	= kapasitas perencanaan
T1	= suhu aktual kompresor

### 2.8.5.2 polytropic exponent

Untuk perhitungan *polytropic exponent* dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$\frac{K-1}{K} = \frac{n-1}{n} \times \frac{1}{\eta_p} \quad (2.27)$$

Dimana:

K	= ideal <i>adiabatis exponent</i>
n	= <i>polytropic exponent</i>
$\eta_p$	= <i>effisiensi polytropis</i>

### 2.8.5.3 Daya kompresor politropik

Daya motor adalah daya yang dihasilkan oleh penggerak mula (motor) yang digerakkan dengan daya listrik:

$$W_{com} = \frac{m \times n}{n-1} \times \frac{P_{sx} Q_{suc}}{60000} \times \left[ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{n-1/m \times n} - 1 \right] \quad (2.28)$$

Dimana :

W <sub>comp</sub>	= daya politropik
P <sub>s</sub>	= tekanan <i>suction</i>
P <sub>d</sub>	= tekanan <i>discharge</i>
n	= <i>polytropic exponent</i>
m	= tingkat kompresi kompresor
Q <sub>suc</sub>	= kapasitas <i>suction</i> dinyatakan pada kondisi tekanan dan temperatur isap

### 2.8.5.4 Daya Motor dan Transmisi

Daya yang dibutuhkan adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor ( Reff : Sularso dan Haruo Tahara pompa dan kompresor ). Daya yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$W_{fluida} = \frac{W_{com}}{eff_{com}} \quad (2.29)$$

$$W_{shaft} = \frac{W_{fluida}}{eff_{mekanik}} \quad (2.30)$$

$$W_{motor} = \frac{W_{shaft}}{\eta_{transmisi}} \times (1 + \alpha) \quad (2.31)$$

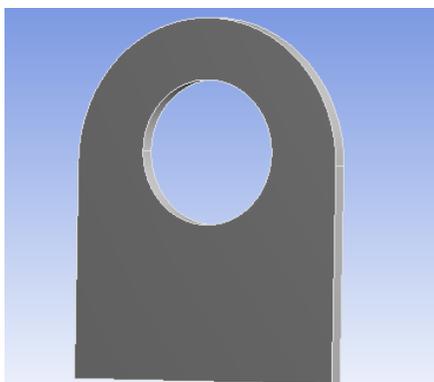
### 2.8.6 Jenis dan pelihan kompresor

Dalam spesifikasi kompresor, angka yang terpenting adalah laju volume gas yang dikeluarkan serta tekanan kerjanya. Jika kedua hal ini sudah ditetapkan, daya kompresor dapat dihitung menurut cara yang diuraikan dalam butir 2.8.5. Karena itu, untuk memilih sebuah kompresor udara bagi suatu keperluan misalnya harus terlebih

dahulu diketahui jumlah udara dan tekanan yang diperlukan oleh peralatan yang akan dilayaninya. Jika kebutuhan tersebut tidak ditentukan dengan benar, maka kompresor yang dibeli dapat terlalu kecil sehingga tidak berguna, atau terlalu besar sehingga menimbulkan pemborosan.

## 2.9 *Lifting lug*

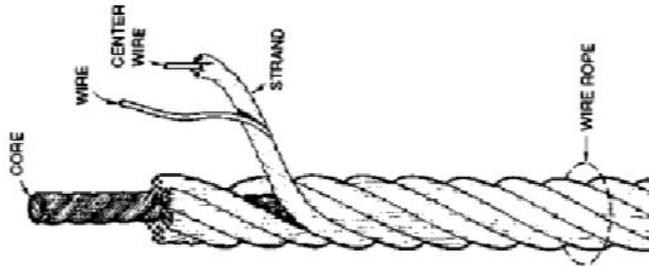
*Lifting lug* adalah komponen yang berfungsi sebagai pengait untuk memudahkan pada saat pengangkatan dan pemindahan alat atau benda. Pada *lifting lug* ada beberapa tegangan yang terjadi pada saat proses pengangkatan yaitu, tegangan akibat beban *radial*, *longitudinal* dan *circumferential*. Perencanaan desain pada *lifting lug* perlu diperhatikan dari segi jenis material yang digunakan dan juga beban yang akan dibebankan pada *lifting lug* tersebut, sehingga perlu dilakukan analisa dan juga simulasi pembebanan pada perencanaan *lifting lug*, ini dimaksudkan agar *lifting lug* tersebut masih memiliki batas *tensile strength* atau *principal stress* yang aman.



Gambar 2.15 *lifting lug*

## 2.10 *Wire rope* dan *wire clip*

*Wire rope* adalah elemen penting dalam menahan gaya tarik dalam mengangkat dan memindahkan beban sehingga perencanaan pemilihan *wire rope* haruslah sesuai dengan beban yang terjadi, agar ketika *wire rope* tersebut dibebankan dengan beban yang tidak sesuai atau terlalu berat maka *wire rope* tersebut akan putus. Dalam penggunaan *wire rope* biasanya terbagi menjadi 2 kategori yaitu statik dan dinamik. Penerapan statik contohnya pada *tower supports*, *guy wires*, *suspension bridge supports*, dan jaringan transmisi listrik. Penerapan dinamik pada umumnya untuk menarik atau mengangkat yang terdapat pada peralatan *elevators*, *cranes*, *hoists*, *dredges*, dan *control cables*.



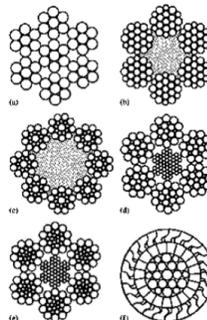
Gambar 2.16 elemen *wire rope*  
 Sumber :Kholis, I. pusdiklat migas (2014)

Pada dasarnya *wire rope* terdiri dari 3 komponen yaitu inti tali (*core*), kumpulan pilinan kawat-kawat (*strand*), dan kawat-kawat (*wires*) sebagaimana ini terlihat pada gambar 2.16 . Adapun pembagian jenis-jenis *wire rope* sebagai berikut :

2.10.1 Berdasarkan bahan dan konstruksi *core* yang digunakan ini terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. *Fiber core*
2. *Wire strand core*
3. *Independent wire rope core.*

2.10.2 Berdasarkan jenis konstruksi *core* dan *strand* nya, *wire rope* dapat dibedakan menjadi jenis *Warrington*, *Seale*, *Filler*, *Warrington-seale*, dan kombinasi yang lain

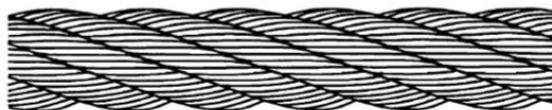


Gambar 2.17 Jenis *wire rope* berdasarkan konstruksi *core* dan *strand*  
 Sumber :Kholis, I. pusdiklat migas(2014)

2.10.3 Sedangkan yang terakhir berdasarkan pola arah lay, dibedakan menjadi 6 jenis yaitu :

1. *Right Regular Lay*

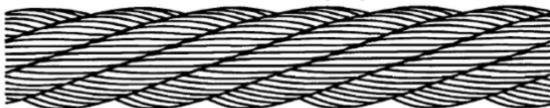
*Wire rope* jenis ini, diketahui *strand* memilin ke arah kanan sementara *wire* pada *strand* memilin ke arah sebaliknya yaitu ke arah kiri.



Gambar 2.18 *Wire rope* jenis *right regular lay*  
 Sumber :Kholis, I. pusdiklat migas(2014)

2. *Left regular lay*

*Wire rope* jenis ini, diketahui *strand* memilin ke arah kiri sementara *wire* pada *strand* memilin ke arah sebaliknya yaitu ke arah kanan.

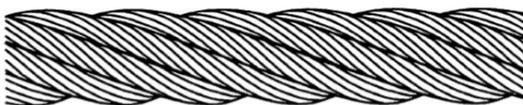


Gambar 2.19 *Wire rope* jenis *left regular lay*

Sumber :Kholis, I. *pusdiklat migas(2014)*

3. *Right lang lay*

*Wire rope* jenis ini, diketahui baik *strand* maupun *wire* pada *strand* memilin ke arah kanan.

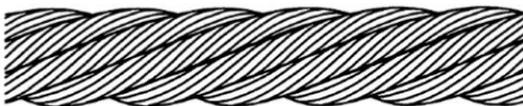


Gambar 2.20 *Wire rope* jenis *right lang lay*

Sumber :Kholis, I. *pusdiklat migas(2014)*

4. *Left lang lay*

*Wire rope* jenis ini, diketahui baik *strand* maupun *wire* pada *strand* memilin ke arah kiri



Gambar 2.21 *Wire rope* jenis *left lang lay*

Sumber :Kholis, I. *pusdiklat migas(2014)*

5. *Right alternate lay*

*Wire rope* jenis ini, diketahui *strand* memilin ke arah kanan sementara *wire* pada *strand* memilin ke arah kanan dan kiri secara bergantian.



Gambar 2.22 *Wire rope* jenis *right alternate lay*

Sumber :Kholis, I. *pusdiklat migas(2014)*

6. *Herring bone lay*

Pada jenis ini , *strand* memilin ke arah kanan sementara *wire* pada 2 *strand* memilin ke arah kanan kemudian diikuti 1 *strand* yang memilin ke arah kiri



Gambar 2.23 *wire rope* jenis *herring bone lay*

Sumber :Kholis, I. *pusdiklat migas(2014)*

Sedangkan *wire rope clamp*, atau bisa juga disebut *wire rope clip*, adalah salah satu alat *ringging* yang digunakan untuk memperbaiki / merapikan ujung bebas dari *loop* yang kembali ke tali kawat atau fungsi utamanya adalah untuk menahan ujung mata *wire rope sling* agar tidak terlepas. Tiga atau lebih klem biasanya digunakan untuk mengakhiri tali kawat. Dan sebanyak delapan *clamp* mungkin diperlukan untuk (50,8 mm) diameter tali baja. *Wire clip* dibuat dengan bentuk yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan bervariasinya kebutuhan orang-orang akan alat-alat angkat ( *Lifting* ), Alat Tarik ( *Towing* ), alat ikat ( *Lashing* ) dan kebutuhan lainnya. Pada umumnya, *wire clip* dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

1. *US Forged Wire Clip*

*Wire clip* jenis ini adalah *wire clip* yang dapat digunakan bersamaan dengan *wire rope sling* untuk aplikasi angkat ( *lifting* ) dan tarik ( *towing* ), karena *wire clip* ini memiliki nilai *efficiency rating*. *Wire Clip* ini diproduksi dengan *finishing galvanis* diseluruh bagiannya untuk mencegah proses pengkaratan pada *wire clip* yang dapat merusak *wire rope* nantinya.



Gambar 2.24 *US Forged Wire Clip*

Sumber : [seasmarines.com](http://seasmarines.com)

2. *Fist Grip Wire Clip*

*Wire clip* jenis ini hamper sama dengan *wire clip* jenis *US Forged Wire Clip* yaitu dapat digunakan bersamaan dengan *wire rope sling* untuk aplikasi angkat ( *lifting* ) dan tarik ( *towing* ) karena *wire clip* jenis ini pun memiliki *efficiency rating*. Perbedaan dari kedua *wire clip* ini ialah terletak pada segi desain.



Gambar 2.25 *Fist Grip Wire Clip*

Sumber : [seasmarines.com](http://seasmarines.com)

3. *Galvanized Wire Clip*

Untuk *wire clip* jenis ini tidak cocok digunakan bersamaan dengan *wire rope sling* untuk aplikasi angkat ( *lifting* ) dan tarik ( *towing* ), karena *wire clip* ini tidak nilai *efficiency rating*. Aplikasi yang disarankan

penggunaan menggunakan *wire clip* jenis ini alah aplikasi ringan seperti *lashing*



Gambar 2.26 Galvanized Wire Clip

Sumber : *seoasmarines.com*

4. *Heavy Duty / Bulldog Wire Clip* dan *Stainless Steel Wire Clip*  
 Untuk kedua jenis *wire clip* ini hampir sama dengan *wire clip* jenis *Galvanized Wire Clip* tidak cocok diaplikasikan pada aplikasi angkat ( *lifting* ) dan tarik ( *towing* ), karena *wire clip* ini tidak nilai *efficiency rating*. Aplikasi yang disarankan penggunaan menggunakan *wire clip* jenis ini alah aplikasi ringan seperti *lashing*.



(a)



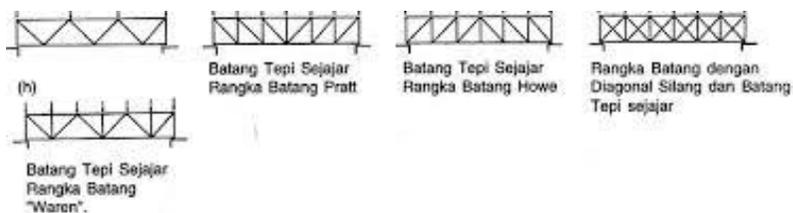
(b)

Gambar 2.27 *Heavy Duty* (a) dan *Stainless Steel Wire Clip* (b)

Sumber : *seoasmarines.com*

## 2.11 Konstruksi kerangka baja

Perencanaan desain konstruksi kerangka baja sebagai tempat untuk *airbags* ini direncanakan pada rangka batang dengan batang tepi sejajar (Gambar 2.28) sumber Schodek, 1999), momen eksternal ditahan terutama oleh batang-batang tepi atas dan bawah. Gaya geser eksternal akan dipikul oleh batang diagonal karena batang-batang tepi berarah horisontal dan tidak mempunyai kontribusi dalam menahan gaya arah vertikal. Gaya-gaya pada diagonal umumnya bervariasi mengikuti variasi gaya geser dan pada akhirnya menentukan desain batang



Gambar 2.28 Rangka batang tepi sejajar

Sumber : *Schodek, 1999*

Dimana pada perencanaan desain konstruksi kerangka baja untuk penempatan *airbags* menggunakan rangka batang dengan diagonal silang dan batang tepi sejajar. Sebenarnya pada gambar ini adalah konstruksi kerangka baja yang digunakan untuk jembatan tetapi dalam penelitian ini digunakan sebagai rujukan dalam pembuatan desain konstruksi kerangka baja untuk penempatan *airbags*.

## 2.12 Teori metode elemen hingga

Dalam menganalisa dan simulasi pembebanan *lifting lug* dan juga konstruksi kerangka baja yang sesuai digunakan sebagai alat pendukung pada tiap variasi *airbags* dapat menggunakan metode elemen hingga atau *finite element method (fem)* atau analisa elemen hingga atau *finite element analysis (fea)*, ini dikarenakan bentuk dari *lifting lug* dan juga konstruksi kerangka baja adalah sebagai dasar bentuk-bentuk kompleks dengan blok-blok sederhana atau membagi objek yang kompleks kedalam bagian-bagian kecil yang teratur. Penggunaan metode elemen hingga terdiri dari beberapa analisa :

- a. Analisa Perancangan adalah perncanaan desain , serta simulasi komputer
- b. *finite element method* atau *finite element analysis* adalah metode simulasi komputer yang paling banyak diaplikasikan dalam engineering.
- c. Penggunaan dari aplikasi CAD atau CAM

Aplikasi metode elemen hingga dalam engineering adalah untuk: *Mechanical / Aerospace/ Civil/ Automobile Engineering, Structure analysis (Static/ dynamic, linear/ nonlinear), Thermal/ fluid flows, Electromagnetics, Geomechanics, Biomechanics*. Sedangkan prosedur analisa menggunakan metode elemen hingga adalah sebagai berikut:

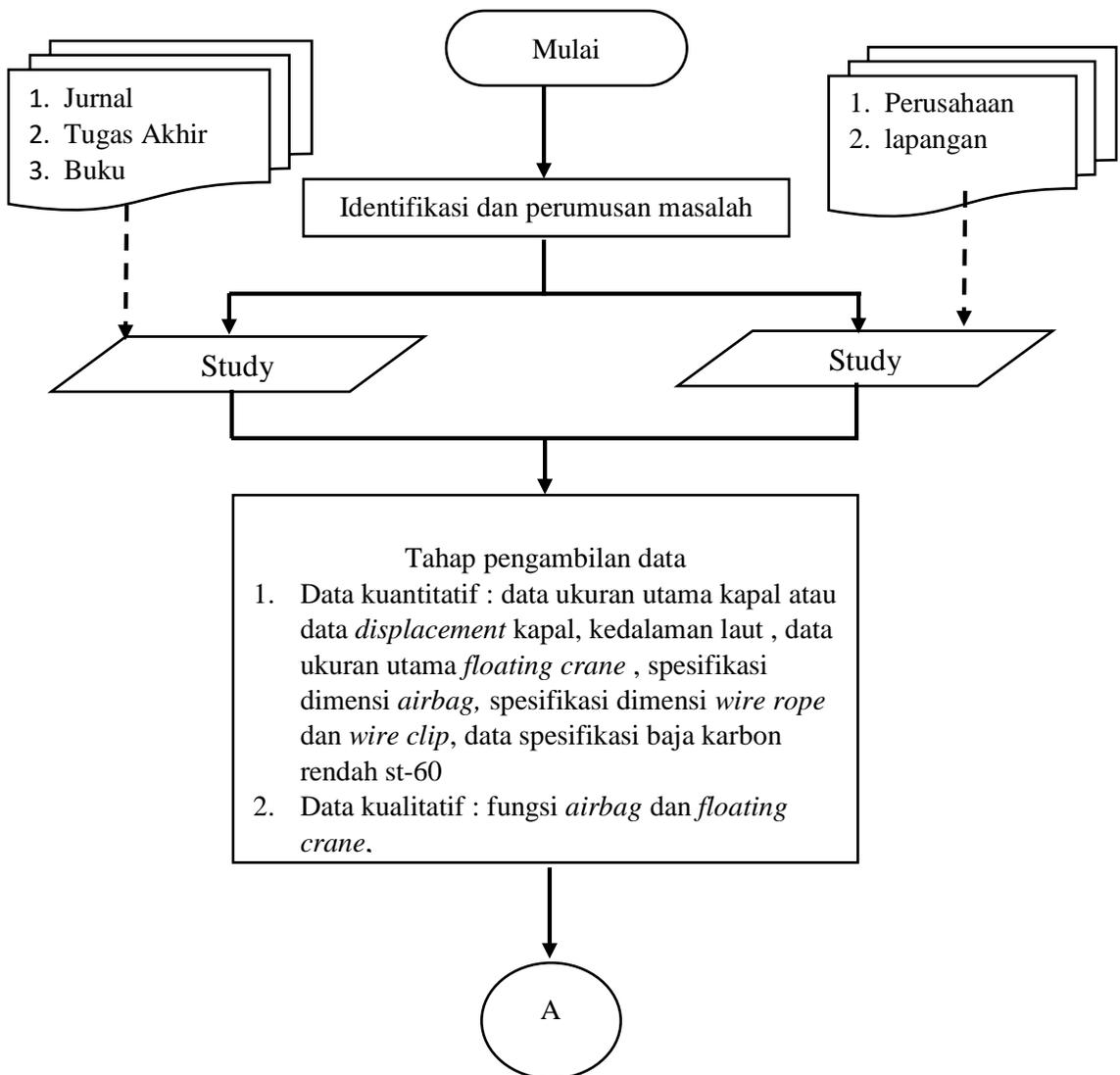
- a. Membagi struktur kedalam bagian-bagian kecil (elemen dengan nodes)
- b. Menjelaskan sifat fisik dari tiap-tiap elemen, semakin rumit bentuk geometri, kemudian banyak interaksi bebannya, penerapan constrain, serta sifat materialnya berbeda, maka model matematika yang bisa mewakili permasalahan tersebut semakin sulit.
- c. Menghubungkan atau merangkai elemen-elemen pada nodes untuk membentuk rekaan persamaan sistem dari keseluruhan struktur.
- d. Menyelesaikan persamaan sistem dengan melibatkan kuantitas yang tidak diketahui pada nodal, misalnya pergeseran
- e. Menghitung kuantitas yang diinginkan (regangan dan tekanan) pada elemen-elemen yang dipilih.

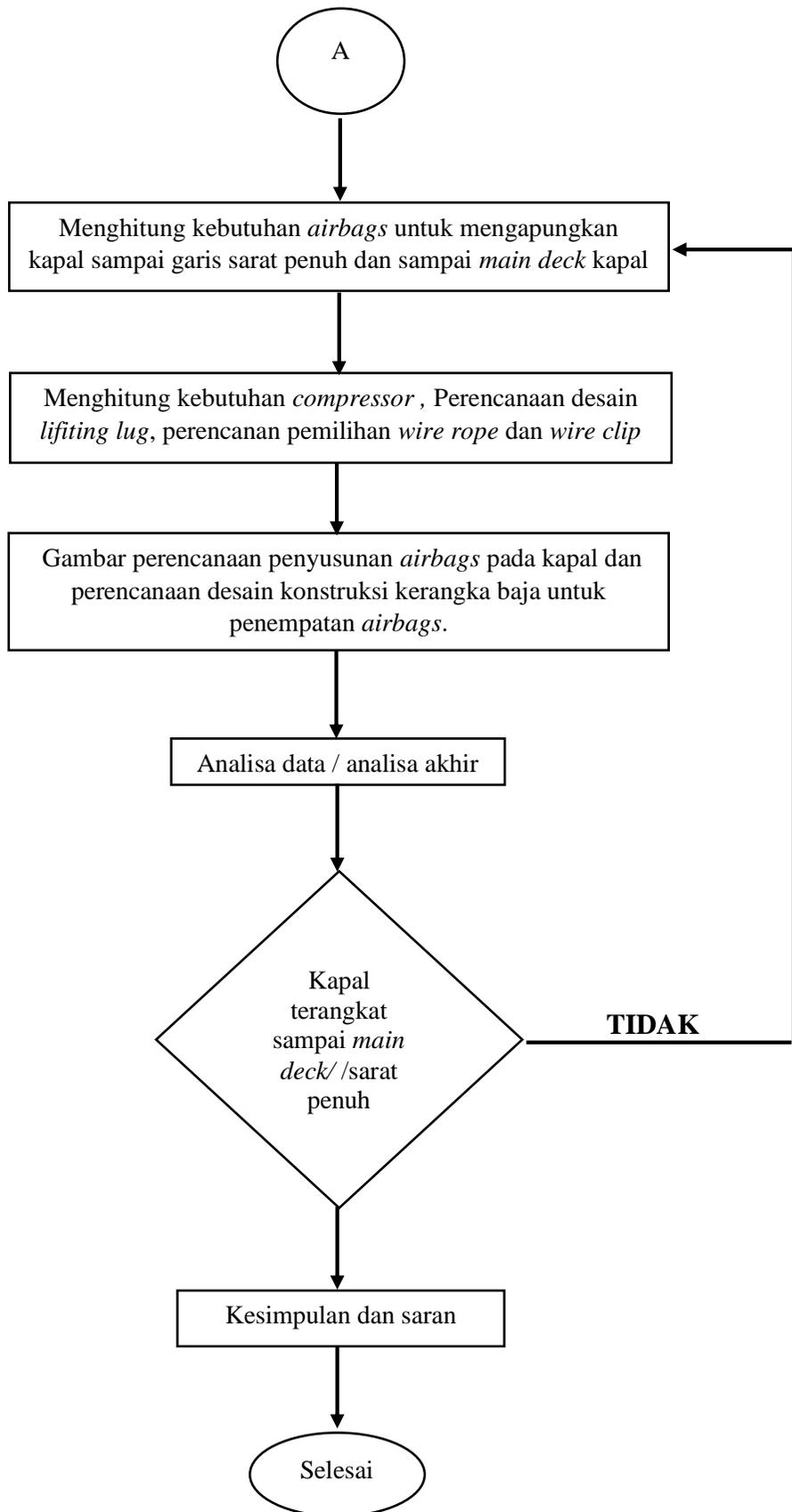
Dalam analisis sebagian besar dapat diperlakukan dalam analisis *static linier* yang didasarkan pada asumsi sebagai berikut: *Small Deformation* (perubahan yang terjadi sangat kecil), *Elastic Material*, *Static Loads*. analisa linier menyediakan banyak informasi tentang perilaku suatu struktur dan merupakan yang baik untuk beberapa analisa karena mempertimbangkan suatu elemen penuh pada prismatic.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Suatu konstruksi penelitian atau metode penelitian sangat diperlukan dalam menyusun penelitian ilmiah ini. Konstruksi penelitian harus disusun secara sistematis dan terarah untuk mendapatkan hasil penelitian yang tepat sasaran sesuai dengan rumusan masalah tujuan penelitian. Adapun langkah – langkah dalam proses penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* sebagai berikut :





### 3.1 Identifikasi dan perumusan masalah

Tahap ini bertujuan untuk memaparkan latar belakang masalah yang diangkat dalam penelitian, merumuskan masalah sebagai bahan yang akan dibahas dalam penelitian, menetapkan tujuan yang akan dicapai, serta menentukan asumsi dan batasan yang akan membantu dalam penyelesaian masalah dalam penelitian. Dalam prosesnya, aktifitas yang dilakukan bisa beragam, seperti diskusi dengan para ahli di bidangnya, mencari beberapa referensi buku, jurnal atau proceeding yang berkaitan dengan tema penelitian yang akan dilakukan atau dengan kata lain merupakan studi literatur serta melakukan observasi kegiatan serta mengidentifikasi studi kasus yang berkaitan dengan tema penelitian yang akan dilakukan pada kondisi yang sebenarnya di lapangan

### 3.2 Studi literature

Studi literatur akan digunakan untuk mendapatkan kajian secara teoritis, mengetahui metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini. Teori yang digunakan yaitu teori-teori tentang *Arhcimedes* berkaitan tentang bagaimana cara kapal bisa mengapung maupun bisa tenggelam, teori-teori tentang berkaitan kekuatan *liftng lug* serta konstruksi untuk *airbgas* dan teori-teori mengenai cara dan proses *salvage* kapal. Selain itu juga dilakukan studi terhadap penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan dan acuan bagi penelitian yang akan dilakukan. Hasil studi literatur akan dijadikan bahan acuan dalam menentukan *step-by-step* penelitian yang akan dilakukan dan sebagai rujukan dalam pengambilan keputusan dalam memutuskan serta memecahkan berbagai rumusan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya.

### 3.3 Pengambilan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dimana pengumpulan data ini dimaksudkan untuk kelengkapan analisa data yang nantinya akan dilakukan. Pada pengumpulan data ini terdapat 2 data yang dibutuhkan, yaitu data kuantitatif dan kualitatif. Adapun pengumpulan data ini diambil dari perusahaan - perusahaan dan juga pemerintah dimana data tersebut antara lain :

1. Data ukuran utama kapal.
2. Data *dimensions airbags*
3. Data kapasitas *floating crane*
4. Data kedalaman laut
5. Data spesifikasi dimensi *wire rope, wire clips*
6. Data spesikasi dimensi baja karbon rendah st-60

### 3.4 Pengolahan data

Data-data yang telah terkumpul dari hasil *kegiatan* penelitian, baik yang bersifat primer maupun yang bersifat sekunder. Data-data tersebut kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan guna mengetahui kebutuhan serta analisa kekuatan peralatan penunjang yang digunakan dalam membantu proses kerja *salvage* kapal. Adapun tahapan perhitungannya /pengolahan data sebagai berikut

1. Pemilihan dimensi *airbags*, perhitungan volume *airbags* perhitungan gaya apung dari *airbags* , perhitungan gaya apung yang dibutuhkan kapal dan menghitung jumlah kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai garis sarat penuh dan *main deck* kapal
2. Perhitungan pemilihan kompresor berdasarkan tekanan, kapasitas dan juga daya,
3. perencanaan desain *lifting lug* , perencanaan pemilihan *wire rope* , *wire clips* dan perencanaan konstruksi kerangka baja untuk penempatan *airbags*
4. Gambar perencanaan penyusunan *airbags* pada kapal

### **3.5 Analisis data / analisa akhir**

Tahap ini bertujuan untuk menganalisa hasil pengolahan data yang telah dilakukan kemudian dapat mengetahui korelasi antara hasil pengolahan data dengan realisasi dari tujuan penelitian. Apabila terjadi error, maka dilakukan analisa penyebab error tersebut bisa terjadi kemudian apa dampaknya pada keseluruhan hasil pengolahan data

### **3.6 Kesimpulan dan Saran**

Tahap ini merupakan tahapan akhir dalam proses penelitian yang dilakukan yakni proses penarikan kesimpulan dari seluruh rangkaian kegiatan penelitian yang dilakukan. Kesimpulan yang tersusun harus bisa sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Selain penarikan kesimpulan, pemberian saran atas penelitian yang telah selesai dilakukan dapat dilakukan. Pengemukakan saran dalam hal ini biasanya berupa kesempatan penelitian lanjutan ataupun koreksi atas kekurangan atau ketidaksempurnaan pada penelitian yang sudah dilakukan. Hal tersebut dapat pula dikarenakan scope atau batasan masalah yang telah ditentukan dapat dipertimbangkan kembali dalam menentukan kegiatan penelitian selanjutnya.

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan pembahasan teknis mulai dari perhitungan kebutuhan *airbags*, perhitungan pemilihan compresor, perencanaan *lifting lug*, perencanaan konstruksi kerangka baja untuk penempatan *airbags* jika tidak menggunakan *lifting lug* serta perencanaan penyusunan *airbags* pada kapal. Pada penelitian kali ini DWT kapal yang dipakai sebesar 5,851 DWT. Setelah diketahui kebutuhan *airbags* maka dilakukan perencanaan penyusunan penempatan pemasangan *airbags*.

### 4.1 Tahapan Salvage Kapal

Seperti yang sudah dijelaskan pada bab II dasar teori bahwa salvage adalah upaya penyelamatan kapal yang mengalami kecelakaan. Kecelakaan kapal ini bisa berupa kapal kandas, kapal tenggelam, kapal karam dan lain sebagainya. Upaya penyelamatan kapal ini dilakukan untuk mengurangi dampak kerugian akibat dari kecelakaan tersebut. Kerugian yang bisa terjadi akibat adanya kecelakaan ini adalah berupa terganggunya alur pelayaran, kerusakan lingkungan laut, gangguan terhadap eksplorasi dan eksplotasi laut lainnya. Pada proses salvage memiliki beberapa tahap dalam upaya penyelamatan kapal dimana tahapan ini tergantung dengan kondisi kapal yang mengalami kecelakaan dan juga kondisi lingkungan kapal tersebut mengalami kecelakaan dari kondisi tersebut kita dapat merencanakan tahapan proses salvage yang sesuai dengan kondisi kapal tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisa pada variasi kapal yang tenggelam secara keseluruhan pada kondisi lingkungan perairan dengan kedalaman kapal tenggelam 20-30 meter dengan dasar laut tanah berlumpur. Adapun tahapan proses penyelamatan kapal ini dengan menggunakan *floating crane* dan juga *airags* untuk menambah gaya apung dalam upaya penyelamatan kapal.

### 4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dibutuhkan untuk pengolahan data yang nantinya akan dihitung dalam penelitian ini. Adapun data yang dibutuhkan bersumber dari data perusahaan, untuk data-data yang dibutuhkan dalam pengolahan data ialah sebagai berikut :

#### 4.2.1 Data ukuran utama kapal

Data ukuran utama kapal yang digunakan pada penelitian ini ialah data ukuran utama kapal yang bersumber dari data *class register Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK)* data didapatkan dari *website* perusahaan tersebut. Data ukuran utama kapal yang digunakan dalam penelitian ini tidak tenggelam melainkan hanya untuk sebagai rujukan data DWT kapal yang direncanakan dalam penelitian. Adapun data ukuran utama kapal yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

IMO No	: 9153575
Nama Kapal	: MT. BAUHINIA
DWT	: 5851 Ton
LPP	: 93,9 meter
LWL	: 99,01 meter

B	: 16,5 meter
T	: 6,664 meter
H	: 8,5 meter
CB	: 0,781

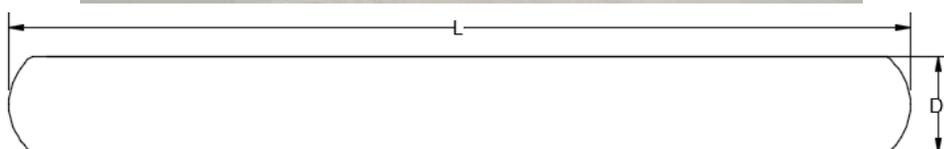


Gambar 4.1 MT BAUHINA

Sumber : *Vesselfinder.com*

#### 4.2.2 Data *airbags*

Data *airbags* digunakan sebagai tambahan gaya apung kapal selama proses salvage agar beban kerja *floating crane* tidak terlalu berat dengan asumsi tangki tangki pada kapal tidak dapat digunakan sebagai gaya apung tambahan kapal atau hanya dengan menggunakan *airbags* untuk menambah gaya apung kapal. Dalam penelitian ini digunakan *airbags* dari perusahaan *Deyuan Marine Fitting Co.,ltd* dimana data didapatkan dari website perusahaan tersebut. Dengan spesifikasi *airbags* sebagai berikut :



Gambar 4.2 *airbags*

Sumber : *Deyuan Marine Fitting Co.,ltd*

Tabel 4.1 spesifikasi dimensi *airbags*

Effective length (m)	Marine Salvage Airbags Buoyancy (tons) Buoyancy (Tons)				
	D=1M	D=1.2M	D=1.5M	D=1.8M	D=2M
5	3.93	5.65	8.84	12.72	15.71
6	4.71	6.79	10.6	15.27	18.85
7	5.5	7.92	12.37	17.81	21.99
8	6.28	9.05	14.14	20.36	25.13
9	7.07	10.18	15.9	22.9	28.27
10	7.85	11.31	17.67	25.45	31.42
11	8.64	12.44	19.44	27.99	34.56
12	9.42	13.57	21.21	30.54	37.7
13	10.21	14.7	22.97	33.08	40.84
14	11	15.83	24.74	35.63	43.98
15	11.78	16.96	26.51	38.17	47.12
16	12.57	18.1	28.27	40.72	50.27
17	13.35	19.23	30.04	43.26	53.41
18	14.14	20.36	31.81	45.8	56.55

More marine salvage airbags can be offered, pls contact us for more details.

Sumber : *Deyuan Marine Fitting Co.,ltd*

### 4.2.3 Data *floating Crane*

Data *floating crane* ini digunakan untuk mengangkat kapal yang tenggelam atau yang akan di *salvage* yang tentunya *floating crane* disini dibantu dengan gaya apung *airbags* sehingga kapasitas *floating crane* yang digunakan tidak terlalu besar dan juga kebutuhan *airbags* tidak terlalu banyak. kekuatan maksimum pengangkatan kapal dapat diketahui dari data utama kapal khususnya LWT kapal. *floating crane* yang digunakan dalam penelitian ini digunakan dari perusahaan *Zhenjiang Glory Heavy Machinery Co.,Ltd* dimana data didapatkan dari *website* perusahaan tersebut. Adapun ukuran dari *floating crane* sebagai berikut :

LOA : 102,3 meter  
 LPP : 102,3 meter  
 Breadth : 36 meter  
 Depth : 7,5 meter  
 Light Draught : 3,57 meter  
 Capacity lift Crane : 1500 Ton



Gambar 4.3 *floating Crane*

Sumber : *Zhenjiang Glory Heavy Machinery co.,ltd*

### 4.3 Perhitungan perencanaan kebutuhan *airbags*

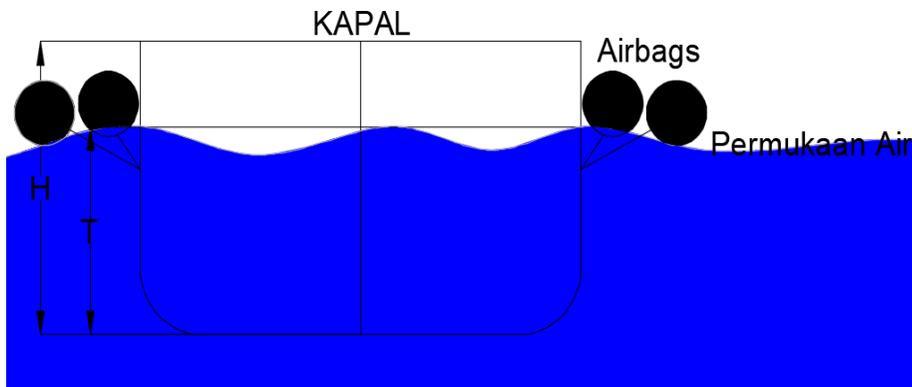
Pada tahap ini dilakukan Perhitungan dengan 4 variasi kondisi kapal yaitu mengapungkan kapal sampai garis sarat penuh kapal menggunakan *floating crane* dan tidak menggunakan *floating crane* serta mengapungkan kapal sampai *main deck* (*superstructure* berada diatas permukaan airlaut) menggunakan *floating crane* dan tidak menggunakan *floating crane*. Dari 4 kondisi ini dapat kita analisa kebutuhan jumlah *airbags* yang dibutuhkan dalam upaya *salvage*. Dan pada tahap perhitungan ini menggunakan *airbag* dengan dimensi ukuran 18 x 2 meter

#### 4.3.1. Perhitungan kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai garis sarat penuh kapal.

Perhitungan kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai garis sarat penuh kapal menggunakan metode *Lifting* (*floating crane*) dan *airbags* serta hanya menggunakan metode *airbags* adapun perhitungannya sebagai berikut :

##### 4.3.1.1 Perhitungan kebutuhan *airbags* tanpa adanya *floating crane*

Pada tahap ini dilakukan tahap perhitungan volume *displacement* kapal , perhitungan gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal, perhitungan volume *airbags*, perhitungan gaya apung *airbags*, dan perhitungan kebutuhan jumlah *airbags* jika pekerjaan *salvage* tanpa menggunakan *floating crane*:



Gambar 4.4 Pengapungan kapal hanya menggunakan *airbags*

Sebelum menentukan kebutuhan *airbags* maka terlebih dahulu menghitung kebutuhan gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal, dengan menggunakan rumus *archimedes*. Setelah diketahui gaya apung yang dibuthkan kapal untuk mengapungkan kapal tersebut selanjutnya melakukan perhitungan kebutuhan *airbags*. Adapun kebutuhan gaya apung kapal :

- Volume *displacement* kapal  

$$V = LWL \times B \times T \times CB$$
 Dimana :  
 LWL = *length of water line*  
 B = lebar kapal  
 T = sarat kapal  
 CB = *coefecient block*

Sehingga :

$$V = LWL \times B \times T \times CB$$

$$V = 98,18 \times 16,5 \times 6,664 \times 0,781$$

$$V = 8432 \text{ m}^3$$

- Gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal kapal.

$$F_a = \rho \times V \times g$$

Dimana :

$$F_a = \text{Gaya Keatas (N)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis fluida ( Kg/M}^3\text{)}$$

$$V = \text{Volume benda yang tercelup ( M}^3\text{)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (N/Kg)}$$

Sehingga :

$$F_a = \rho \times V \times g$$

$$F_a = 1025 \text{ Kg/M}^3 \times 8432 \text{ M}^3 \times 9,81 \text{ (N/Kg)}$$

$$F_a = 84.785.868 \text{ Newton}$$

- Perhitungan volume *airbag* dengan spesifikasi jenis *airbag* yang dipilih sebagai berikut :

$$D = 2 \text{ m}$$

$$L = 18 \text{ m}$$

$$P = 0.25 \text{ Mpa} = 2,5 \text{ Bar}$$

Adapun untuk perhitungan volumenya dapat menggunakan rumus volume tabung :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

Dimana :

$$V = \text{volume } \textit{airbag}$$

$$R^2 = \text{diameter ( jari-jari } \textit{airbag}\text{)}$$

$$T = \text{tinggi ( panjang } \textit{airbag}\text{)}$$

Sehingga :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

$$V = 3,14 \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 18 \text{ m}$$

$$V = 56,52 \text{ m}^3$$

- Perhitungan gaya apung *airbag*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan gaya apung *airbag* untuk diketahui seberapa besar gaya apung *airbag* yang dipilih untuk mengapungkan kapal. Menentukan seberapa besar gaya apung *airbag* dapat menggunakan rumus *Archimedes* sama halnya pada perhitungan seberapa besar Gaya yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal yang tenggelam.

$$F_a = \rho \times V \times g$$

Dimana :

$$F_a = \text{Gaya Keatas (N)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis Udara ( Kg/M}^3\text{)}$$

$$V = \text{Volume benda yang tercelup ( M}^3\text{)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (N/Kg)}$$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan bahwa :

$$\text{Volume } \textit{airbag} = 56,52 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa Jenis Udara} = 1,025 \text{ Kg/m}^3$$

Percepatan gravitasi = 9,81 (N/kg)

Maka gaya apung *Airbag*:

$$F_a = \rho \times V \times g$$

$$F_a = 1025 \text{ Kg/m}^3 \times 56,52 \text{ m}^3 \times 9,81 \text{ (N/kg)}$$

$$F_a = 565.105,05 \text{ N}$$

- Kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal

Dari perhitungan diatas diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 84.785.868 Newton

- Gaya apung pada *airbags* sebesar 565.105,05 N

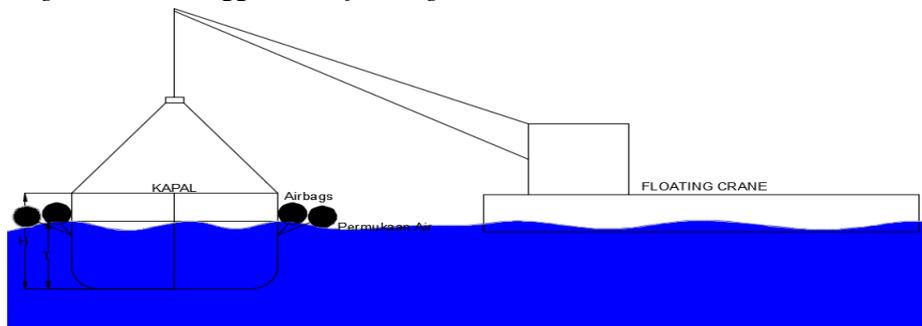
Jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$$565,105.05 \text{ N} \times 151 \text{ unit } \textit{airbag} = 85.330.862.6 \text{ Newton}$$

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan kebutuhan gaya apung untuk mengapungkan kapal sekitar 5,861 DWT sebanyak 151 unit *airbags*. Perhitungan ini belum digunakan metode *lifting (floating crane)*.

#### 4.3.1.2 Perhitungan kebutuhan *airbags* dengan *floating crane*

Pada tahap ini dilakukan tahap perhitungan volume *displacement* kapal , perhitungan gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal, perhitungan volume *airbags*, perhitungan gaya apung *airbags*, dan perhitungan kebutuhan jumlah *airbags* jika pekerjaan *salvage* dibantu menggunakan *floating crane*:



Gambar 4.5 Pengapungan kapal menggunakan *airbags* dan *floating crane*

Sebelum menentukan kebutuhan *airbags* maka terlebih dahulu menghitung kebutuhan gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal tersebut dengan menggunakan rumus *archimedes*. Setelah diketahui gaya apung kapal selanjutnya melakukan perhitungan kebutuhan *airbags*. Adapun kebutuhan gaya apung kapal :

- Volume *displacement* kapal

Dari perhitungan sebelumnya telah diketahui volume *displacement* kapal sebesar 8432 m<sup>3</sup>.

- Gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal kapal.

Setelah mengetahui volume *displacement* selanjutnya mengetahui berat *displacement* kapal yang mana nanti akan diketahui berat LWT kapal.

$$V \textit{ displacement} = 8432 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa jenis air laut} = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

$$\textit{displacement kapal} = 8432 \text{ m}^3 \times 1,025 \text{ ton/m}^3$$

$$= 8642,8 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat LWT kapal} &= \text{Displacement} - \text{DWT} \\ &= 8642,8 \text{ ton} - 5851 \text{ Ton} \\ &= 2791,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jika berat LWT kapal telah diketahui dan kapasitas *floating crane* telah diketahui maka

$$\begin{aligned} \text{LWT kapal} &= 2791,8 \text{ ton} \\ \text{Kapasitas } \textit{floating crane} &= 1500 \text{ ton} \\ \text{Beban berkurang sebesar} &= 2791,8 \text{ ton} - 1500 \text{ ton} \\ &= 1291,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

Menghitung kembali Volume *displacement* akibat pengurangan beban LWT dengan adanya bantuan *floating crane* :

$$\begin{aligned} \text{Berat } \textit{displacement} &= \text{DWT} + \text{LWT} \\ &= 5851 \text{ ton} + 1291,8 \text{ ton} \\ &= 7142,8 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume } \textit{displacement} &= 7142,8 \text{ ton} / 1,025 \text{ ton/m}^3 \\ &= 6968,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung kebutuhan *airbag* sebelum itu dilakukan perhitungan gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal

Gaya apung yang dibutuhkan kapal

$$F_a = \rho \times V \times g$$

Dimana :

$$F_a = \text{Gaya Keatas (N)}$$

$$P = \text{Massa jenis fluida ( Kg/M}^3\text{)}$$

$$V = \text{Volume benda yang tercelup ( M}^3\text{)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (N/Kg)}$$

Sehingga :

$$F_a = \rho \times V \times g$$

$$F_a = 1025 \text{ Kg/M}^3 \times 6968,58 \text{ M}^3 \times 9,81 \text{ (N/Kg)}$$

$$F_a = 70.070.814 \text{ Newton}$$

- Perhitungan volume *airbag* dengan spesifikasi jenis *airbag* yang dipilih Pada perhitungan sebelumnya diketahui volume *airbags* sebesar

$$V = 56,52 \text{ m}^3$$

- Perhitungan gaya apung *airbag*

Pada perhitungan sebelumnya diketahui gaya apung *airbag* sebesar

$$F_a = 565.105,05 \text{ N}$$

- Kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 70.070.814 Newton

- Gaya apung pada *airbags* sebesar 565.105,05 N

Jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$$565,105.05 \text{ N} \times 124 \text{ unit } \textit{airbag} = 70.073.026.2 \text{ Newton}$$

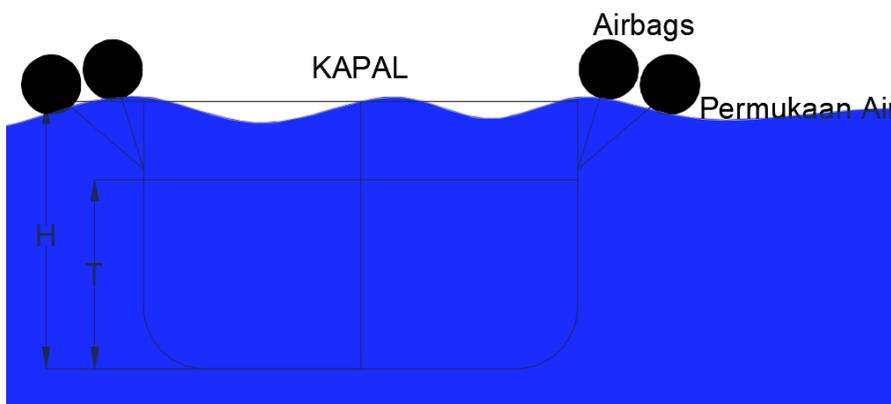
Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan kebutuhan gaya apung untuk mengapungkan kapal sekitar 5,861 DWT sebanyak 124 unit *airbags* dengan bantuan *floating crane*.

#### 4.3.2 Perhitungan kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai *main deck* (*superstructure* berada di permukaan air laut) .

Perhitungan kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai ke *main deck* kapal menggunakan metode *lifting* ( *floating crane* ) dan *airbags* serta hanya menggunakan metode *airbags* adapun perhitungannya sebagai berikut :

##### 4.3.2.1 Perhitungan kebutuhan *airbags* tanpa adanya *floating crane*

Pada tahap ini dilakukan tahap perhitungan *airbags* tanpa adanya *floating crane* dimana akan melakukan perhitungan volume *airbags*, gaya apung *airbags*. Dalam perhitungan kali ini yang perlu diketahui adalah seberapa besar LWT kapal yang tenggelam yang mana kita harus mengetahui Volume *displacement* kapal, lalu dikurangi dengan DWT kapal mengingat *displacement* kapal adalah berat DWT ditambah LWT.



Gambar 4.6 pengapungan kapal menggunakan *airbags* tanpa *floating crane* sampai *main deck*.

- Volume badan kapal dibawah garis air  
Dari perhitungan sebelumnya telah diketahui volume *displacement* kapal sebesar 8432 m<sup>3</sup>.
- Gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal.  
Dari perhitungan sebelumnya telah diketahui volume *displacement* kapal sebesar 8432 m<sup>3</sup> . Setelah mengetahui volume *displacement* selanjutnya mengetahui berat *displacement* kapal yang mana nanti akan diketahui berat LWT kapal.

$$\begin{aligned}
 V_{displacement} &= 8432 \text{ m}^3 \\
 \text{Massa jenis air laut} &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \\
 \text{displacement kapal} &= 8432 \text{ m}^3 \times 1,025 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 8642,8 \text{ ton} \\
 \text{Berat LWT kapal} &= \text{Displacement} - \text{DWT} \\
 &= 8642,8 \text{ ton} - 5851 \text{ Ton} \\
 &= 2,791 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

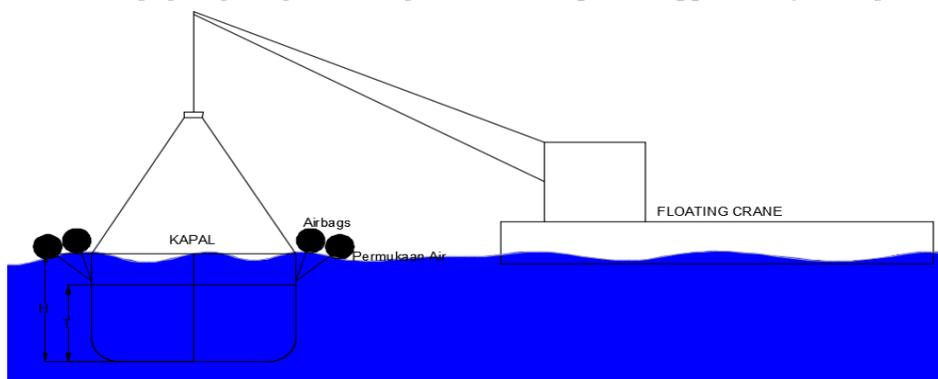
Jika berat LWT kapal maka kita dapat mengetahui seberapa besar gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal hanya sampai ke *main deck*  
Maka gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal :

- $F_a = \rho \times V \times g$   
 $F_a = \text{massa} \times g$   
 $F_a = 2.791.000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ (N/kg)}$   
 $F_a = 27.379.710 \text{ N}$
- Perhitungan volume *airbag* dengan spesifikasi jenis *airbag* yang dipilih  
 Pada perhitungan sebelumnya diketahui volume *airbags* sebesar  
 $V = 56,52 \text{ m}^3$
  - Perhitungan gaya apung *airbag*  
 Pada perhitungan sebelumnya diketahui gaya apung *airbag* sebesar  
 $F_a = 565.105,05 \text{ N}$
  - Kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal  
 Diketahui :
    - Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 27.379.710 Newton
    - Gaya apung pada *airbags* sebesar 565.105,05 N
 Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :  
 $565,105.05 \text{ N} \times 49 \text{ unit } \textit{airbag} = 27.690.147,5 \text{ Newton.}$

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan kebutuhan gaya apung untuk mengapungkan kapal sekitar 5,861 DWT sebanyak 49 unit *airbags*. Perhitungan ini belum digunakan metode *lifting (floating crane)*.

#### 4.3.2.2 Perhitungan kebutuhan *airbags* dengan *floating crane*

Pada tahap ini dilakukan tahap perhitungan dimana akan merencanakan volume *airbags*, gaya apung *airbags*, jumlah kebutuhan udara berekanan serta kebutuhan jumlah *airbags* jika pekerjaan *salvage* dibantu dengan menggunakan *floating crane*:



Gambar 4.7 pengapungan kapal menggunakan *airbags* dan *floating crane* sampai *main deck*

Sebelum menentukan kebutuhan *airbags* maka terlebih dahulu menghitung kebutuhan gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal tersebut dengan menggunakan rumus *archimedes*. Setelah diketahui gaya apung kapal selanjutnya melakukan perhitungan kebutuhan *airbags*. Adapun kebutuhan gaya apung kapal :

- Volume badan kapal dibawah garis air  
 Dari perhitungan sebelumnya telah diketahui volume *displacement* kapal sebesar  $8432 \text{ m}^3$ .
- Gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal kapal.

Setelah mengetahui volume *displacement* selanjutnya mengetahui berat *displacement* kapal yang mana nanti akan diketahui berat LWT kapal.

$$\begin{aligned} V \text{ displacement} &= 8432 \text{ m}^3 \\ \text{Massa jenis air laut} &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \\ \text{displacement kapal} &= 8432 \text{ m}^3 \times 1,025 \text{ ton/m}^3 \\ &= 8642,8 \text{ ton} \\ \text{Berat LWT kapal} &= \text{Displacement} - \text{DWT} \\ &= 8642,8 \text{ ton} - 5851 \text{ Ton} \\ &= 2791 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jika berat LWT kapal telah diketahui dan kapasitas *floating crane* telah diketahui maka

$$\begin{aligned} \text{LWT kapal} &= 2791 \text{ ton} \\ \text{Kapasitas } \textit{floating crane} &= 1500 \text{ ton} \\ \text{Beban berkurang sebesar} &= 2791 \text{ ton} - 1500 \text{ ton} \\ &= 1291 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jika berat LWT kapal telah diketahui serta pengurangan beban akibat adanya bantuan *floating crane* telah dihitung, maka kita dapat mengetahui seberapa besar gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal hanya sampai ke *main deck*

Maka gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal :

$$\begin{aligned} F_a &= \rho \times V \times g \\ F_a &= \text{massa} \times g \\ F_a &= 1.291.000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ (N/kg)} \\ F_a &= 12.644.710 \text{ N} \end{aligned}$$

- Perhitungan volume *airbag* dengan spesifikasi jenis *airbag* yang dipilih  
Pada perhitungan sebelumnya diketahui volume *airbags* sebesar  
 $V = 56,52 \text{ m}^3$
- Perhitungan gaya apung *airbag*  
Pada perhitungan sebelumnya diketahui gaya apung *airbag* sebesar  
 $F_a = 565.105,05 \text{ N}$
- Kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal  
Diketahui :
  - Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 12.644.710 Newton
  - Gaya apung pada *airbags* sebesar 565.105,05 N
 Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :  
 $565.105,05 \text{ N} \times 23 \text{ unit } \textit{airbag} = 12.997.412,2 \text{ Newton.}$

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan kebutuhan gaya apung untuk mengapungkan kapal sekitar 5851 DWT sebanyak 23 unit *airbags*. Perhitungan ini digunakan bantuan *floating crane*.

#### 4.3.3. Variasi Airbags

Dalam perhitungan kali ini dilakukan perhitungan kebutuhan *airbags* jika *airbags* yang digunakan ingin lebih kecil dari yang perhitungan awal. Dari data diatas sama-sama mengapungkan kapal sampai sarat penuh kapal dan sampai *main deck* saja.

Dimana dari data diatas didapatkan hasil perhitungan gaya apung yang dibutuhkan kapal sebagai berikut :

1. Data untuk mengapungkan kapal sampai sarat penuh tanpa *floating crane*  
Gaya apung yang dibutuhkan = 84.785.868 Newton
2. Data untuk mengapungkan kapal sampai sarat penuh menggunakan *floating crane*  
Gaya apung yang dibutuhkan = 70.070.814 Newton
3. Data untuk mengapungkan sampai *main deck* tanpa *floating crane*  
Gaya apung yang dibutuhkan = 27.379.710 N
4. Data untuk mengapungkan sampai *main deck* menggunakan *floating crane*  
Gaya apung yang dibutuhkan = 12.644.710 N

Variasi *airbags* disini setidaknya dilakukan 4 *airbags* dengan dimensi berbeda, dipilih berdasarkan tabel dimensi yang disediakan oleh perusahaan pada tabel (4.1) spesifikasi dimensi *airbags*

#### 4.3.3.1. Variasi airbag 2 (16x2)

1. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai sarat penuh tanpa adanya *floating crane*. Dari perhitungan sebelumnya gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal tanpa adanya *floating crane* sebesar 84.785.868 Newton

- Volume *airbags*

$$D = 2 \text{ m}$$

$$L = 16 \text{ m}$$

$$P = 0.25 \text{ Mpa} = 2,5 \text{ Bar}$$

Adapun untuk perhitungan volumenya dapat menggunakan rumus volume tabung :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

Dimana :

$$V = \text{volume airbag}$$

$$R^2 = \text{diameter ( jari-jari airbag)}$$

$$T = \text{tinggi ( panjang airbag)}$$

Sehingga :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

$$V = 3,14 \times 1\text{m} \times 1\text{m} \times 16 \text{ m}$$

$$V = 50,24 \text{ m}^3$$

- Gaya apung *airbags*

$$F_a = \rho \times V \times g$$

Dimana :

$$F_a = \text{Gaya Keatas (N)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis fluida ( Kg/M}^3\text{)}$$

$$V = \text{Volume benda yang tercelup ( M}^3\text{)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (N/Kg)}$$

Dari perhtiungan sebelumnya didapatkan bahwa :

$$\text{Volume airbag} = 56,52 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa Jenis Udara} = 1025 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ (N/kg)}$$

Maka gaya apung *Airbag*:

$$F_a = \rho \times V \times g$$

$$F_a = 1025 \text{ Kg/m}^3 \times 50,24 \text{ m}^3 \times 9,81 \text{ (N/kg)}$$

$$F_a = 505.175,76 \text{ N}$$

- Kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 84.785.868 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 505.175,76 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$505.175,76 \text{ N} \times 168 = 84.869.527,7$  Newton dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 168 unit

2. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai sarat penuh dengan *floating crane*. Kebutuhan *airbags* variasi 2 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 70.070.814 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 505.175,76 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$505.175,76 \text{ N} \times 139 = 70.219.430,6$  Newton dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 139 unit

3. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai *main deck* tanpa *floating crane*. Kebutuhan *airbags* variasi 2 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 27.379.710 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 505.175,76 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$505.175,76 \text{ N} \times 55 = 27.784.666,8$  Newton dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 55 unit

4. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai *main deck* dengan *floating crane*. Kebutuhan *airbags* variasi 2 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 12.644.710 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 505.175,76 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$505.175,76 \text{ N} \times 25 = 12.659.394$  Newton dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 25 unit

### 1.3.3.2 Variasi *airbag* 3 (14x2)

1. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai sarat penuh tanpa adanya *floating crane*. Dari perhitungan sebelumnya gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal tanpa adanya *floating crane* sebesar 84.785.868 Newton

- Volume *airbags*

$$D = 2 \text{ m}$$

$$L = 14 \text{ m}$$

$$P = 0.25 \text{ Mpa} = 2,5 \text{ Bar}$$

Adapun untuk perhitungan volumenya dapat menggunakan rumus volume tabung :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

Dimana :

$V$  = volume *airbag*

$R^2$  = diameter ( jari-jari *airbag*)

$T$  = tinggi ( panjang *airbag*)

Sehingga :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

$$V = 3,14 \times 1\text{m} \times 1\text{m} \times 14 \text{ m}$$

$$V = 43,96 \text{ m}^3$$

- Gaya apung *airbags*

$$F_a = \rho \times V \times g$$

Dimana :

$F_a$  = Gaya Keatas (N)

$P$  = Massa jenis fluida (  $\text{Kg}/\text{M}^3$ )

$V$  = Volume benda yang tercelup (  $\text{M}^3$ )

$g$  = Percepatan gravitasi (N/Kg)

Dari perhtiungan sebelumnya didapatkan bahwa :

$$\text{Volume } \textit{airbag} = 43,96 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa Jenis Udara} = 1025 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$\text{Percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ (N/kg)}$$

Maka gaya apung *Airbag*:

$$F_a = \rho \times V \times g$$

$$F_a = 1025 \text{ Kg}/\text{m}^3 \times 43,96 \text{ m}^3 \times 9,81 \text{ (N/kg)}$$

$$F_a = 442028,79 \text{ N}$$

- Kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 84.785.868 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 442.028,79 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$442.028,79 \text{ N} \times 193 = 85.311.556,5 \text{ Newton}$  dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *aibags* sebanyak 193 unit

2. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai sarat penuh dengan *floating crane*. Kebutuhan *airbags* variasi 3 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 70.070.814 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 442.028,79 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$442.028,79 \text{ N} \times 159 = 70.282.577,6 \text{ Newton}$  dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *aibags* sebanyak 159 unit

3. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai *main deck* tanpa *floating crane*. Kebutuhan *airbags* variasi 3 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 27.379.710 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 442.028,79 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$442.028,79 \text{ N} \times 62 = 27.405.785 \text{ Newton}$  dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 62 unit

4. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai *main deck* dengan *floating crane*. Kebutuhan *airbags* variasi 3 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 12.644.710 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 442.028,79 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$442.028,79 \text{ N} \times 29 = 12.818.834,9 \text{ Newton}$  dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 29 unit

### 1.3.3.3 Variasi airbag 4 (12x2)

1. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai sarat penuh tanpa adanya *floating crane*. Dari perhitungan sebelumnya gaya apung yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal tanpa adanya *floating crane* sebesar 84.785.868 Newton

- Volume *airbags*

$$D = 2 \text{ m}$$

$$L = 12 \text{ m}$$

$$P = 0.25 \text{ Mpa} = 2,5 \text{ Bar}$$

Adapun untuk perhitungan volumenya dapat menggunakan rumus volume tabung :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

Dimana :

V = volume *airbag*

$R^2$  = diameter ( jari-jari *airbag*)

T = tinggi ( panjang *airbag*)

Sehingga :

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

$$V = 3,14 \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 12 \text{ m}$$

$$V = 37,68 \text{ m}^3$$

- Gaya apung *airbags*

$$F_a = \rho \times V \times g$$

Dimana :

$F_a$  = Gaya Keatas (N)

$\rho$  = Massa jenis fluida ( Kg/M<sup>3</sup>)

V = Volume benda yang tercelup ( M<sup>3</sup>)

g = Percepatan gravitasi (N/Kg)

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan bahwa :

$$\text{Volume } \textit{airbag} = 37,68 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa Jenis Udara} = 1025 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ (N/kg)}$$

Maka gaya apung *Airbag*:

$$F_a = \rho \times V \times g$$

$$F_a = 1025 \text{ Kg/m}^3 \times 37,68 \text{ m}^3 \times 9,81 \text{ (N/kg)}$$

$$F_a = 378.881,82 \text{ N}$$

- Kebutuhan *airbags* untuk mengapungkan kapal

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 84.785.868 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 378.881,82 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$378.881,82 \text{ N} \times 224 = 84.869.527,7$  Newton dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 224 unit

2. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai sarat penuh dengan *floating crane*. Sehingga kebutuhan *airbags* variasi 4 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 70.070.814 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 378.881,82 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$378.881,82 \text{ N} \times 185 = 70.093.136,7$  Newton dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 185 unit

3. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai *main deck* tanpa *floatin crane*. Kebutuhan *airbags* variasi 4 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 27.379.710 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 378.881,82 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$378.881,82 \text{ N} \times 73 = 27.658.372,9$  Newton dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah sebanyak 73 unit *airbags*

4. Kebutuhan *airbags* mengapungkan kapal sampai *main deck* dengan *floating crane*. Kebutuhan *airbags* variasi 4 untuk mengapungkan kapal sebagai berikut.

Diketahui :

- Gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal sebesar 12.644.710 Newton
- Gaya apung pada *airbags* sebesar 378.881,82 N

Sehingga jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sebanyak :

$378.881,82 \text{ N} \times 34 = 12.881.981,9$  Newton dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah *airbags* sebanyak 34 unit

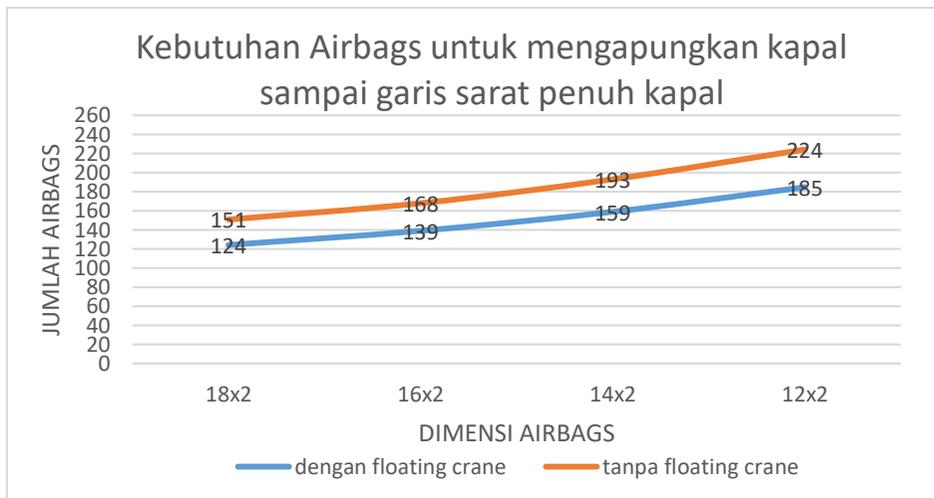
Tabel 4.2 Jumlah perbandingan kebutuhan *airbags* tanpa *floating crane* dan dengan *floating crane* untuk mengapungkan sampai garis sarat penuh kapal

No	Jenis metode <i>salvage</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Dimensi <i>airbags</i>
1	Metode <i>salvage (airbag)</i>	151 unit <i>airbags</i>	Diameter = 2 m Panjang = 18 m
2	Metode <i>salvage (airbags dan lifting)</i>	124 unit <i>airbags</i> dan 1500 ton <i>lift capacity</i> <i>floating crane</i>	
3	Metode <i>salvage (airbag)</i>	168 unit <i>airbags</i>	Diameter = 2 m Panjang = 16 m
4	Metode <i>salvage (airbags dan lifting)</i>	139 unit <i>airbags</i> dan 1500 ton <i>lift capacity</i> <i>floating crane</i>	
5	Metode <i>salvage (airbag)</i>	193 unit <i>airbags</i>	Diameter = 2 m Panjang = 14 m
6	Metode <i>salvage (airbags dan lifting)</i>	159 unit <i>airbags</i> dan 1500 ton <i>lift capacity</i> <i>floating crane</i>	
7	Metode <i>salvage (airbag)</i>	224 unit <i>airbags</i>	Diameter = 2 m Panjang = 12 m
8	Metode <i>salvage (airbags dan lifting)</i>	185 unit <i>airbags</i> dan 1500 ton <i>lift capacity</i> <i>floating crane</i>	

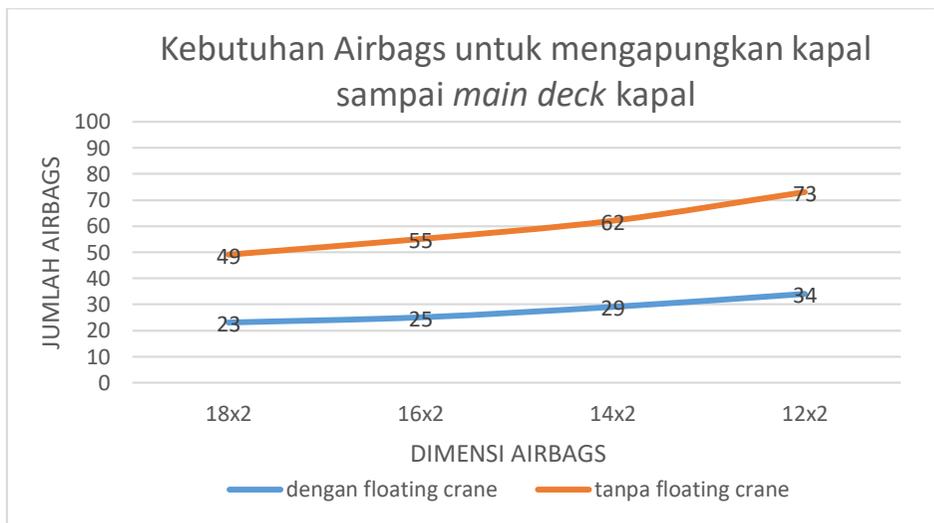
Tabel 4.3 Jumlah perbandingan kebutuhan *airbags* tanpa *floating crane* dan dengan *floating crane* untuk mengapungkan sampai *main deck* kapal

No	Jenis metode <i>salvage</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Dimensi <i>airbags</i>
1	Metode <i>salvage (airbag)</i>	49 unit <i>airbags</i>	Diameter = 2 m Panjang = 18 m
2	Metode <i>salvage (airbags dan lifting)</i>	23 unit <i>airbags</i> dan 1500 ton <i>lift capacity</i> <i>floating crane</i>	
3	Metode <i>salvage (airbag)</i>	55 unit <i>airbags</i>	Diameter = 2 m Panjang = 16 m
4	Metode <i>salvage (airbags dan lifting)</i>	25 unit <i>airbags</i> dan 1500 ton <i>lift capacity</i> <i>floating crane</i>	
5	Metode <i>salvage (airbag)</i>	62 unit <i>airbags</i>	Diameter = 2 m Panjang = 14 m
6	Metode <i>salvage (airbags dan lifting)</i>	29 unit <i>airbags</i> dan 1500 ton <i>lift capacity</i> <i>floating crane</i>	
7	Metode <i>salvage (airbag)</i>	73 unit <i>airbags</i>	Diameter = 2 m Panjang = 12 m
8	Metode <i>salvage (airbags dan lifting)</i>	34 unit <i>airbags</i> dan 1500 ton <i>lift capacity</i> <i>floating crane</i>	

Jika dilihat dalam bentuk grafik pengaruh dimensi *airbags* terhadap kebutuhan *airbags* dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.8 Grafik kebutuhan *airbags* terhadap variasi *airbags* (sampai sarat penuh kapal)



Gambar 4.9 Grafik kebutuhan *airbags* terhadap variasi *airbags* (sampai *main deck*)

Dari kedua grafik diatas terlihat kenaikan kebutuhan jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai garis sarat penuh kapal dan sampai *main deck* ini selalu meningkat hal ini dikarenakan variasi yang dilakukan pada *airbags* ialah yang memiliki dimensi ukuran *airbags* yang lebih kecil dibandingkan dengan dimensi *airbags* pada variasi pertama. Jadi semakin kecil ukuran dimensi *airbags* yang digunakan maka semakin kecil volume pada satu *airbags* dan dibutuhkan jumlah lebih banyak untuk mengapungkan kapal dengan gaya apung yang dibutuhkan kapal.

Kebutuhan jumlah *airbags* ini juga ditentukan oleh volume *displacement* kapal dan juga kapasitas angkat dari *floating crane*.

#### 4.4 Perhitungan perencanaan kompresor

Dilakukan perhitungan untuk mengetahui kompresor yang sesuai dengan pekerjaan, terutama dengan *airbags* yang dipilih.

##### 4.4.1 Perhitungan perencanaan pemilihan kompresor

- Kapasitas kompresor

Dalam perhitungan kali ini dilakukan perhitungan mengenai kapasitas kompresor . pada perhitungan sebelumnya diketahui pada variasi 1 *airbag* volumenya sebesar 56,52 m<sup>3</sup>. Direncanakan pengisian satu *airbag* selama 20 menit dan dengan diameter *Rubber Hose (Flexible Rubber Tubing)* sebesar 1 inch (1"). maka kapasitas yang dibutuhkan sebesar :

$$Q = V / t$$

Dimana :

$$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$t = \text{Waktu yang direncanakan (jam)}$$

Sehingga

$$Q = 56.52/0.3333 \\ = 169,56 \text{ m}^3/\text{h} , 0,0471 \text{ m}^3/\text{s} , 2826,006 \text{ l}/\text{menit}$$

Dengan perhitungan yang sama kapasitas kompresor pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.4 Kapasitas kompresor pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	Volume (m <sup>3</sup> )	Waktu		Kapasitas (Q)			
		menit	jam	m <sup>3</sup> / h	m <sup>3</sup> /menit	m <sup>3</sup> /s	l/menit
Variasi 1	56.52	20	0,3333	169,56	2,82	0,0471	2826
Variasi 2	50,24	20	0,3333	150,72	2,51	0,0418	2512
Variasi 3	43,96	20	0,3333	131,88	2,19	0,0366	2198
Variasi 4	37,68	20	0,3333	113,04	1,88	0,0314	1884

- Kecepatan aliran pada *rubber hose*

Setelah diketahui debit yang dibutuhkan maka selanjutnya dapat menghitung kecepatan aliran pada instalasi tersebut.

$$V = \frac{4 Q}{\pi D^2}$$

Dimana :

$$V = \text{Kecepatan Aliran (m/s)}$$

$$Q = \text{Kapasitas (m}^3\text{)}$$

$$D = \text{Dimater } \textit{rubber hose} \text{ 1 inch ( 0,025 m)}$$

$$\pi = 3,14$$

Sehingga :

$$V = \frac{4 Q}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0,0471 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times (0,025 \text{ m})^2}$$

$$V = 0,1884/0,001963$$

$$V = 96 \text{ m/s}$$

Dengan perhitungan yang sama kecepatan aliran pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.5 kecepatan aliran fluida pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (m)	V (m/s)
Variasi 2	0,0471	0,025	96
Variasi 2	0,0418	0,025	85
Variasi 3	0,0366	0,025	75
Variasi 4	0,0314	0,025	64

- Perhitungan *pressure drop mayor*  
Selanjutnya perhitungan kerugian-kerugian akibat adanya kerugian gesek yang terjadi antara *rubber hose* dan udara bertekanan. Untuk panjang *rubber hose* direncanakan sepanjang 80 meter dengan diameter 1 inch,

$$\Delta P_{\text{mayor}} = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \times \gamma$$

Dimana :

- f : koefisien gesek
- L : panjang pipa (m)
- D : diameter pipa (m)
- V : kecepatan aliran fluida(m/s)
- G : percepatan gravitasi(m/s<sup>2</sup>)
- $\gamma$  : density
- $\nu$  : viscositas kinematik

untuk mendapatkan density, maka digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\gamma = \rho \times g$$

$$\gamma = 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\gamma = 11,772 \text{ Kg/m}^2\text{s}^2$$

Dari table R.D.Blevins, *applied fluid dynamics handbook New York 1984* didapat harga viscositas kinematik =  $2,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{S}$  pada suhu 27° c.

$$\text{Re} = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$\text{Re} = \frac{96 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,025 \text{ m}}{2,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$\text{Re} = 109090,9 \text{ (turbulen)}$$

Dengan perhitungan yang sama *reynold number* pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.6 reynold number pada tiap variasi airbags

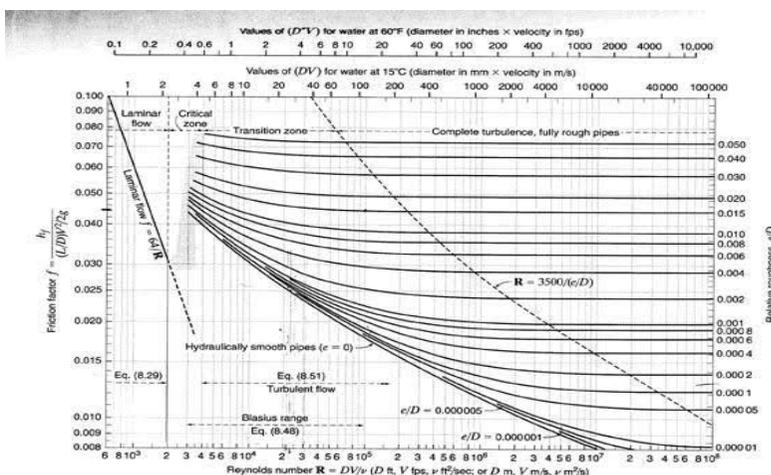
Variasi airbags	V (m/s)	D (m)	$v \left( \frac{m^2}{s} \right)$	Re
Variasi 1	96	0,025	$2,2 \times 10^{-5}$	109090,9
Variasi 2	85	0,025	$2,2 \times 10^{-5}$	96969,6
Variasi 3	75	0,025	$2,2 \times 10^{-5}$	84848,4
Variasi 4	64	0,025	$2,2 \times 10^{-5}$	72727,2

Mengetahui friction factor jika aliran bersifat turbulen maka :

Diketahui *roughness flexible rubber tubing (smooth)* sebesar 0,006-0,07 diambil terkecil sebesar 0,006 sehingga *relative roughness* ialah :

$$\text{relative roughness} = \frac{\varepsilon}{\text{In Diameter}} = \frac{0,006 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 0,00024$$

selanjutnya dilakukan pembacaan *friction factor* pada diagram *moody* dibawah ini :



Gambar 4.10 Diagram moody

Sumber : moody, 1944

Dari pembacaan diatas didapatkan *friction factor* sebesar 0,0189

Sehingga *pressure drop mayor* dapat diketahui :

$$\Delta P_{\text{mayor}} = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \times \gamma$$

$$\Delta P_{\text{mayor}} = 0,0189 \times \frac{80 \text{ m}}{0,025 \text{ m}} \times \frac{(96 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \times 11,772 \text{ Kg/m}^2\text{s}^2$$

$$\Delta P_{\text{mayor}} = 334430,2 \text{ pa}$$

$$\Delta P_{\text{mayor}} = 3,34 \text{ bar}$$

Dengan perhitungan yang sama *pressure drop mayor* pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 *pressure drop mayor* pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	$f$	L (m)	D (m)	V (m/s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\gamma$ (Kg/m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )	$\Delta P_{mayor}$ (bar)
Variasi 1	0,0189	80	0,025	96	9,81	11,772	3,34
Variasi 2	0,0197	80	0,025	85	9,81	11,772	2,75
Variasi 3	0,0208	80	0,025	75	9,81	11,772	2,22
Variasi 4	0,0212	80	0,025	64	9,81	11,772	1,66

- Perhitungan *pressure drop minor*

Disepanjang instalasi direncanakan terdapat 2 buah *Gate Valve* pada kompresor dan pada *airbag* dengan harga  $K= 0,2$  (table *minor losses coefficient pipe flow experts*), maka :

$$\Delta P_{GV} = n \left( k \times \frac{v^2}{2g} \times \gamma \right)$$

$$\Delta P_{GV} = 2 \left( 0,2 \times \frac{(96\text{m/s})^2}{2 \times 9,81\text{m/s}^2} \times 11,772 \text{ Kg/m}^2\text{s}^2 \right)$$

$$\Delta P_{GV} = 2211,84 \text{ pa}$$

$$\Delta P_{GV} = 0,022 \text{ bar}$$

Dengan perhitungan yang sama *pressure drop minor* pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8 *pressure drop minor* pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	$n$	K	V (m/s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\gamma$ (Kg/m <sup>2</sup> s <sup>2</sup> )	$\Delta P_{minor}$ (bar)
Variasi 1	2	0,2	96	9,81	11,772	0,022
Variasi 2	2	0,2	85	9,81	11,772	0,017
Variasi 3	2	0,2	75	9,81	11,772	0,013
Variasi 4	2	0,2	64	9,81	11,772	0,009

Setelah diketahui *pressure drop mayor* dan *pressure drop minor* pada instalasi, maka dapat dihitung *pressure drop total* sebagai berikut :

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{mayor} + \Delta P_{minor}$$

$$\Delta P_{total} = 3,34 \text{ Bar} + 0,022 \text{ Bar}$$

$$\Delta P_{total} = 3,362 \text{ Bar}$$

Dengan perhitungan yang sama total *pressure drop* pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.9 total *pressure drop* pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	$\Delta P_{mayor}$	$\Delta P_{minor}$	$\Delta P_{total}$
Variasi 1	3,34	0,022	3,362
Variasi 2	2,75	0,017	2,767
Variasi 3	2,22	0,013	2,233
Variasi 4	1,66	0,009	1,669

- Pemilihan kompresor berdasarkan tekanan dan kapasitas  
 Dengan hasil perhitungan Pressure drop pada instalasi perpipaan maka dapat ditentukan kebutuhan tekanan yang dibutuhkan sebagai berikut :  
 $P_{\text{kompresor}} = P_{\text{airbag}} + \Delta P_{\text{drop total}}$   
 $P_{\text{kompresor}} = 2.5 \text{ Bar} + 3,362 \text{ bar}$   
 $P_{\text{kompresor}} = 5,862 \text{ Bar}$   
 Dengan tekanan 5,862 bar dan kapasitas 169,56 m<sup>3</sup>/h (2826 liter/menit = 99,79 CFM) , maka dapat ditentukan spesifikasi kompresor sebagai berikut:

Tabel 4.10 *General selection criteria for compressor*

Table 3.1 General Selection Criteria for Compressors				
Type of Compressor	Capacity (m <sup>3</sup> /h)		Pressure (bar)	
	From	To	From	To
Roots blower compressor single stage	100	30000	0.1	1
Reciprocating				
- Single / Two stage	100	12000	0.8	12
- Multi stage	100	12000	12.0	700
Screw				
- Single stage	100	2400	0.8	13
- Two stage	100	2200	0.8	24
Centrifugal	600	300000	0.1	450

Dari Tabel 4.10 dapat ditentukan bahwa kompresor yang dipilih adalah kompresor *reciprocating single/two stage* untuk memenuhi tekanan pada pada *airbag* 5,862 Bar dan kapasitas 169,56 m<sup>3</sup>/h.

Dengan perhitungan yang sama total *pressure* kompresor pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.11 *pressure* kompresor pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	<i>Pairbag</i>	$\Delta P_{\text{drop total}}$	P Kompresor
Variasi 1	2,5	3,362	5,862
Variasi 2	2,5	2,767	5,267
Variasi 3	2,5	2,233	4,733
Variasi 4	2,5	1,669	4,169

Dari tabel 4.10 *spesifikasi* pemilihan *Compressor* maka didapatkan perencanaan pemilihan kompresor berdasarkan kapasitas dan tekanan pada tiap variasi *airbags* ialah sebagai berikut :

Tabel 4.12 pemilihan kompresor pada tiap variasi *airbags* berdasarkan kapasitas dan tekanan

Variasi <i>airbags</i>	Kapasitas		Tekanan (bar)	Tipe kompresor
	(m <sup>3</sup> /h)	(l/menit)		
Variasi 1	169,56	2826	5,86	<i>reciprocating single/two stage</i>
Variasi 2	150,72	2512	5,26	<i>reciprocating single/two stage</i>
Variasi 3	131,88	2198	4,73	<i>reciprocating single/two stage</i>
Variasi 4	113,04	1884	4,16	<i>reciprocating single/two stage</i>

- Perhitungan daya kompresor

- Perhitungan *kapasitas suction*

Kapasitas aktual suction adalah kapasitas yang dihasilkan oleh kompresor secara aktual dimana diketahui suhu awal diasumsikan sebesar 300,5 Kelvin. Besarnya kapasitas actual suction dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$Td = Ts \cdot rp^{k-1/m}$$

Dimana

$T_s$  = suhu awal diketahui sebesar 300,5 Kelvin

$rp$  = *pressure ratio*

= ( *Pressure Discharge/Pressure suction* )

= 5,86/1,01

= 5,80

$m$  = jumlah tingkat kompresi

$k$  =  $C_p/C_v$ , jika pada proses perubahan temperature adiabatik perbandingan panas jenis gas dapat diketahui melalui pembacaan tabel dibawah ini :

Tabel 4.13 *thermal properties of gases*

Temperature K	$C_p$ kJ/kg.K	$C_v$ kJ/kg.K	$k$
250	1.003	0.716	1.401
300	1.005	0.718	1.400
350	1.008	0.721	1.398
400	1.013	0.726	1.395
450	1.020	0.733	1.391
500	1.029	0.742	1.387
550	1.040	0.753	1.381
600	1.051	0.764	1.376
650	1.063	0.776	1.37
700	1.075	0.788	1.364
750	1.087	0.8	1.359
800	1.099	0.812	1.354
900	1.121	0.834	1.344
1000	1.142	0.855	1.336
1100	1.155	0.868	1.331
1200	1.173	0.886	1.324
1300	1.19	0.903	1.318
1400	1.204	0.917	1.313
1500	1.216	0.929	1.309

The values up to 1000 K were originally published in "Tables of Thermal Properties of Gases", NBS Circular 564, 1955. The last five rows were calculated from a formula by B G Kyle "Chemical and Process Thermodynamics", Englewood Cliffs / Prentice Hall, 1984, and have <1% error.

$$= (1,005 \text{ KJ/Kg.K} ) / (0,718 \text{ KJ/Kg.K} )$$

$$= 1,4$$

$k$  = dapat diganti menggunakan  $n$  jika perubahan temperature pada proses poltitropik, dimana nilai  $n$  dapat diketahui pada butir perhitungan *polytropic exponent* sebesar 1,27

Shingga suhu aktual diketahui sebesar :

$$Td = 300,15 \times 5,80^{(1,2-1)/(2 \times 1,2)}$$

$$Td = 361,8 \text{ Kelvin}$$

Dengan perhitungan yang sama suhu aktual kompresor pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.14 suhu aktual kompresor pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	$T_s$	$rp$ (bar)	K (cp/cv)	$T_1$ (kelvin)
Variasi 1	300,15	5,80	1,4	361,8
Variasi 2	300,15	5,21	1,4	357,7
Variasi 3	300,15	4,68	1,4	353,7
Variasi 4	300,15	4,12	1,4	348,9

Untuk menghitung kapasitas aktual dapat diketahui menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{P_s Q_s}{T_s} = \frac{P_1 Q_1}{T_d}$$

$$\frac{1,01 Q_s}{300.15 k} = \frac{5,86 \times 2826 \text{ l/menit}}{361,84 k}$$

$$Q_s = 13741,54 \text{ l/menit (0,229 m}^3\text{/s)}$$

Dengan perhitungan yang sama suhu aktual kompresor pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

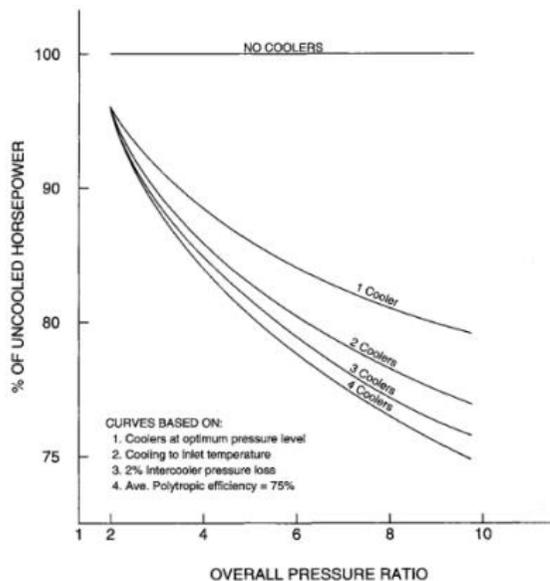
Tabel 4.15 kapasitas aktual kompresor pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	Ps (bar)	Ts (kelvin)	P1 (bar)	Q1 (l/menit)	T1 (kelvin)	Qs	
						(l/menit)	m <sup>3</sup> /s)
Variasi 1	1,01	300.15	5,86	2826	361,8	13741,5	0,229
Variasi 2	1,01	300.15	5,26	2512	357,7	11100,4	0,185
Variasi 3	1,01	300.15	4,73	2198	353,7	8827,9	0,147
Variasi 4	1,01	300.15	4,16	1884	348,9	6755,6	0,112

– Perhitungan *polytropic exponent*

Untuk perhitungan *polytropic exponent* dapat diketahui dengan persamaan berikut :

$$\frac{K - 1}{K} = \frac{n - 1}{n} \times \frac{1}{np}$$



Gambar 4.11 Persentase dari *uncooled horsepower* dengan *intercoolers*

Sumber : Pritchard, Philip J. 2011

Dimana:

$K$  = Ideal *adiabatis exponent* didapatkan pada Tabel 4.13

$n$  = *polytropic exponent*

$\eta_p$  = *effisiensi polytropis*

Berdasarkan (gambar 4.11) (Courtesy of F.S Elliot)

$\eta_p = 75\%$

$$\frac{K-1}{K} = \frac{n-1}{n} \times \frac{1}{\eta_p}$$

$$\frac{1,4-1}{1,4} = \frac{n-1}{n} \times \frac{1}{0,75}$$

$$n = 1,27$$

Dengan perhitungan yang sama *polytropic exponent* kompresor pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.16 *polytropic exponent* kompresor pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	K	$\eta_p$	$n$
Variasi 1	1,4	0,75	1,27
Variasi 2	1,4	0,75	1,27
Variasi 3	1,4	0,75	1,27
Variasi 4	1,4	0,75	1,27

– Perhitungan Daya Kompresor

Daya yang dibutuhkan adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor. Daya yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Sularso., dan Tahara, Haruo. 2000) jika satuan tekanan menggunakan pa :

$$W_{com} = \frac{m \times n}{n-1} \times \frac{P_s \times Q_{suc}}{60000} \times \left[ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{n-1/m \times n} - 1 \right]$$

Dimana :

$P_s = 101325$  pa

$P_d = 586000$  pa

$n = \textit{polytropic exponent} = 1,27$  ( indeks politropik harganya terletak antara Isotermis dan adiabat. Jadi  $1 < n < k$ . Untuk kompresor biasa,  $n = 1,25 \sim 1,35$  )

$m =$  tingkat kompresi (2)

$Q_{suc} = 2,82$  m<sup>3</sup>/menit

Maka , daya yang dibutuhkan ialah :

$$W_{com} = \frac{m \times n}{n-1} \times \frac{P_s \times Q_{suc}}{60000} \times \left[ \left( \frac{P_d}{P_s} \right)^{n-1/m \times n} - 1 \right]$$

$$W_{com} = \frac{2 \times 1,27}{1,27 - 1} \times \frac{101325 \times 2,82}{60000} \times \left[ \left( \frac{586000}{101325} \right)^{(1,27-1)/(2 \times 1,27)} - 1 \right]$$

$$W_{com} = 9,40 \times 4,76 \left[ \left( \frac{586000}{101325} \right)^{(1,27-1)/(2 \times 1,27)} - 1 \right]$$

$$W_{com} = 44,8 [(5,78)^{(0,106)} - 1]$$

$$W_{com} = 44,8 \times 0,204$$

$$W_{com} = 9,1 \text{ KW}$$

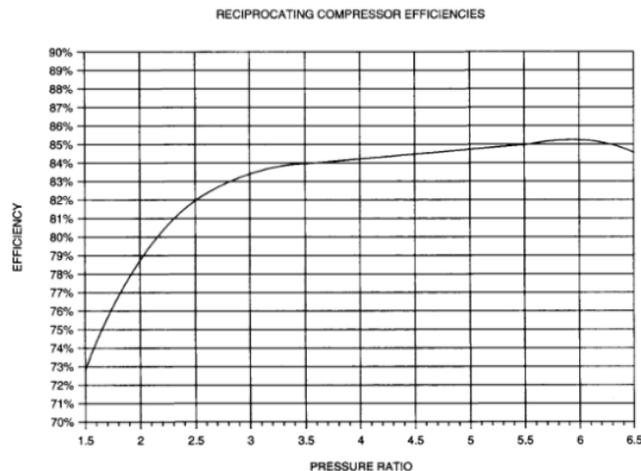
Dengan perhitungan yang sama  $W$  kompresor pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.17  $W_{kompresor}$  pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	m	n	$P_s$ (pa)	$P_d$ (pa)	$Q_{suc}$ (m <sup>3</sup> /menit)	$W_{kompresor}$ (kw)
Variasi 1	2	1,27	101325	586000	2,82	9,1
Variasi 2	2	1,27	101325	526000	2,51	7,6
Variasi 3	2	1,27	101325	473000	2,19	6,1
Variasi 4	2	1,27	101325	416000	1,88	4,8

– Perhitungan Daya Fluida

$$W_{fluida} = \frac{W_{com}}{eff_{com}}$$



Gambar 4.12 grafik *reciprocating compressor efficiencies*

Sumber : Brown, Royce N. 2005

$eff_{com} = 85,2\%$  (berdasarkan pembacaan grafik pada gambar 4.12)

$$W_{fluida} = \frac{W_{com}}{eff_{com}}$$

$$W_{fluida} = \frac{9,1 \text{ KW}}{0,851}$$

$$W_{fluida} = 10,6 \text{ Kw}$$

Dengan perhitungan yang sama  $W_{fluida}$  pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.18  $W_{fluida}$  pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	<i>Preesure ratio</i>	$W_{kompresor}$ (kw)	<i>Eff compresor</i> (%)	$W_{fluida}$ (Kw)
Variasi 1	5,80	9,1	85,2%	10,6
Variasi 2	5,21	7,6	85%	8,9
Variasi 3	4,68	6,1	84,7%	7,2
Variasi 4	4,12	4,8	84,1%	5,7

- Perhitungan Daya Poros

$e_{ff \text{ mekanik}} = 98\%$  (efisiensi kemampuan poros dalam melakukan gerakan pada *crank shaft*) sehingga,

$$W_{shaft} = \left( \frac{W_{fluida}}{e_{ff \text{ mekanik}}} \right)$$

$$W_{shaft} = \frac{10,6 \text{ Kw}}{0,98}$$

$$W_{shaft} = 10,8 \text{ Kw}$$

Dengan perhitungan yang sama  $W_{shaft}$  pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.19  $W_{shaft}$  pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	$W_{fluida}$ (kw)	<i>Eff mekanik</i> (%)	$W_{shaft}$ (Kw)
Variasi 1	10,6	98%	10,8
Variasi 2	8,9	98%	9
Variasi 3	7,2	98%	7,3
Variasi 4	5,7	98%	5,8

- Perhitungan Daya Motor

$$W_{motor} = \left( \frac{W_{shaft}}{\eta_{transmisi}} \right) \times (1 + \alpha)$$

Tabel 4.20 perbandingan cadangan

Jenis penggerak mula	$\alpha$
Motor Induksi	0,1 – 0,2
Motor bakar kecil	0,15 – 0,25
Motor bakar besar	0,1 – 0,2

Tabel 4.21 perbandingan transmisi

Jenis Transmisi		$\eta_t$
Sabuk rata		0,9 – 0,93
Sabuk V		0,95
Roda gigi	Roda gigi lurus satu tingkat	0,92 – 0,95
	Roda gigi miring satu tingkat	0,95 – 0,98
	Roda gigi keruncut satu tingkat	0,92 – 0,96
	Roda gigi planiter satu tingkat	0,95 – 0,98
Kopling hidrolik		0,95 – 0,97

Dimana :

$\alpha$  =factor cadangan diasumsikan sebesar 0,12

$\eta_t$  =diasumsikan jenis transmisi sabuk V sehingga nilai perbandingan transmisi sebesar  $\alpha = 0,95$  (Sumber : Sularso, Pompa & Kompresor pemilihan, pemakaian, dan pemeliharaan)

$$W_{motor} = \frac{12,61}{0,95} \times (1 + 0,12)$$

$$W_{motor} = 14,86 \text{ Kw}$$

Dengan perhitungan yang sama  $W_{motor}$  pada tiap variasi *airbags* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.22  $W_{motor}$  pada tiap variasi *airbags*

Variasi <i>airbags</i>	$W_{shaft}$ (kw)	$\eta_t$ (%)	$\alpha$	$W_{motor}$ (Kw)
Variasi 1	10,8	95%	0,12	12,7
Variasi 2	9	95%	0,12	10,6
Variasi 3	7,3	95%	0,12	8,6
Variasi 4	5,8	95%	0,12	6,8

Dari perhitungan diatas maka pemilihan kompresor dapat ditentukan berdasarkan tekanan, kapasitas dan juga daya kompresor yang sesuai pada tiap variasi *airbags* terlihat pada tabel berikut :

Tabel 4.23 Pemilihan kompresor berdasarkan tekanan, kapasitas dan daya

No	Volume <i>airbag</i> (m <sup>3</sup> )	Kapasitas (m <sup>3</sup> /h)	Tekanan (bar)	Jenis kompresor	Tingkat kompresi	Daya (Kw)
1	56,52	169,56	5,86	Reciprocating	Single / two stage	12,7
2	50,24	150,72	5,26	Reciprocating	Single / two stage	10,6
3	43,96	131,88	4,73	Reciprocating	Single / two stage	8,6
4	37,68	113,04	4,16	Reciprocating	Single / two stage	6,8

#### 4.5 Perencanaan desain dan simulasi *lifting lug*

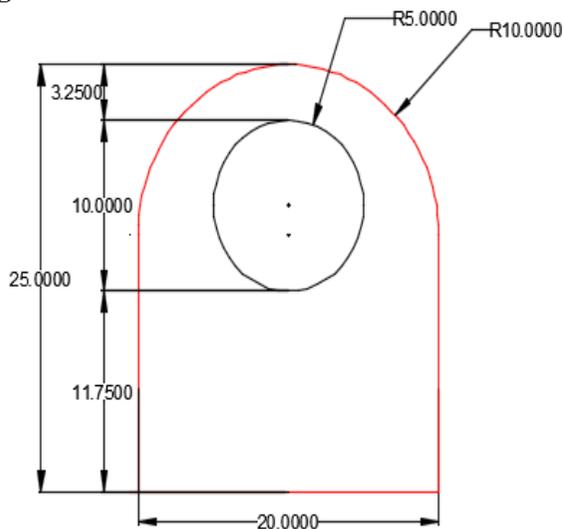
Pada penelitian kali ini digunakan jenis baja paduan rendah jenis ST 60, menggunakan jenis baja ini dikarenakan memiliki sifat mekanik baja (kekerasan, ketahanan, kekuatan tarik dan sebagainya), untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah, dan juga memiliki daya tahan yang lebih terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi) dibandingkan dengan baja carbon biasa. Dipilih jenis baja paduan rendah juga karena memiliki sifat yang tidak sulit dibengkokkan, dilas ataupun dipotong dibandingkan dengan *High low alloy steel* dan *medium low alloy steel* dengan spesifikasi *yield strength* dan *tensile strength* berdasarkan dari perusahaan *Xinsteel Industrial Co.,Ltd* data didapatkan dari *website* perusahaan tersebut sebagai berikut :

Tabel 4.24 Spesifikasi baja dan nilai *yield strength* dan *tensile strength*

► Mechanical property for St60-2 Low alloy steel:

St60-2	Thickness (mm)				
	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80
Yield strength (≥Mpa)	335	325	315	305	295
	< 3	≥ 3 ≤ 100			> 100
Tensile strength (Mpa)	590-770	570-710		570-710	

#### 4.8.1 Perancangan model

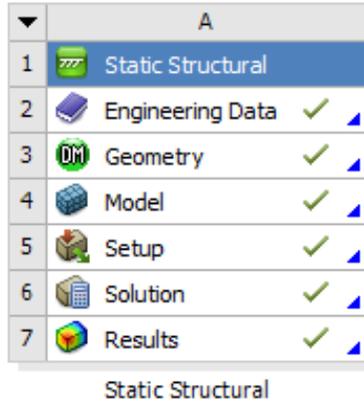


Gambar 4.13 ukuran perencanaan *lifting lug*

Adapun ketebalan yang divariasikan ialah 12 mm , 16 mm dan 19 mm, sehingga dari ketiga variasi ketebalan yang ada maka akan dilihat *lifting lug* dengan ketebalan berapa yang tidak melebihi nilai dari table *tensile strength* 4.24. Pembuatan model solid *lifting lug* bertujuan agar selanjutnya model tersebut dapat dianalisa.

#### 4.8.2 Langkah-langkah simulasi *lifting Lug*

Pada aplikasi *software static structural* dimana ini dilakukan beberapa tahapan, yaitu *engineering data* input geometri, model (*meshing*), *setup condition*, *solution* dan *results*.



Gambar 4.14 Step simulasi model pada *software static structural*

##### 4.8.1.1. *Engineering data*

Pada tahap ini dilakukan memasukan data *engineering* berkaitan dengan model yang akan di simulasi nantinya, seperti memasukkan data density dll

	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data		Source		Description
2	Materials				
3	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -110.1
*	Click here to add a new material				

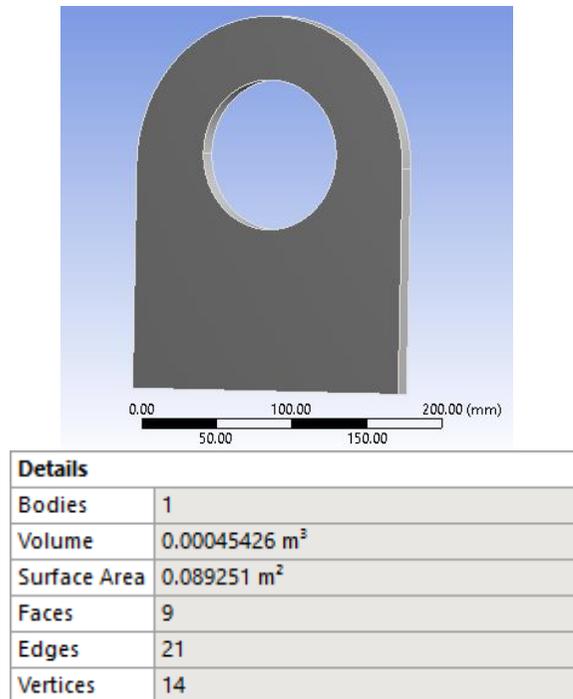
  

Properties of Outline Row 3: Structural Steel					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	7850	kg m <sup>-3</sup>		
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
4	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C <sup>-1</sup>		
5	Zero-Thermal-Strain Reference Temperature	22	C		
6	Isotropic Elasticity				
12	Alternating Stress Mean Stress	Tabular			
16	Strain-Life Parameters				
24	Tensile Yield Strength	250	MPa		
25	Compressive Yield Strength	250	MPa		
26	Tensile Ultimate Strength	460	MPa		
27	Compressive Ultimate Strength	0	Pa		

Gambar 4.15 Engineering Data

##### 4.5.2.2. Geometri

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model yang akan disimulasi atau bisa menggunakan aplikasi CAD dalam pembuatan model yang selanjutnya di input geometri, dan juga berisi tentang informasi detail model. Pembuatan model divariasikan hanya pada ketebalan dari model yaitu 19mm, 16 mm dan 12mm.



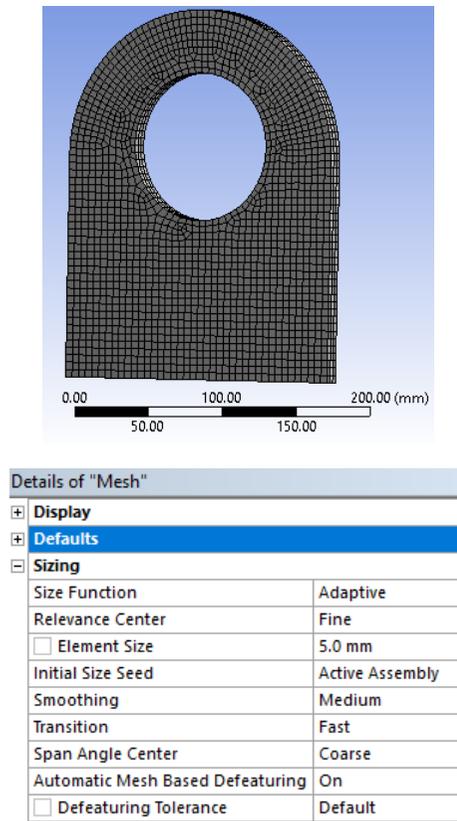
Gambar 4.16 pembuatan model dan detail informasi model

#### 4.8.1.1. Model

Pada tahap ini ialah berisi tentang detail informasi mengenai model berisi tentang, definition model, ukuran dari *model*, *properties* dari *model*, *statistic*, *basic geometry option*, *advanced geometry option*. Pada tahap ini juga dilakukan tahap *meshing* dengan fungsi *smoothing* dengan kapasitas *medium*, dengan pengaturan elemen *size* sebesar 5 mm sehingga dari pengaturan spesifikasi tersebut diharapkan hasil dari simulasi yang dihasilkan bisa maksimal.

Details of "Geometry"	
+ Definition	
- Bounding Box	
Length X	250. mm
Length Y	12. mm
Length Z	200. mm
- Properties	
<input type="checkbox"/> Volume	4.5426e+005 mm <sup>3</sup>
<input type="checkbox"/> Mass	3.5659 kg
Scale Factor Value	1.
+ Statistics	
+ Basic Geometry Options	
+ Advanced Geometry Options	

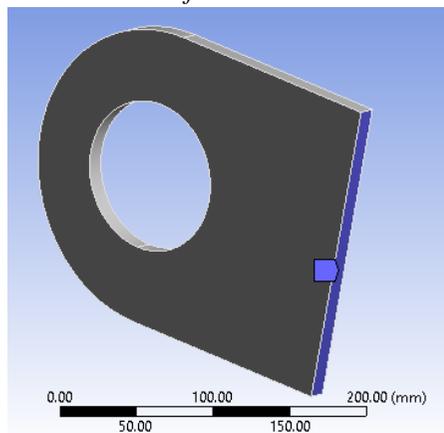
Gambar 4.17 detail geometry



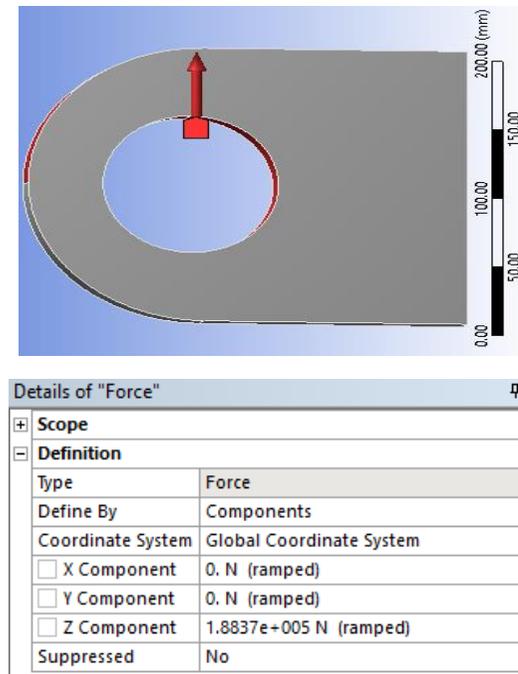
Gambar 4.18 *meshing model* dan detail dari mesh

#### 4.8.1.3. *Setup*

Pada tahap ini dilakukan pemilihan *face fixed support* atau model yang tidak akan dilakukan simulasi. Dan juga menentukan arah dari pembebanan atau arah *force*.



Gambar 4.19 Penentuan *face fixed support* pada model



Gambar 4.20 penentuan arah *force*

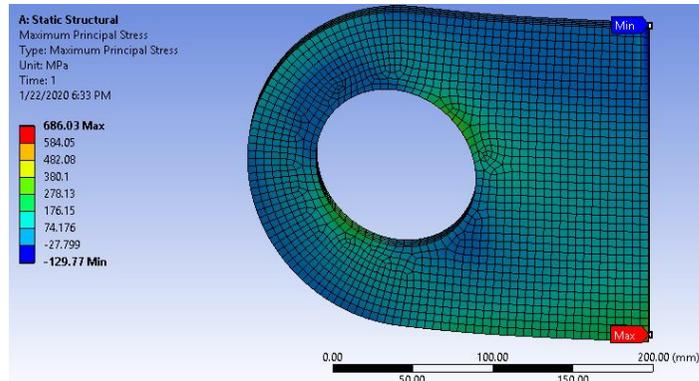
pada tahap penentuan arah *force* dilakukan penginputan data berupa seberapa besar *force* yang direncanakan pada model dan arah dari *force* dari model. Pada penelitian ini pemasangan *lifting lug* pada plat lambung kapal direncanakan vertical sehingga arah *force* kearah sumbu x seperti pada tanpak pada gambar (4.20)

#### 4.8.1.4. *Solution* dan *result*

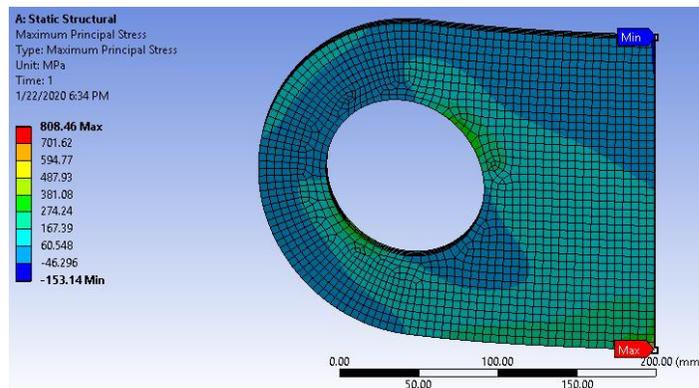
Pada tahap ini dilakukan pengaturan parameter apa yang akan dilakukan pada model, dimana pada penelitian ini hanya menggunakan parameter *principal stress* untuk melihat seberapa besar *stress* yang terjadi pada model. Sedangkan *result* ini adalah tahap hasil dari simulasi yang telah dilakukan.

#### 4.5.3. Hasil simulasi *lifting lug* pada variasi *airbags* 1 ( 56,52 m<sup>3</sup>)

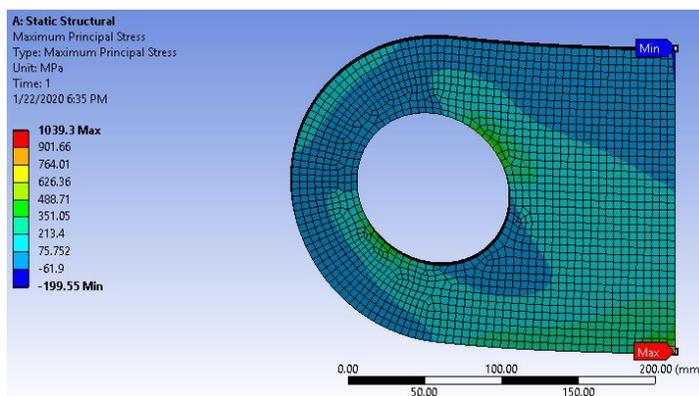
Pada tahap ini dilakukan pembacaan dari hasil simulasi *lifting lug* yang telah dilakukan dimana pada variasi 1 satu *airbags* dibebankan gaya sebesar 565.105,05 N dan direncanakan 6 buah *lifting lug* yang digunakan dengan menggabungkan 2 *airbags* sehingga pada masing-masing *lifting lug* dibebankan gaya sebesar 188.368,35 N dengan memvariasikan 3 ketebalan *lifting lug* yaitu 19 mm, 16 mm dan 12 mm. Adapun hasil simulasi dengan pembebanan *force* 188.368,35 N ialah sebagai berikut :



Gambar 4.21 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (19mm)  
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 19 mm akibat gaya pembebanan sebesar 188.368,35 N yaitu sebesar 686,03 Mpa



Gambar 4.22 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (16mm)  
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 16 mm akibat gaya pembebanan sebesar 188.368,35 N yaitu sebesar 808,46 Mpa

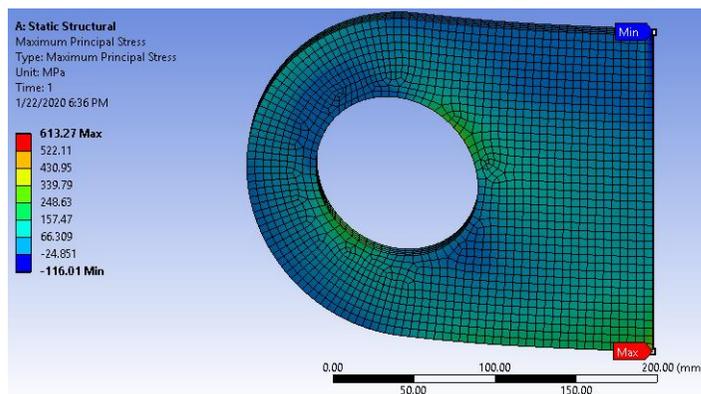


Gambar 4.23 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (12mm)

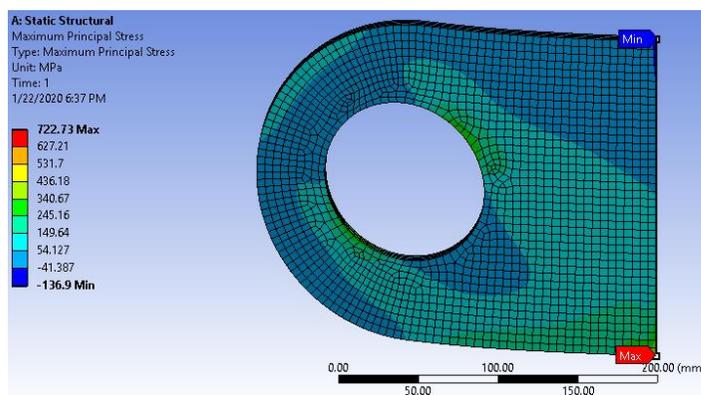
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 12 mm akibat gaya pembebanan sebesar 188.368,35 N yaitu sebesar 1039,3 Mpa.

#### 4.5.4. Hasil simulasi *lifting lug* pada variasi *airbags* 2 ( 50,24 m<sup>3</sup>)

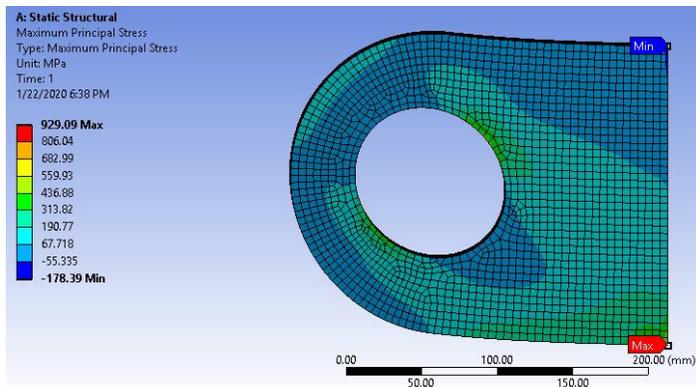
Pada tahapam ini dilakukan pembacaan dari hasil simulasi *lifting lug* yang telah dilakukan dimana pada variasi 2 satu *airbags* dibebankan gaya sebesar 505.175,76 N dan direncanakan 6 buah *lifting lug* yang digunakan dengan menggabungkan 2 *airbags* sehingga pada masing-masing *lifting lug* dibebankan gaya sebesar 168.391,92 N dengan memvariasikan 3 ketebalan *liftitng lug*. Adapun hasil simulasi dengan pembebanan force 168.391,92 N ialah sebagai berikut :



Gambar 4.24 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (19mm)  
Dari simulasi diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 19mm akibat gaya pembebanan sebesar 168.391,92 N yaitu sebesar 613,27 Mpa



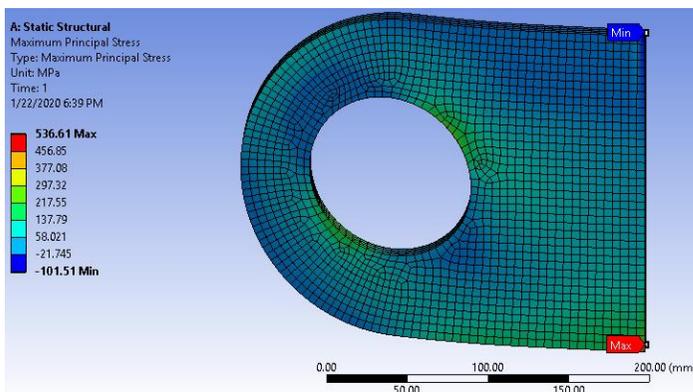
Gambar 4.25 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (16mm)  
Dari simulasi diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 16mm akibat gaya pembebanan sebesar 168.391,92 N yaitu sebesar 722,73 Mpa



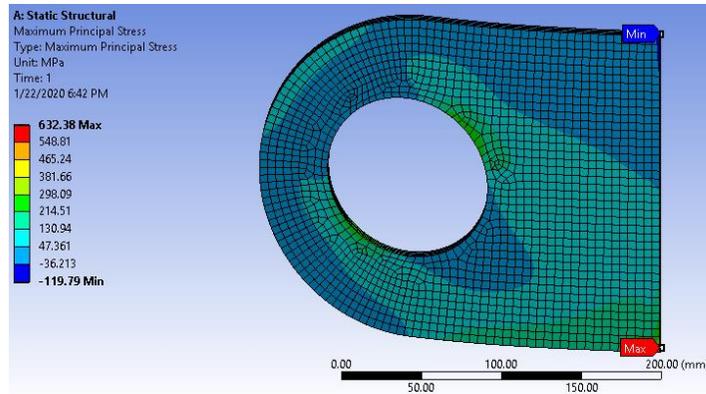
Gambar 4.26 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (12 mm)  
Dari simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 12mm akibat gaya pembebanan sebesar 168.391,92 N yaitu sebesar 929,09 Mpa

#### 4.5.5. Hasil simulasi *lifting lug* pada variasi *airbags* 3 ( 43,96 m<sup>3</sup>)

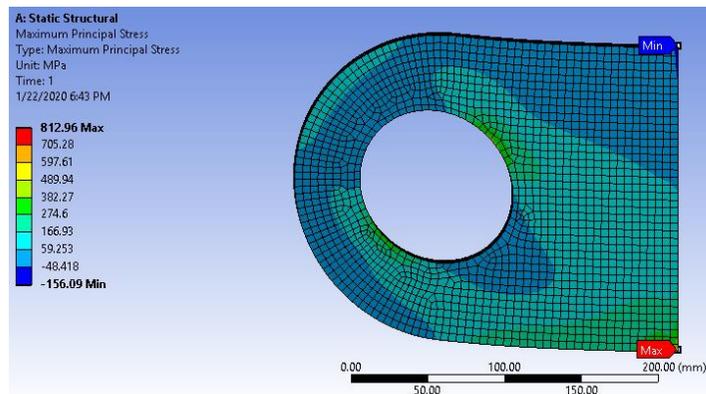
Pada tahapam ini dilakukan pembacaan dari hasil simulasi *lifting lug* yang telah dilakukan dimana pada variasi 3, satu *airbags* dibebankan gaya sebesar 442.028,79 N dan direncanakan 6 buah *lifting lug* yang digunakan dengan menggabungkan 2 *airbags* sehingga pada masing-masing *lifting lug* dibebankan gaya sebesar 147.342,93 N dengan memvariasikan 3 ketebalan *liftitng lug*. Adapun hasil simulasi dengan pembebanan force 147.342,93 N ialah sebagai berikut :



Gambar 4.27 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (19mm)  
Dari simulasi diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 19mm akibat gaya pembebanan sebesar 147.342,93 N yaitu sebesar 536,61 Mpa



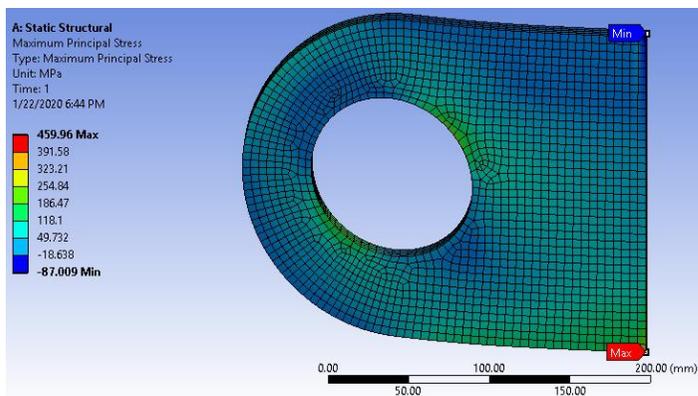
Gambar 4.28 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (16mm)  
Dari analisa diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi akibat pada *lifting lug* dengan ketebalan 16mm gaya pembebanan sebesar 147.342,93 N yaitu sebesar 632,38 Mpa



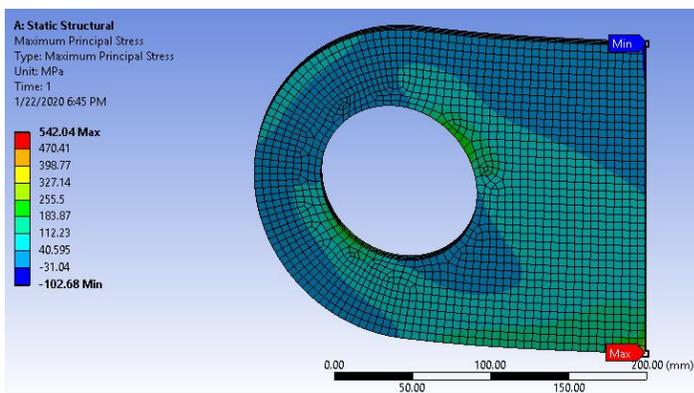
Gambar 4.29 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (12mm)  
Dari analisa diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 12mm akibat gaya pembebanan sebesar 147.342,93 N yaitu sebesar 812,96 Mpa

#### 4.5.6. Hasil simulasi *lifting lug* pada variasi *airbags* 4 ( 37,68 m<sup>3</sup>)

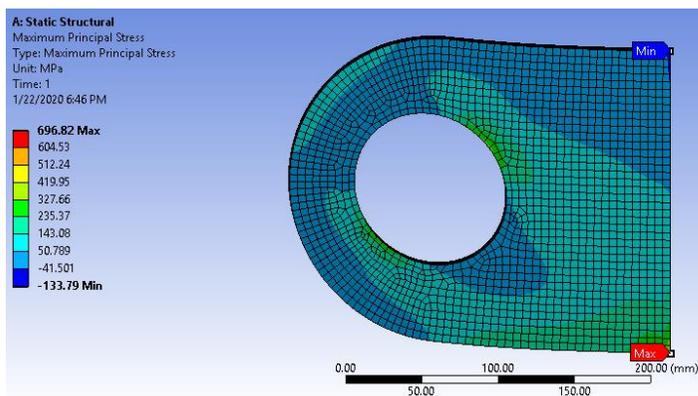
Pada tahapam ini dilakukan pembacaan dari hasil simulasi *lifting lug* yang telah dilakukan dimana pada variasi 4, satu *airbags* dibebankan gaya sebesar 378.881,82 N dan direncanakan 6 buah *lifting lug* yang digunakan dengan menggabungkan 2 *airbags* sehingga pada masing-masing *lifting lug* dibebankan gaya sebesar 126.293,93 N dengan memvariasikan 3 ketebalan *liftitng lug*. Adapun hasil simulasi dengan pembebanan force 126.293,93 N ialah sebagai berikut :



Gambar 4.30 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (19mm)  
Dari analisa diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 19mm akibat gaya pembebanan sebesar 126.293,93 N yaitu sebesar 459,96 Mpa



Gambar 4.31 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (16mm)  
Dari analisa diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 16mm akibat gaya pembebanan sebesar 126.293,93 N yaitu sebesar 542,04 Mpa



Gambar 4.32 Nilai maksimum dan minimum *principal stress* (12mm)

Dari analisa diatas dapat diketahui maksimum *principal stress* yang terjadi pada *lifting lug* dengan ketebalan 12mm akibat gaya pembebanan sebesar 126.293,93 N yaitu sebesar 696,82 Mpa

#### 4.6 Pemilihan perencanaan *wire rope* dan *wire clip*

Tabel 4.25 spesifikasi *wire rope*

Hoisting, Driving, Special Ropes . H 43 (SKZ 8 P)

Art.	Rope ø mm	Structure/ load bea- ring wires	RBF	MBF	WGT	Price
			kN	kN	100m ca. kg	m CHF
11499	6,0	8x7 / 56	42,9	36,0	14,0	8.40
11501	6,5	8x7 / 56	48,0	40,0	15,0	9.70
11502	7,0	8x19 / 152	61,5	51,7	24,0	11.60
11503	8,0	8x19 / 152	80,4	67,5	32,0	13.40
11504	9,0	8x19 / 152	102,0	85,7	40,0	14.90
11505	10,0	8x19 / 152	126,0	106,0	49,0	16.60
11506	11,0	8x19 / 152	152,0	128,0	60,0	17.90
11507	12,0	8x19 / 152	178,0	150,0	71,0	19.80
11508	13,0	8x19 / 152	208,0	175,0	83,0	22.80
11509	14,0	8x19 / 152	245,0	206,0	98,0	25.90
11510	15,0	8x19 / 152	277,0	233,0	111,0	25.70
11511	19,0	8x26 / 208	449,0	377,0	179,0	32.20

High-strength rope for standard hoisting devices.

Diepa



8xK7 S-PWRC(K) 2160 B sZ  
8xK19 S-PWRC(K) 2160 B sZ  
8xK26 S-PWRC(K) 2160 B sZ  
Plastic coated steel core, galvanized steel wire,  
compacted strands, 2160 N/mm<sup>2</sup>,  
right-hand ordinary lay; non-twisting.

Untuk perlengkapan *wire rope* ini digunakan untuk mengikat antara *airbag* dan lambung kapal dalam hal ini digunakan kupingan untuk membantu mengikat *wire rope* tersebut yang kupingan akan dilas pada kulit lambung kapal. Dalam penelitian kali ini contoh *wire rope* yang digunakan adalah product dari *website* perusahaan *brugg* dipilih yang berbahan *Galvanized steel* karena untuk melindungi *wire rope* dari airlaut agar tidak cepat korosi, sehingga *wire rope* tersebut masih bisa digunakan untuk mengapungkan kapal berbeda. Disini pemilihan diameter *wire rope* berdasarkan dari beban gaya apung *airbag* agar diketahui beban minimum putus dari *wire rope* tersebut yang dimana nilai *minimum breaking force* tiap dimeter *wire rope* telah dituliskan dalam table catalog diatas. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

##### 4.6.1 Pemilihan *wire rope* pada *airbags* variasi 1 (56,52 m<sup>3</sup>)

Untuk pemilihan *wire rope* gaya tariknya disesuaikan atau sama dengan gaya tarik yang bekerja pada *lifting lug*, sehingga untuk gaya tarik yang bekerja pada *wire rope* sebesar 188.368,35 N atau 188,36 KN.

Pada tabel 4.25 spesifikasi *wire rope* pemilihan *wire clips* dilihat berdasarkan dari *minimum breaking force* dimana untuk memenuhi agar *wire rope* tidak putus , maka dipilih *wire rope* yang berdiameter 14 mm dengan *minimum breaking force* 207 KN dengan jumlah direncanakan kebutuhan *wire rope* pada *airbag* berjumlah 6.

##### 4.6.2 pemilihan *wire rope* pada *airbag* variasi 2 (50,24 m<sup>3</sup>)

Untuk pemilihan *wire rope* gaya tariknya disesuaikan atau sama dengan gaya tarik yang bekerja pada *lifting lug*, sehingga untuk gaya tarik yang bekerja pada *wire rope* sebesar 168.391,92 N atau 168,39 KN

Pada tabel 4.25 spesifikasi *wire rope* pemilihan *wire clips* dilihat berdasarkan dari *minimum breaking force* dimana untuk memenuhi agar *wire rope* tidak putus, maka dipilih *wire rope* yang berdiameter 13 mm dengan *minimum breaking force* 175 KN dengan jumlah direncanakan kebutuhan *wire rope* pada *airbag* berjumlah 6

#### 4.6.3 pemilihan *wire rope* pada *airbag* variasi 3 (43,96 m<sup>3</sup>)

Untuk pemilihan *wire rope* gaya tariknya disesuaikan atau sama dengan gaya tarik yang bekerja pada *lifting lug*, sehingga untuk gaya tarik yang bekerja pada *wire rope* sebesar 147.342,93 N atau 147,34 KN

Pada tabel 4.25 spesifikasi *wire rope* pemilihan *wire clips* dilihat berdasarkan dari *minimum breaking force* dimana untuk memenuhi agar *wire rope* tidak putus, maka dipilih *wire rope* yang berdiameter 12 mm dengan *minimum breaking force* 150 KN dengan jumlah direncanakan kebutuhan *wire rope* pada *airbag* berjumlah 6

#### 4.6.4 pemilihan *wire rope* pada *airbags* variasi 4 (37,68 m<sup>3</sup>)

Untuk pemilihan *wire rope* gaya tariknya disesuaikan atau sama dengan gaya tarik yang bekerja pada *lifting lug*, sehingga untuk gaya tarik yang bekerja pada *wire rope* sebesar 126.293,93 N atau 126.29 KN

Pada tabel 4.25 spesifikasi *wire rope* pemilihan *wire clips* dilihat berdasarkan dari *minimum breaking force* dimana untuk memenuhi agar *wire rope* tidak putus, maka dipilih : *wire rope* yang berdiameter 11 mm dengan *minimum breaking force* 128 KN dengan jumlah direncanakan kebutuhan *wire rope* pada *airbag* berjumlah 6

Tabel 4.26 Pemilihan *wire rope*

NO	Jumlah <i>wire rope</i>	gaya yang dibebankan (KN)	<i>wire rope</i> yang dipilih		Variasi <i>airbags</i>
			Diameter (mm)	MBF (KN)	
1	6	188,36	14	207	Variasi 1
2	6	168,39	13	175	Variasi 2
3	6	147,34	12	150	Variasi 3
4	6	126,29	11	128	Variasi 4

#### 4.6.5 Pemilihan *Wire clip*

Dalam hal ini pemilihan *wire clip* disesuaikan dengan 2 kali diameter *wire rope* yang dipilih untuk jenis catalog *wire clip* yang digunakan merupakan produk dari perusahaan Crosby . *Wire clip* yang digunakan untuk aplikasi ini ialah jenis *Us Forged Wire Clip* dikarenakan *wire clip* jenis ini cocok digunakan bersamaan dengan *wire rope sling* untuk aplikasi angkat ( *Lifting* ) dan Tarik ( *Towing* ), karena *wire clip* ini memiliki nilai *efficiency rating*. *Wire Clip* ini diproduksi dengan finishing galvanis diseluruh bagiannya untuk mencegah pengkaratan pada *wire clip* yang dapat merusak *wire rope* nantinya. untuk produk Crosby nilai *efficiency rating* dari *wire clip* jenis ini adalah 80

– 90% dari nilai *breaking load wire rope*. Berikut ialah tabel spesifikasi *wire clip* product dari perusahaan Crosby:

Tabel 4.27 spesifikasi *wire clips*

**G-450 Crosby Clips**

Rope Size (in)	Rope Size (mm)	G-450 Stock No.	Std. Package Qty.	Weight Per 100 (lb)	Dimensions (in)							
					A	B	C	D	E	F	G	H
1/8	3-4*	1010015	100	6	.22	.72	.44	.47	.37	.38	.81	.99
3/16*	5*	1010033	100	10	.25	.97	.56	.59	.50	.44	.94	1.18
1/4	6-7	1010051	100	19	.31	1.03	.50	.75	.66	.56	1.19	1.43
5/16	8	1010079	100	28	.38	1.38	.75	.88	.73	.69	1.31	1.66
3/8	9-10	1010097	100	48	.44	1.50	.75	1.00	.91	.75	1.63	1.94
7/16 - 1/2	11-13	1010131	50	80	.50	1.88	1.00	1.19	1.13	.88	1.91	2.28
9/16 - 5/8	14-16	1010177	50	110	.56	2.25	1.25	1.31	1.34	.94	2.06	2.50
3/4	18-20	1010195	25	142	.62	2.75	1.44	1.50	1.39	1.06	2.25	2.84
7/8	22	1010211	25	212	.75	3.12	1.62	1.75	1.58	1.25	2.44	3.16
1	24-26	1010239	10	252	.75	3.50	1.81	1.88	1.77	1.25	2.63	3.47
1-1/8	28-30	1010257	10	283	.75	3.88	2.00	2.00	1.91	1.25	2.81	3.59
1-1/4	32-34	1010275	10	438	.88	4.44	2.22	2.34	2.17	1.44	3.13	4.13
1-3/8	36	1010293	10	442	.88	4.44	2.22	2.34	2.31	1.44	3.13	4.19
1-1/2	38	1010319	10	544	.88	4.94	2.38	2.59	2.44	1.44	3.41	4.44
1-5/8	41-42	1010337	Bulk	704	1.00	5.31	2.62	2.75	2.66	1.63	3.63	4.75
1-3/4	44-46	1010355	Bulk	934	1.13	5.75	2.75	3.06	2.92	1.81	3.81	5.24
2	48-52	1010373	Bulk	1300	1.25	6.44	3.00	3.38	3.03	2.00	4.44	5.88
2-1/4	56-58	1010391	Bulk	1600	1.25	7.13	3.19	3.88	3.19	2.00	4.56	6.38
2-1/2	62-65	1010417	Bulk	1900	1.25	7.69	3.44	4.13	3.69	2.00	4.69	6.63
** 2-3/4	** 68-72	1010435	Bulk	2300	1.25	8.31	3.56	4.38	4.88	2.00	5.00	6.88
3	75-78	1010453	Bulk	3100	1.50	9.19	3.88	4.75	4.44	2.38	5.31	7.61
** 3-1/2	** 85-90	1010426	Bulk	4000	1.50	10.75	4.50	5.50	6.00	2.38	6.19	8.38

\* Electro-plated U-Bolt and Nuts. \*\* 2-3/4" and 3-1/2" base is made of cast steel.



**G-450**  
Red-U-Bolt® Clip

Gambar 4.33 *wire clip* tipe G-450

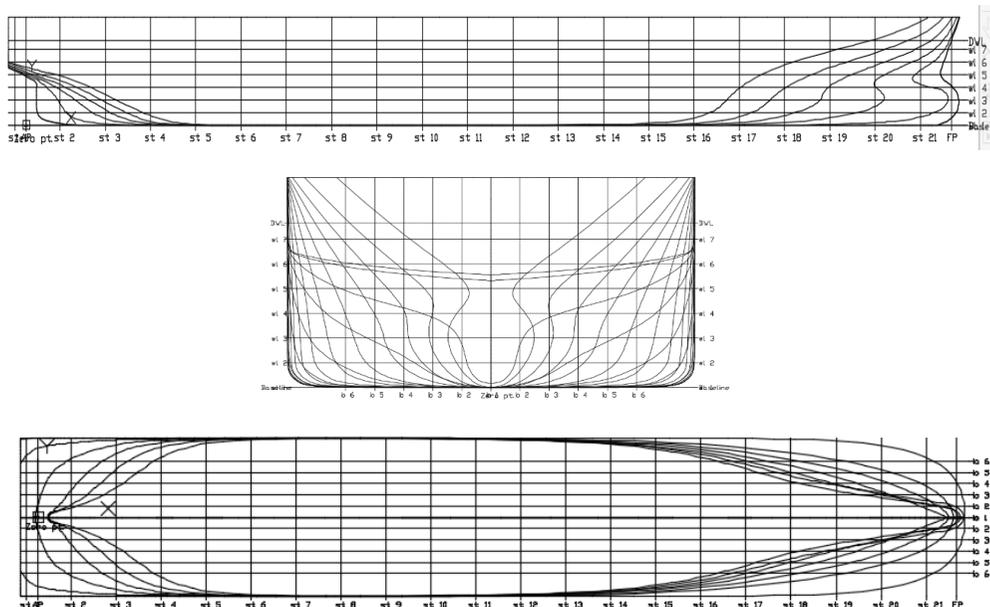
Sehingga perencanaan pemilihan dari *wire clips* terlihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.28 Pemilihan *wire clip*

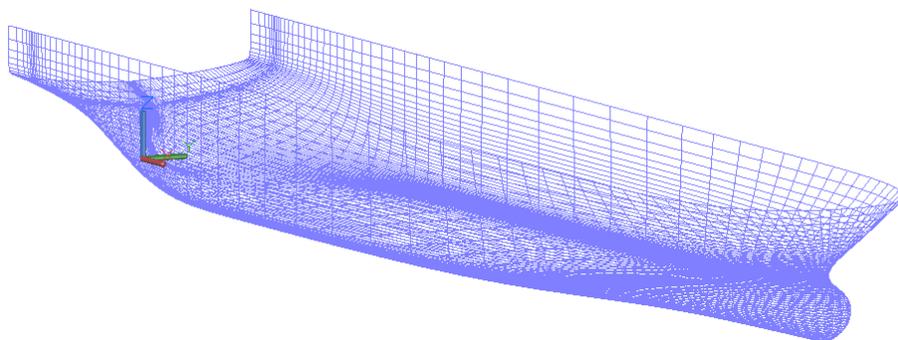
NO	Jumlah <i>wire rope</i>	<i>Wire rope</i>		<i>wire clips</i>		Variasi airbags
		Diameter awal (mm)	2 kali diamater awal (mm)	No <i>wire clips</i> G-450	Diameter yang dipilih (mm)	
1	6	14	28	1010257	28-30	Variasi 1
2	6	13	26	1010239	24-26	Variasi 2
3	6	12	24	1010239	24-26	Variasi 3
4	6	11	22	1010211	22	Variasi 4

#### 4.7 Perencanaan penyusunan *airbags*

Dalam perencanaan penyusunan *airbags* pada kapal, dilakukan terlebih dahulu penggambaran ulang model *linesplan* kapal, ini bertujuan untuk mengetahui gambar kapal tersebut yang nantinya akan disusun *airbags*



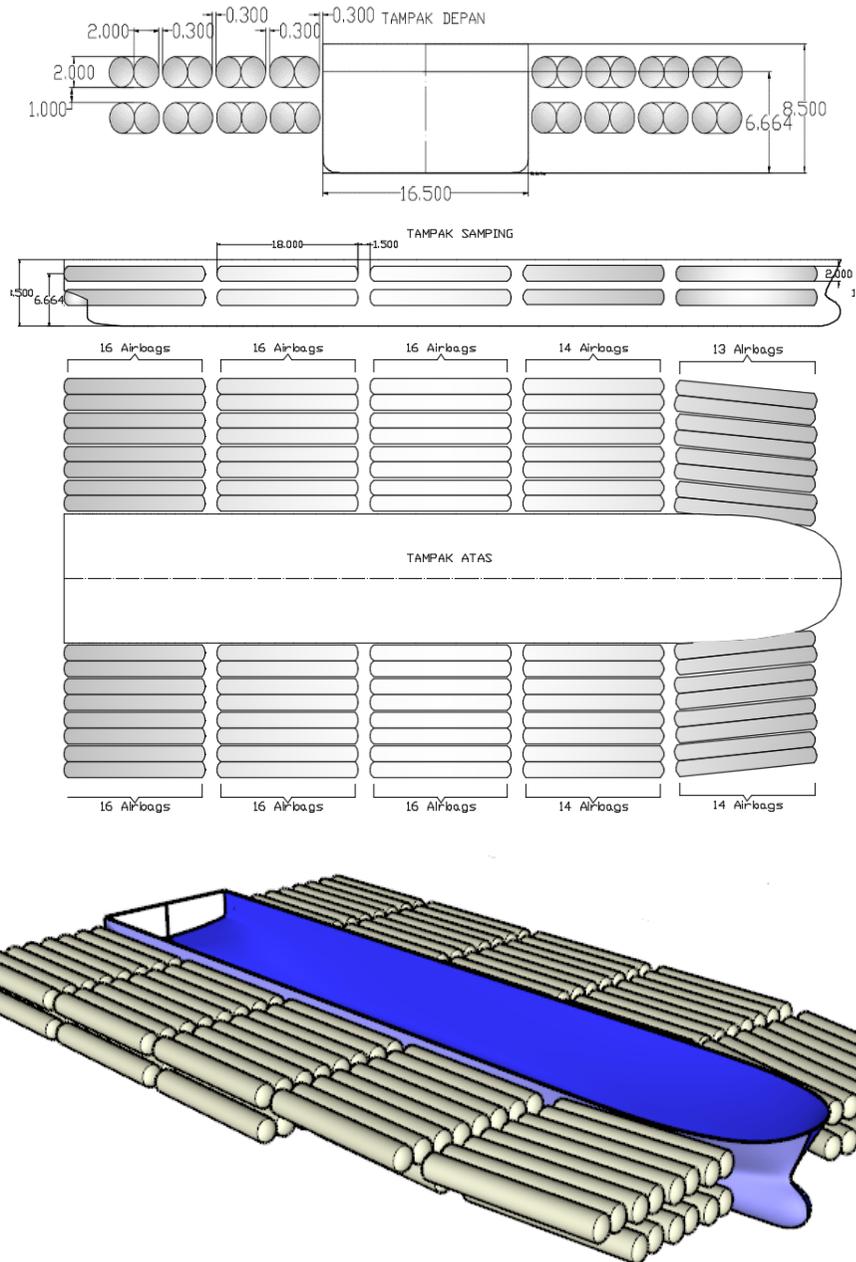
Gambar 4.34 gambar *redesign lines plan* MT BAUHINA



Gambar 4.35 Gambar model 3D MT BAUHINA

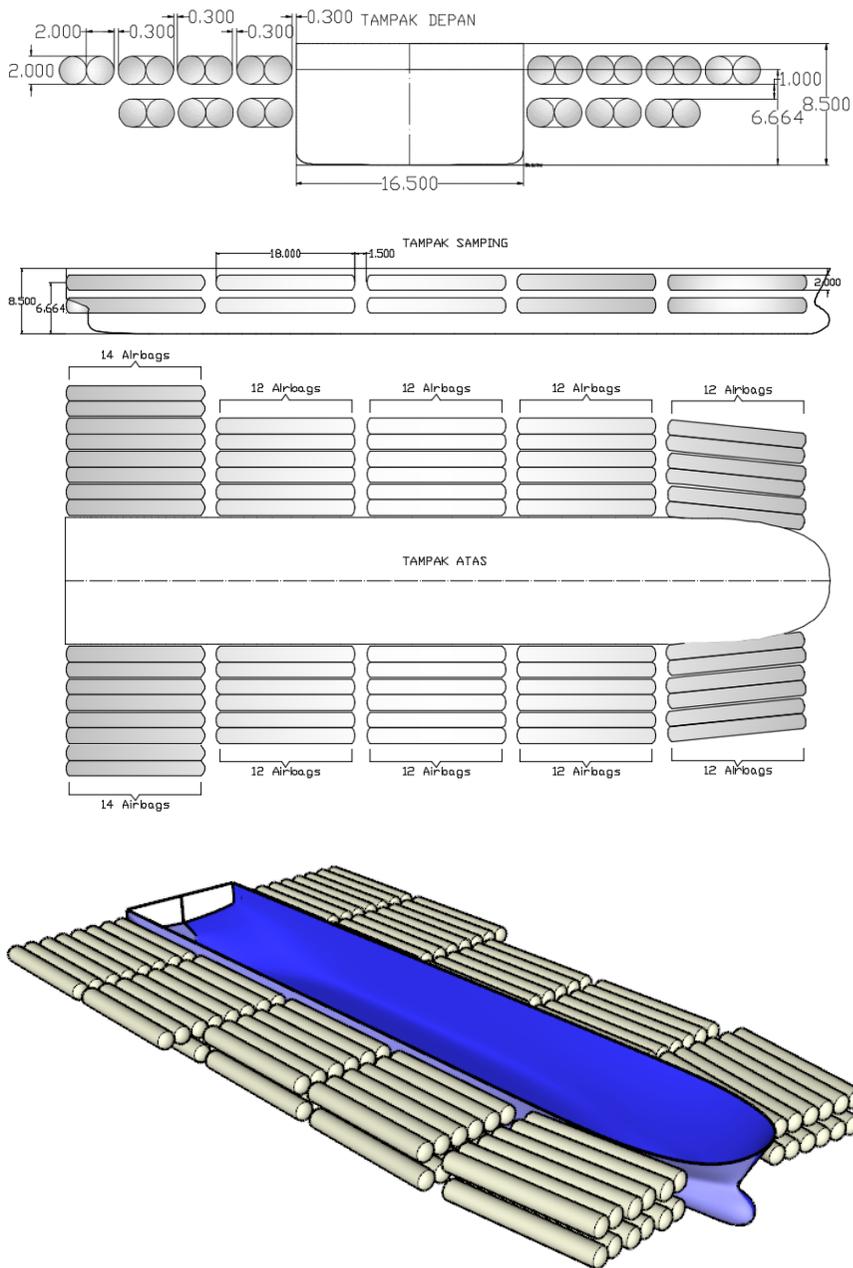
- 4.7.1 Penyusunan *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai sarat penuh kapal  
 Penyusunan *airbags* dilakukan dengan pembagian rata disetiap posisi *starboard* dan *portside* kapal, jika ada kelebihan *airbags* atau dengan kata lain tidak rata pembagiannya maka ini diletakkan pada posisi *starboard* / *portside* belakang kapal. Dikarenakan pada bagian belakang kapal bagianpaling berat dikarenakan terdapat mesin kapal atau komponen terberat kapal. Perencanaan ukuran jarak dari setiap *airbags* menggunakan satuan meter

- a. Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbags* ukuran 18 x 2 meter



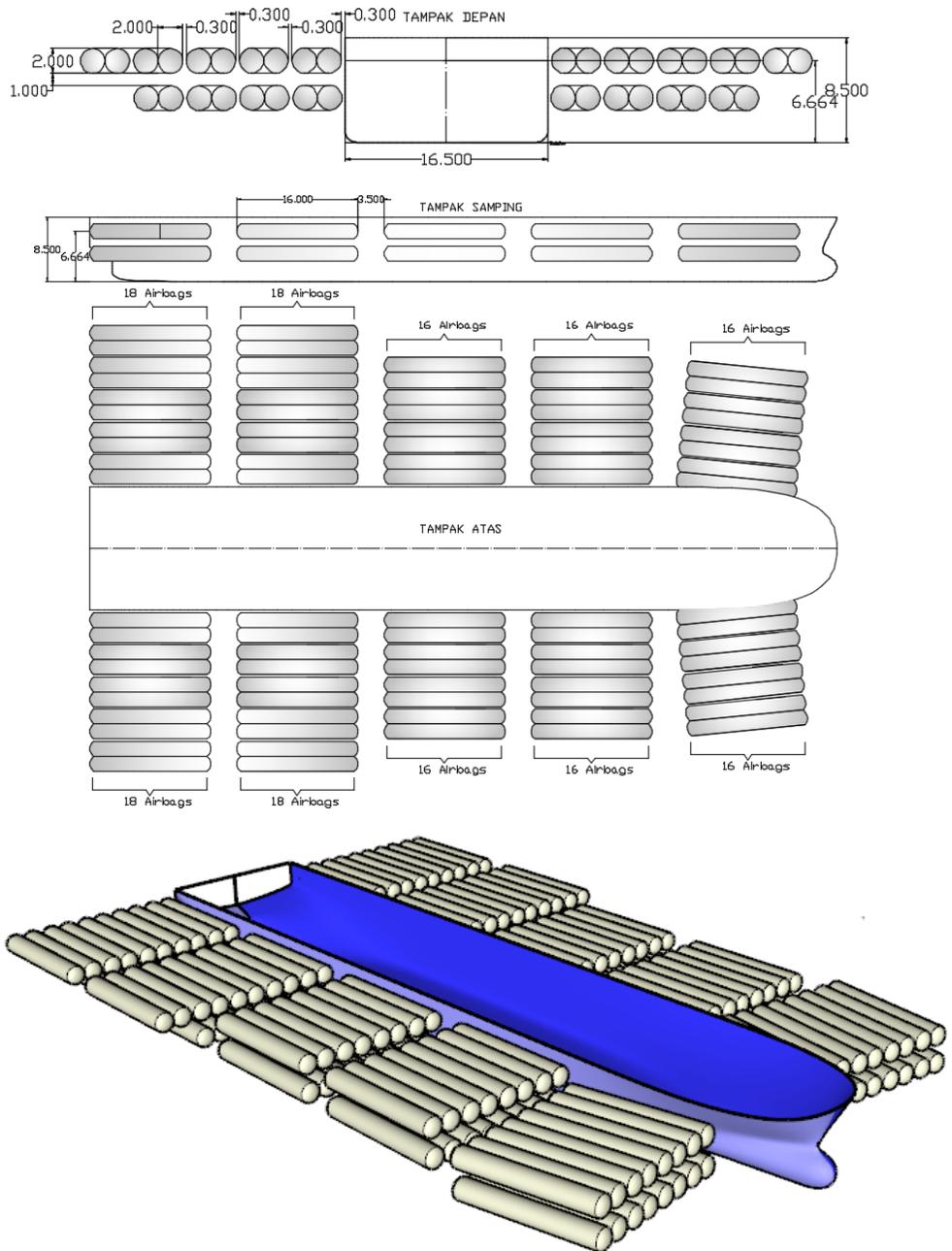
Gambar 4.36 penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbags* (18 x 2)

b. Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* untuk *airbags* ukuran 18 x 2 meter



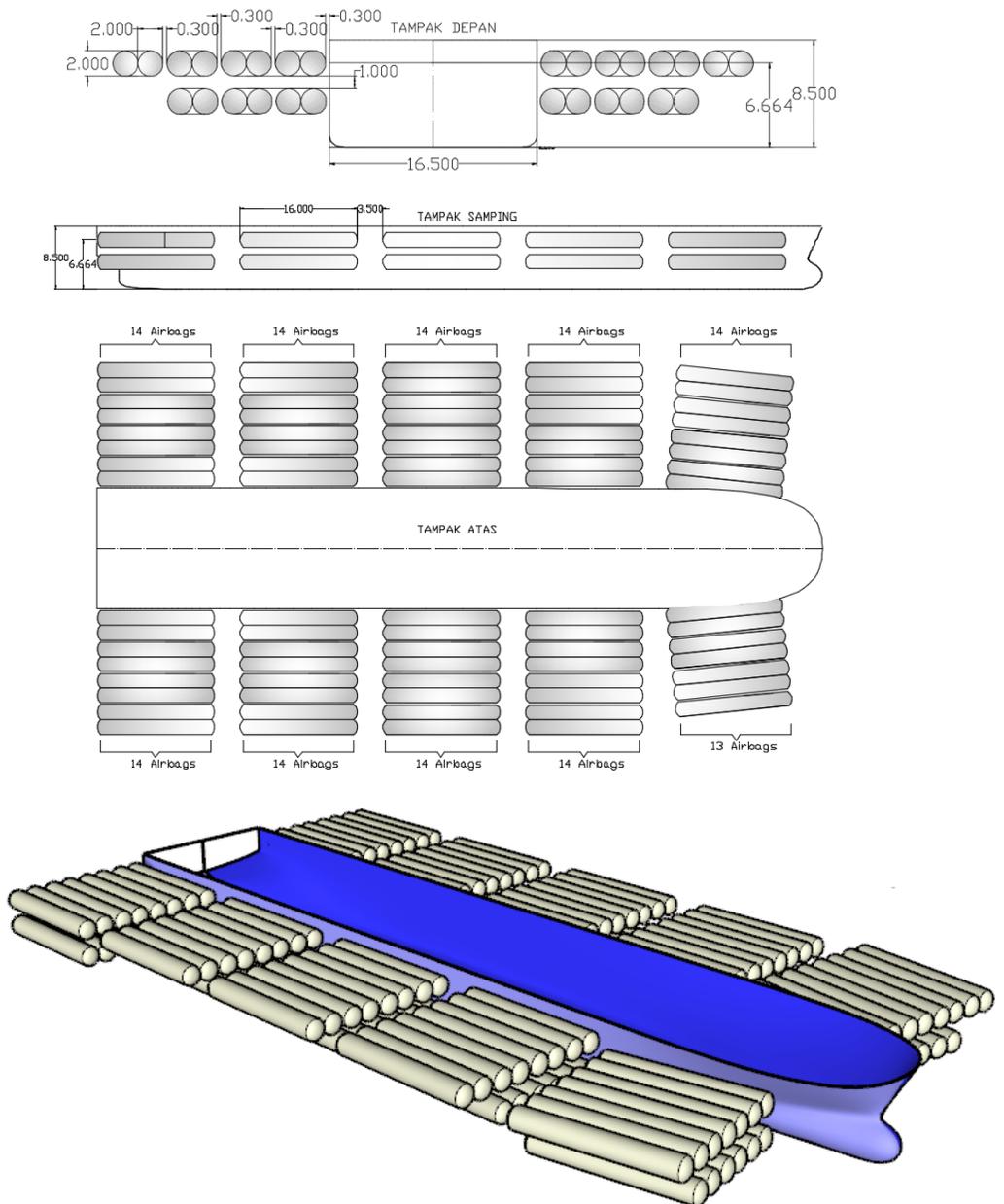
Gambar 4.37 penyusunan *airbags* dengan *floating crane* *airbags* (18 x 2)

c. Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbags* ukuran 16 x 2 meter



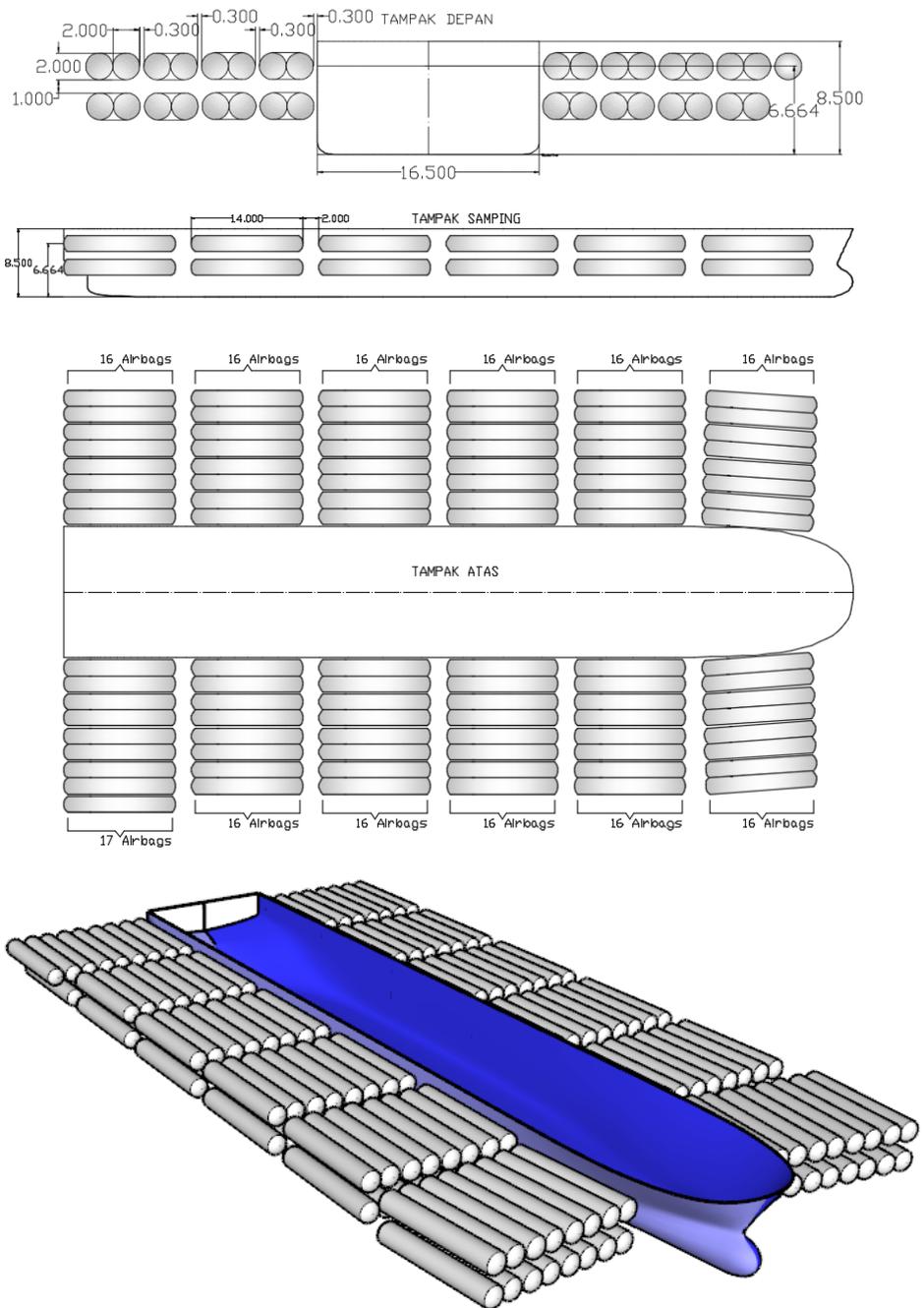
Gambar 4.38 penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbags* (16 x 2)

- d. Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* untuk *airbags* ukuran 16 x 2 meter



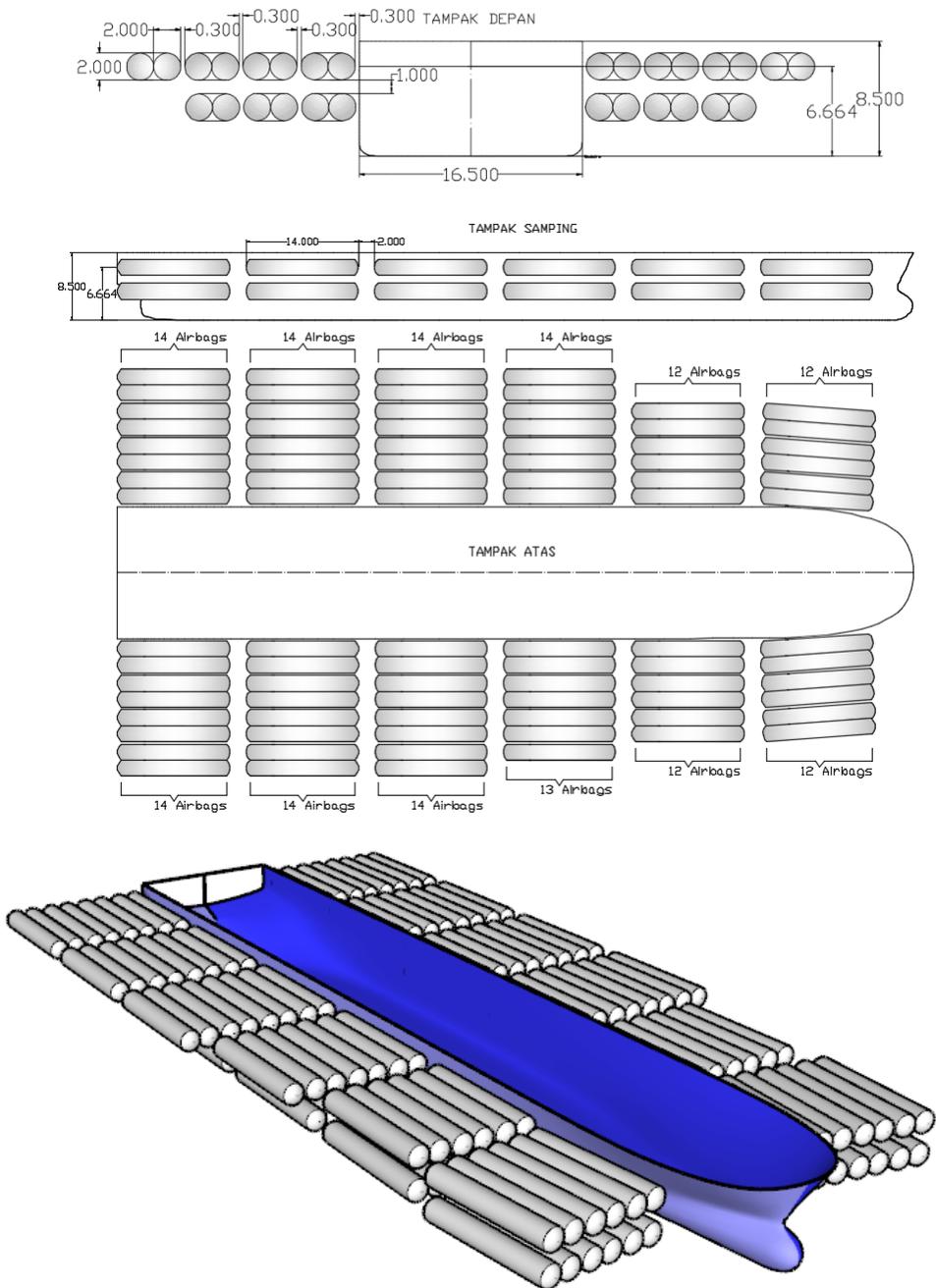
Gambar 4.39 Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* *airbags* (16 x 2)

- e. Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbags* ukuran 14 x 2 meter



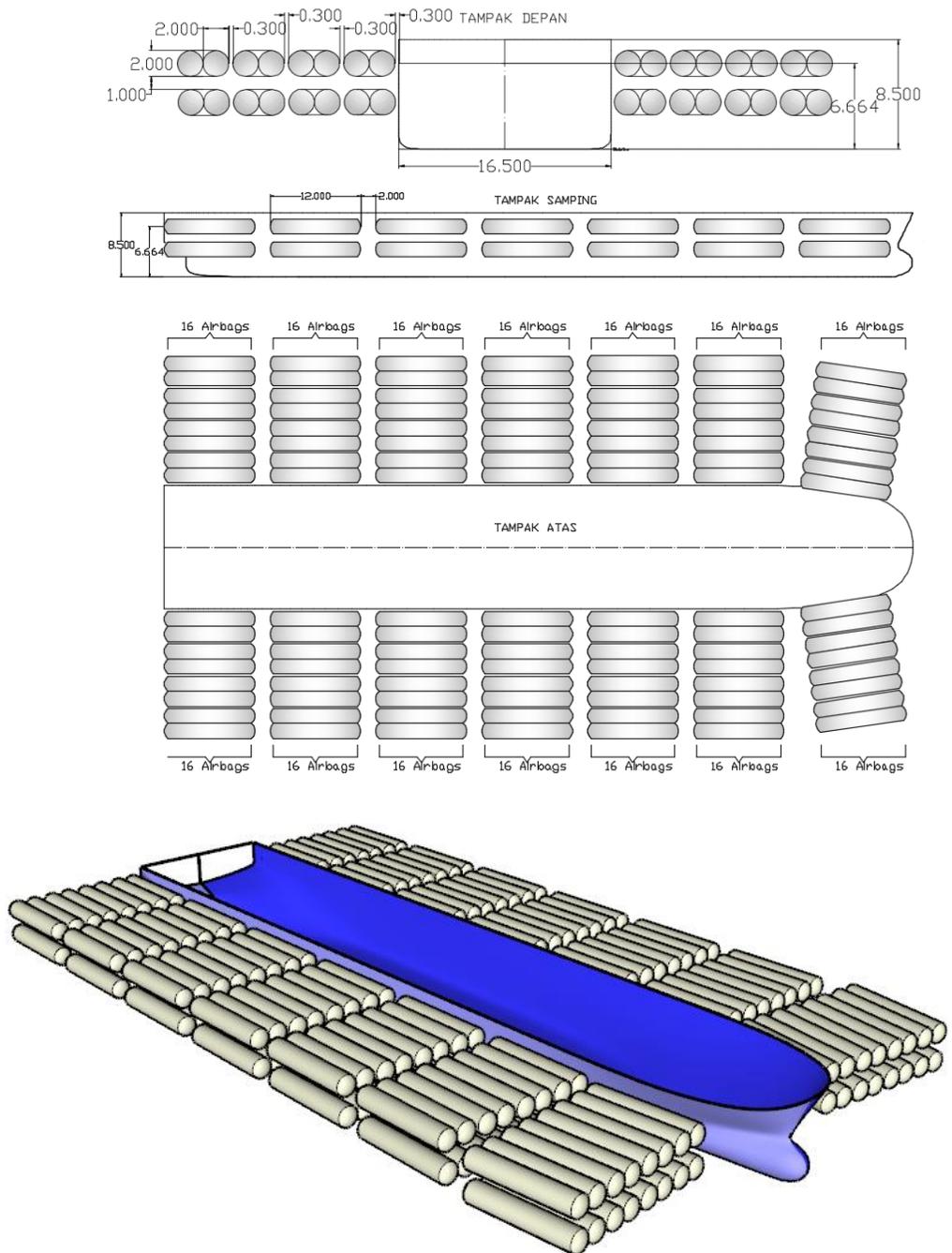
Gambar 4.40 Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbags* (14 x 2)

- f. Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* untuk *airbags* ukuran 14 x 2 meter



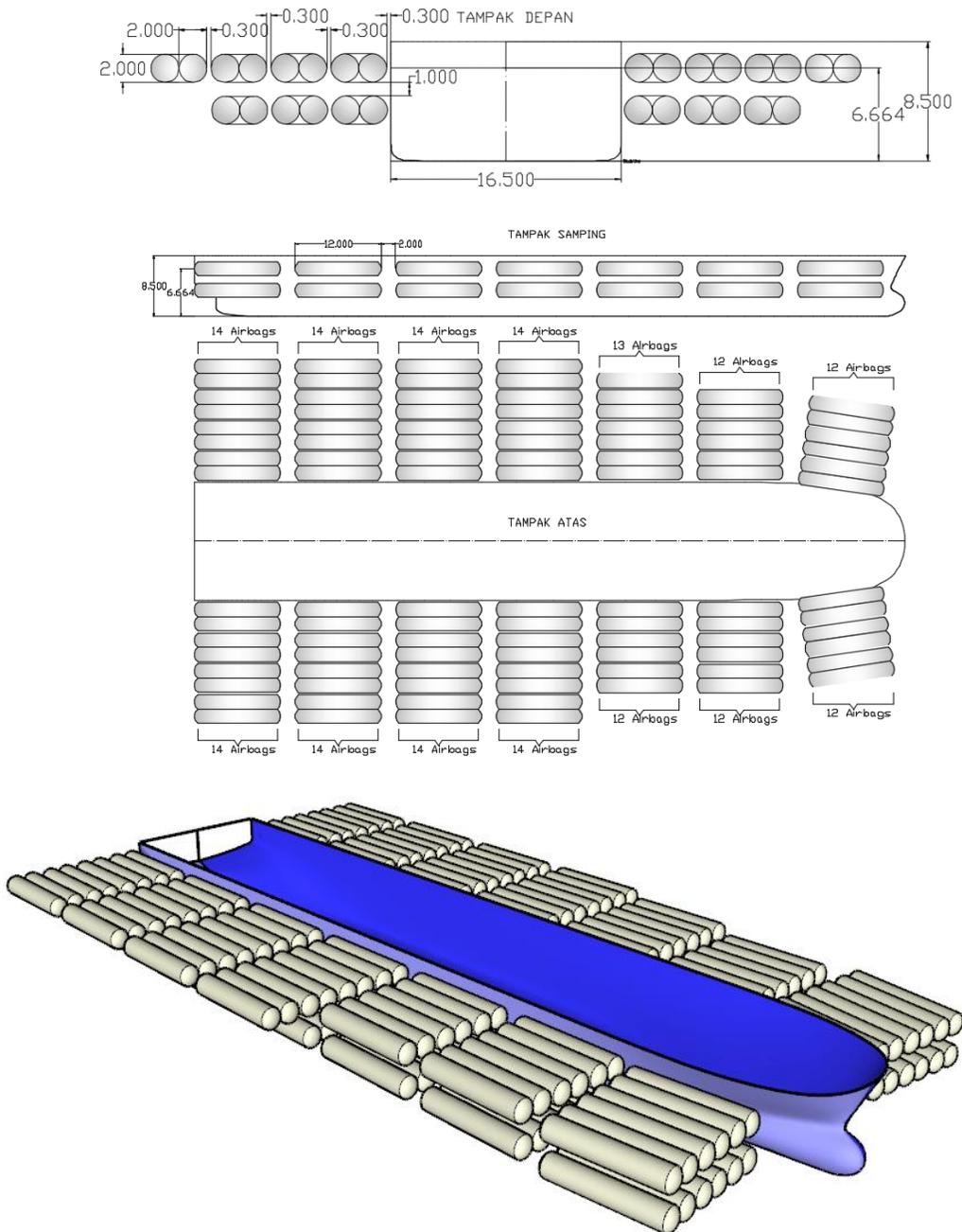
Gambar 4.41 Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* *airbags* (14 x 2)

- g. Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbags* ukuran 12 x 2 meter



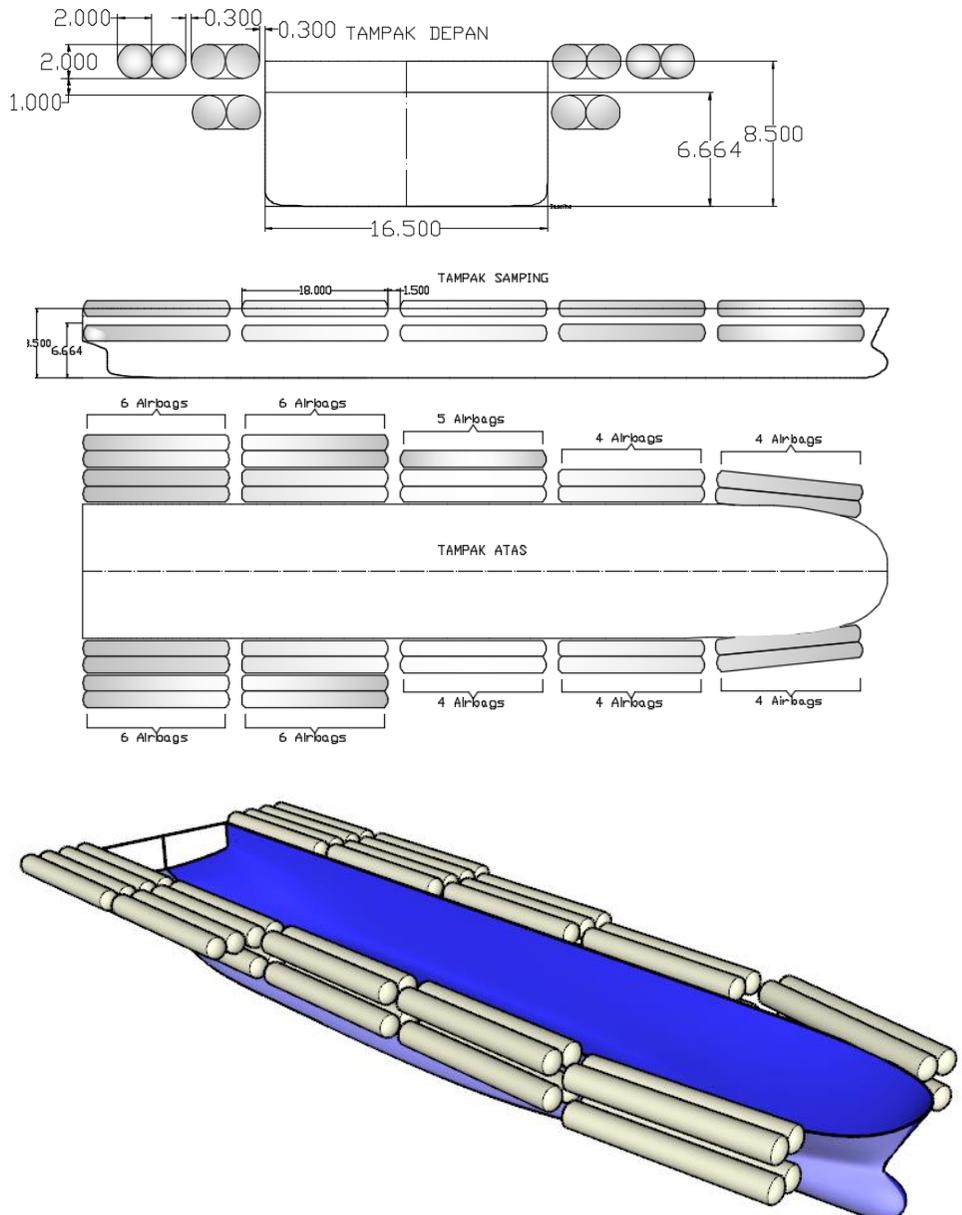
Gambar 4.42 Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbags* (12 x 2)

h. Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* untuk *airbgas* ukuran 12 x 2 meter



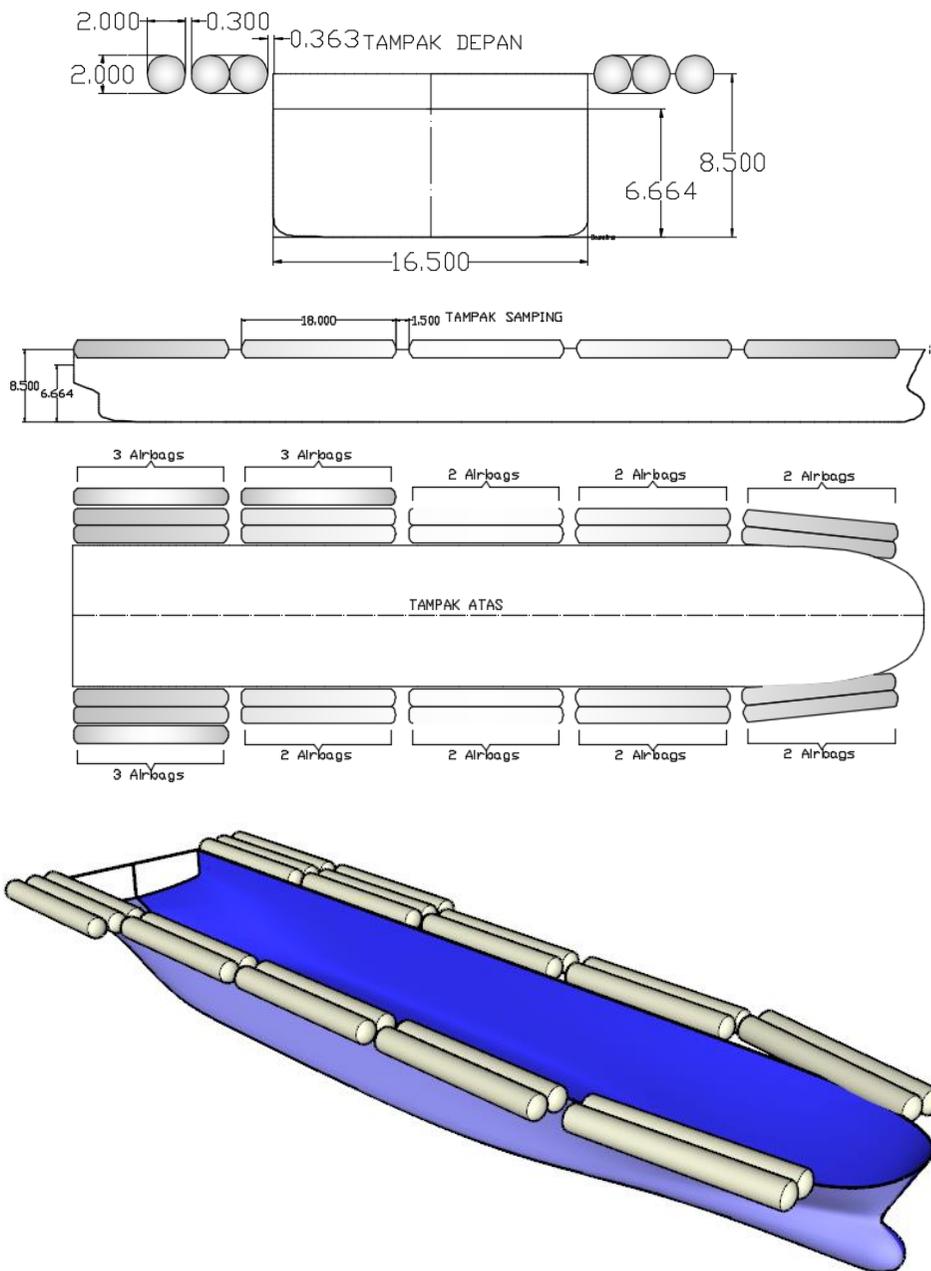
Gambar 4.43 Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* *airbags* (12 x 2)

- 4.7.2 Penyesunan *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai ke permukaan air laut  
 a. Penyesunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbags* ukuran 18 x 2 meter



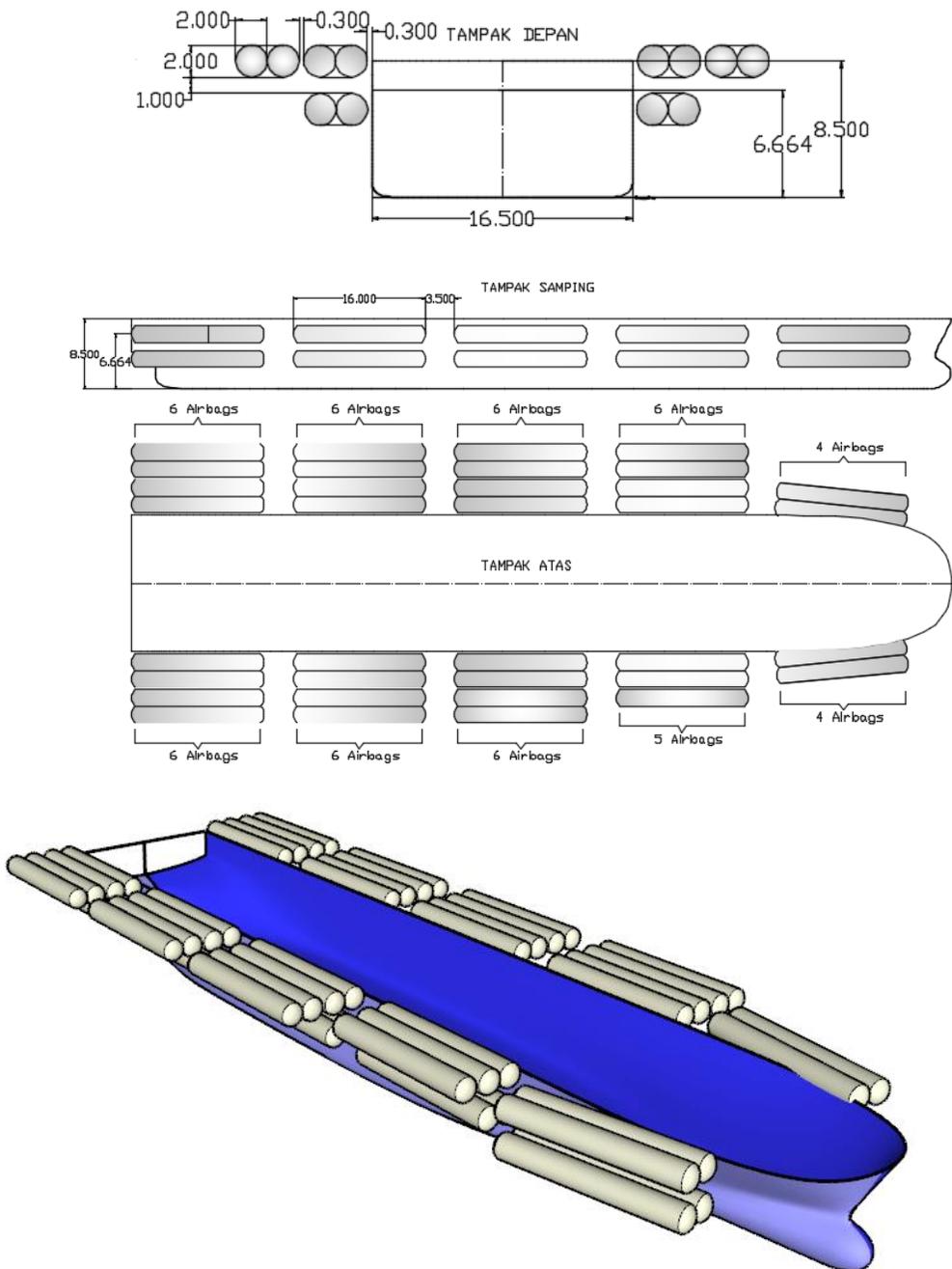
Gambar 4.44 Penyesunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbags* (18 x 2)

b. Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* untuk *airgas* ukuran 18 x 2 meter



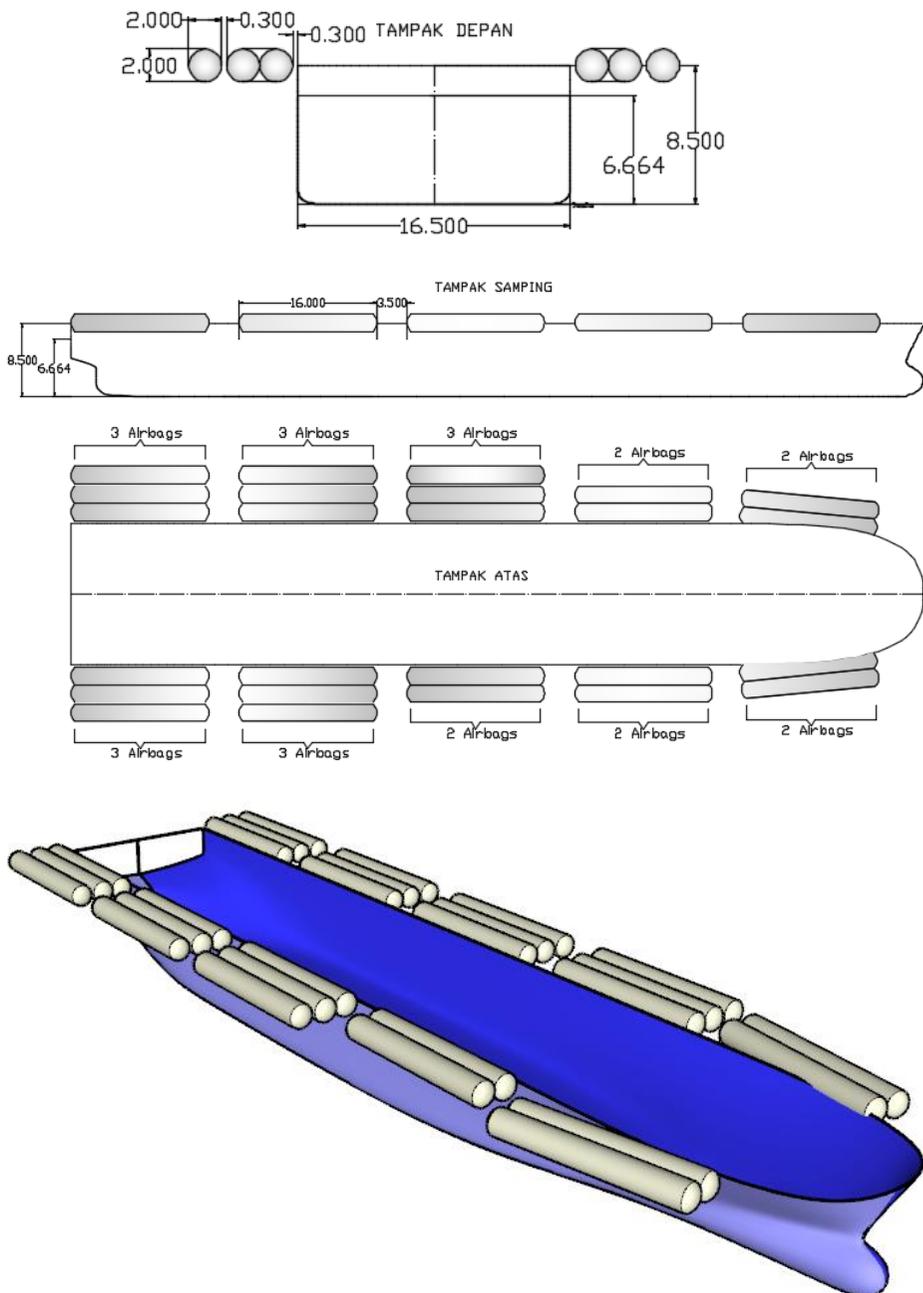
Gambar 4.45 Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* *airbags* (18 x 2)

- c. Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbags* ukuran 16 x 2 meter



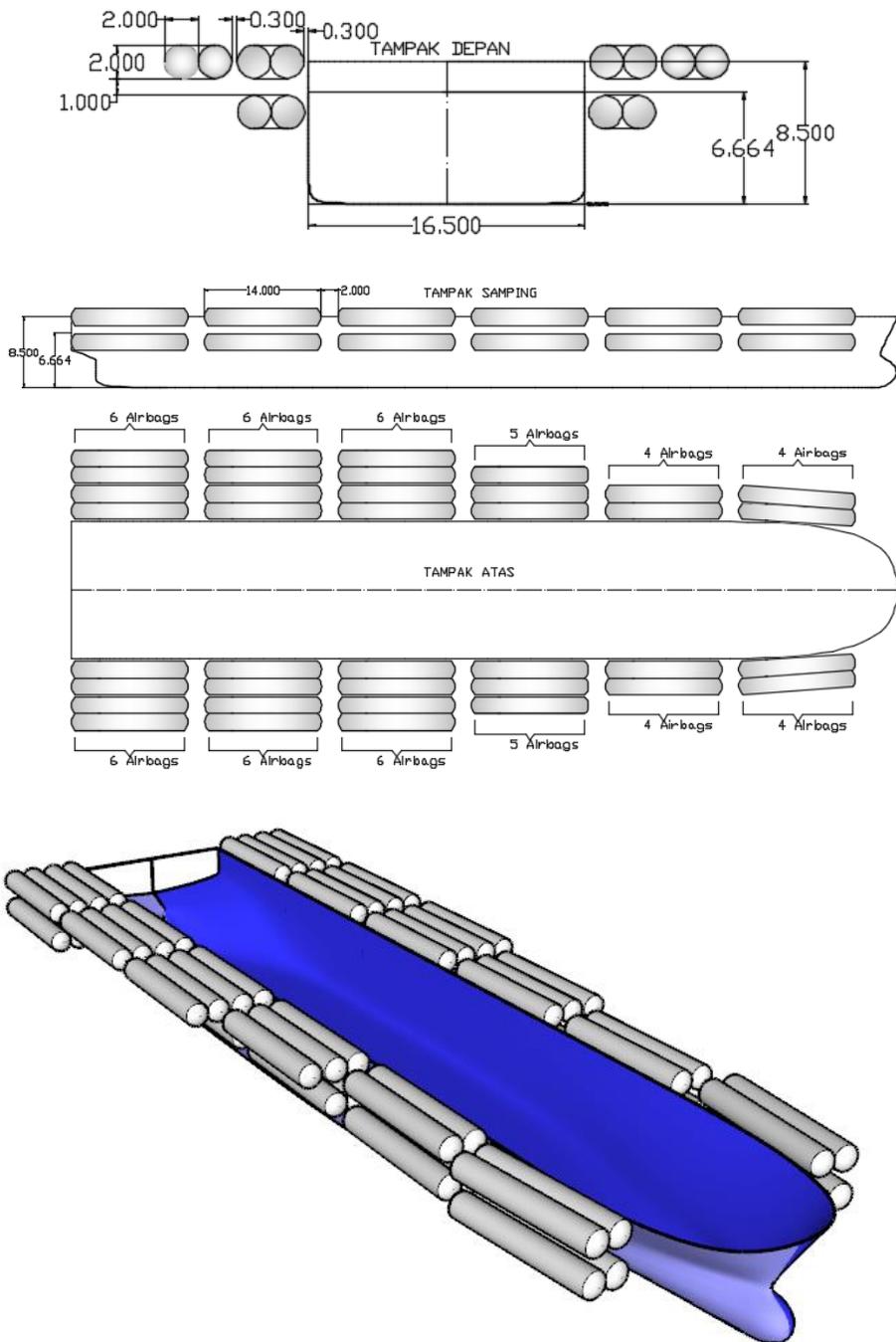
Gambar 4.46 Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbags* (16x 2)

- d. Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* untuk *airbags* ukuran 16 x 2 meter



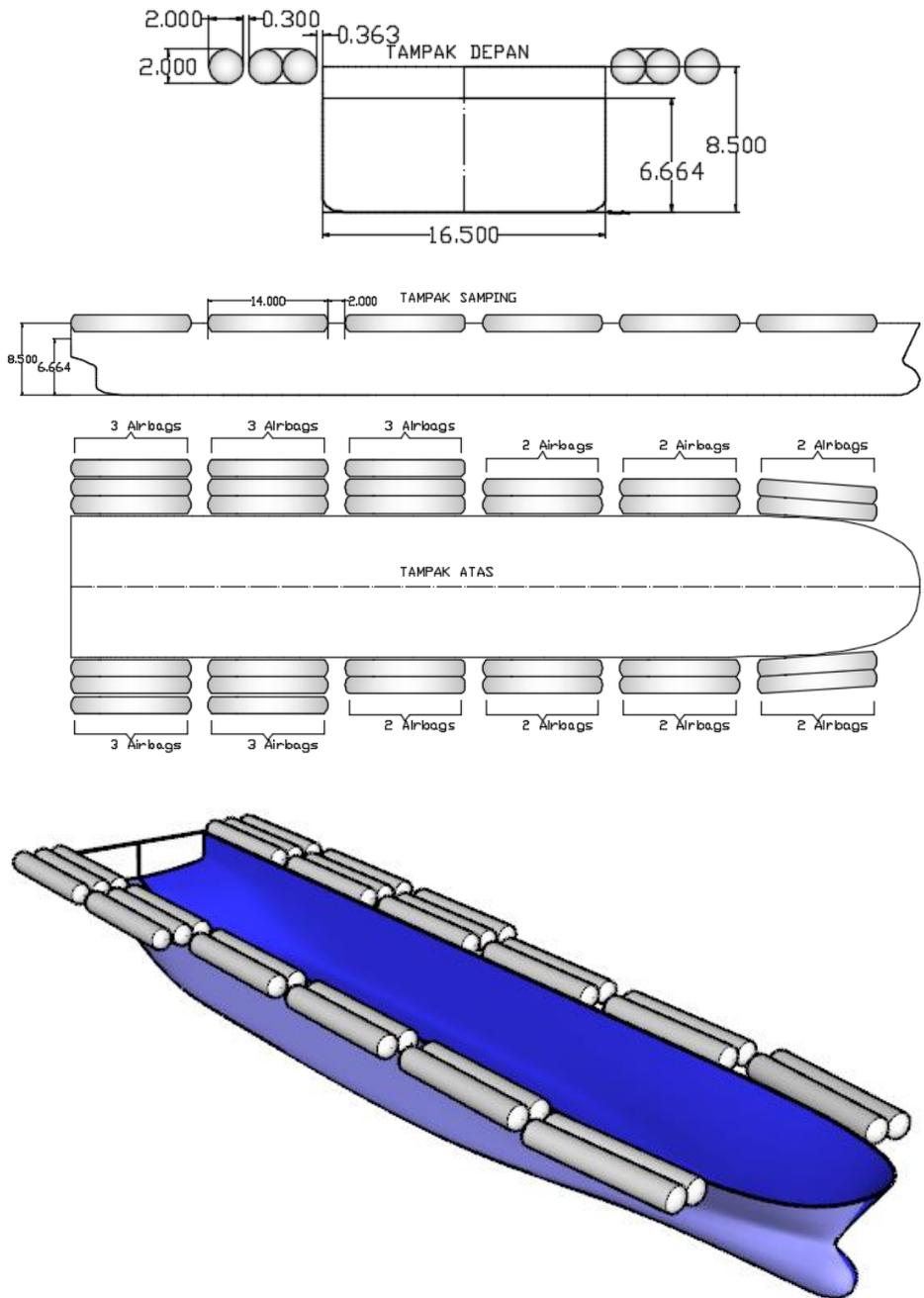
Gambar 4.47 Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* *airbags* (16x 2)

- e. Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbgas* ukuran 14 x 2 meter



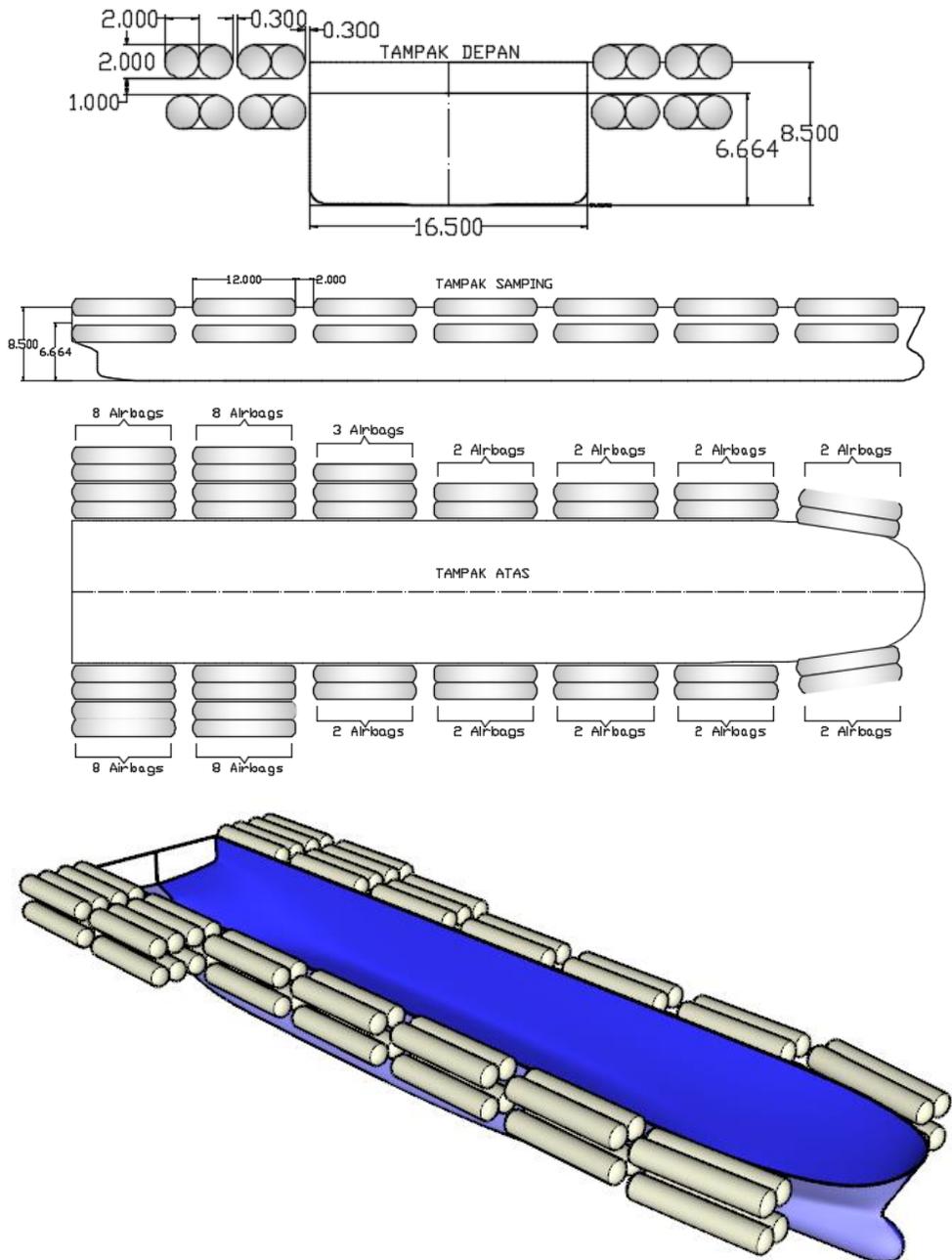
Gambar 4.48 Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbgas* (14x 2)

- f. Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* untuk *airbags* ukuran 14 x 2 meter



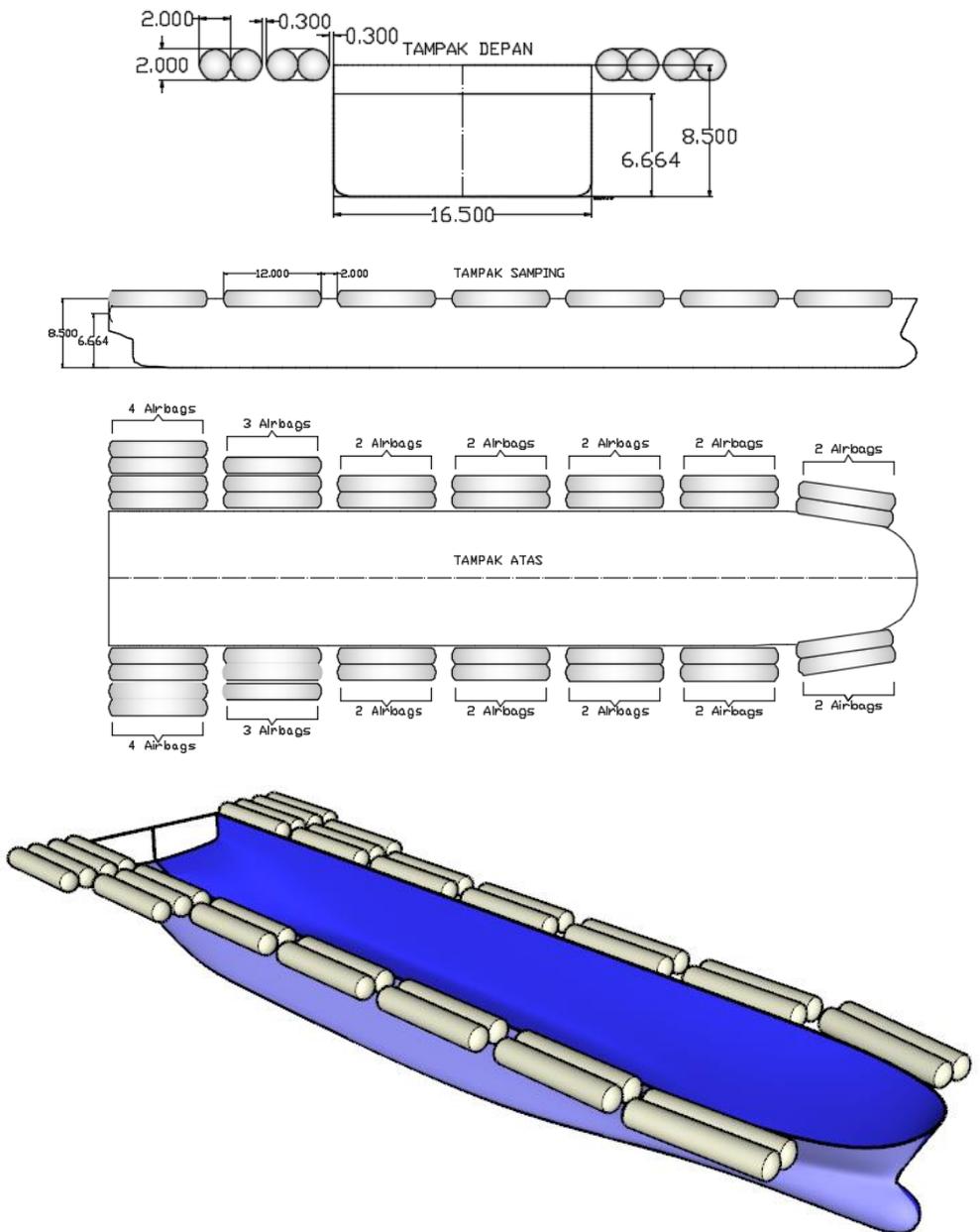
Gambar 4.49 Penyusunan *airbags* dengan *floating crane* *airbags* (14x 2)

- g. Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbgas* ukuran 12 x 2 meter



Gambar 4.50 Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbgas* (12x 2)

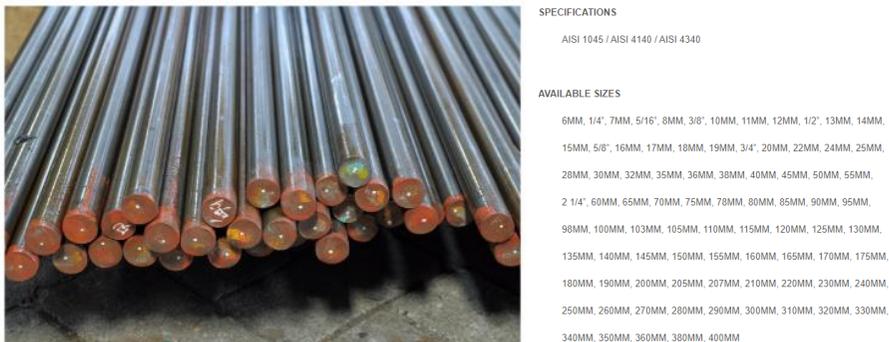
- h. Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* untuk *airbags* ukuran 12 x 2 meter



Gambar 4.51 Penyusunan *airbags* tanpa *floating crane* *airbags* (12x 2)

#### 4.8 Perencanaan pemasangan *airbags* pada konstruksi

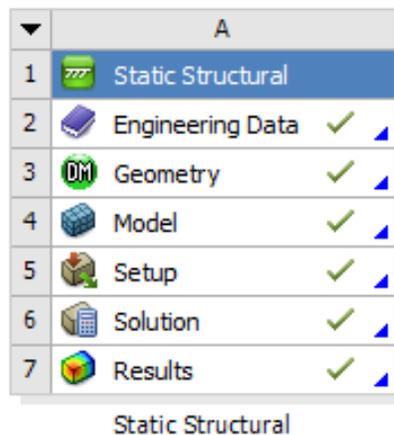
Dari penyusunan penempatan pemasangan *airbags* diketahui bahwa jika menggunakan *lifitng lug* dan *wire rope* maka posisi *airbags* akan tidak stabil. Sehingga perlu ada membuat perencanaan konstruksi untuk penempatan *airbags* tersebut . Pada penelitian kali ini digunakan jenis baja paduan rendah, menggunakan jenis baja ini dikarenakan memiliki sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya), untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah, dan nuga memiliki daya tahan yang lebih terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi) dibandingkan dengan baja carbon biasa. Dipilih jenis baja paduan rendah juga karna memiliki sifat yang tidak sulit dibengkokkan, dilas ataupun dipotong dibandingkan dengan *High low alloy steel* dan *medium low alloy steel* dengan spesifikasi dimensi diameter pipa solid baja berdasarkan dari perusahaan *PT. Sutindo Project Indonesia* data didapatkan dari *website* perusahaan sebagai berikut :



Gambar 4.52 spesifikasi dan dimensi pipa solid

##### 4.8.1 Langkah-langkah simulasi konstruksi *airbags*

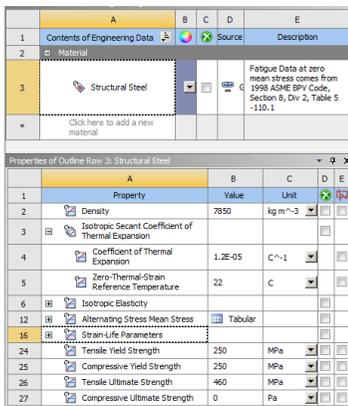
Pada aplikasi *software static structural* dimana ini dilakukan beberapa tahapan, yaitu *engineering data* input geometri, model (*meshing*), *setup condition* , *solution* dan *results*.



Gambar 4.53 Step simulasi strucutral pada software

4.8.1.1. *Engineering data*

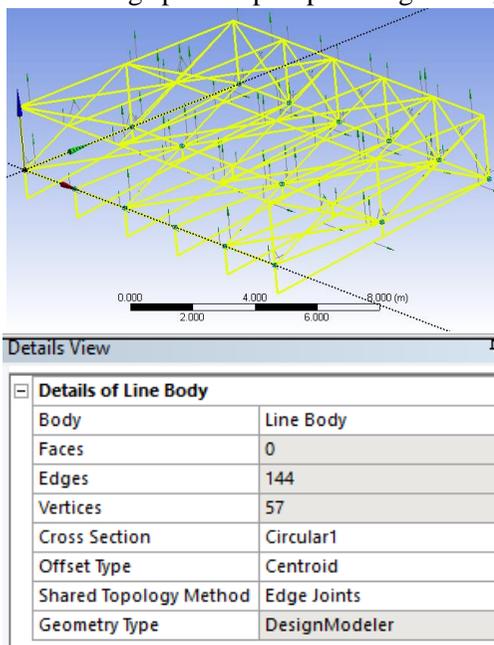
Pada tahap ini dilakukan memasukan data *engineering* berkaitan dengan model yang akan di simulasi nantinya, seperti memasukkan data density dll



Gambar 4.54 *engineering* Data

4.8.1.2. *Geometri*

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model yang akan disimulasi atau bisa menggunakan aplikasi CAD dalam pembuatan model yang selanjutnya di input geometri, dan juga berisi tentang informasi detail model. Pembuatan model divariasikan hanya pada ukuran panjang dan lebar dari model yaitu berdasarkan jumlah susunan dari *airbags* yaitu 10 , 8 , 6 dan 4 *airbags* pada tiap-tiap masing-masing variasi *airbags*



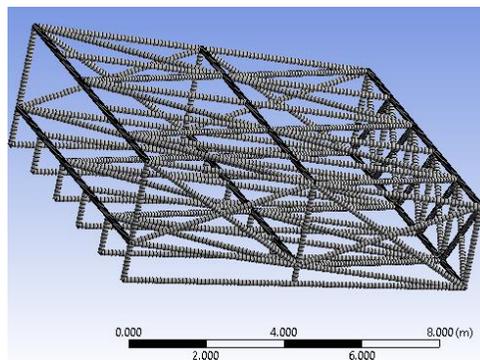
Gambar 4.55 pembuatan model dan detail informasi model

#### 4.8.1.3. Model

Pada tahap ini ialah berisi tentang detail informasi mengenai model berisi tentang, definition model, ukuran dari model, properties dari model, statistic , *basic geometry option* , *advanced geometry option*. Pada tahap ini juga dilakukan tahap meshing dengan fungsi *smoothing* dengan kapasitas *medium*, dengan pengaturan elemen size sebesar 100 mm sehingga dari pengaturan spesifikasi tersebut diharapkan hasil dari simulasi yang dihasilkan bisa maksimal.

Details of "Geometry"	
+ Definition	
- Bounding Box	
Length X	12.5 m
Length Y	9. m
Length Z	3.2 m
+ Properties	
- Statistics	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	8889
Elements	4488
Mesh Metric	None

Gambar 4.56 detail geometry

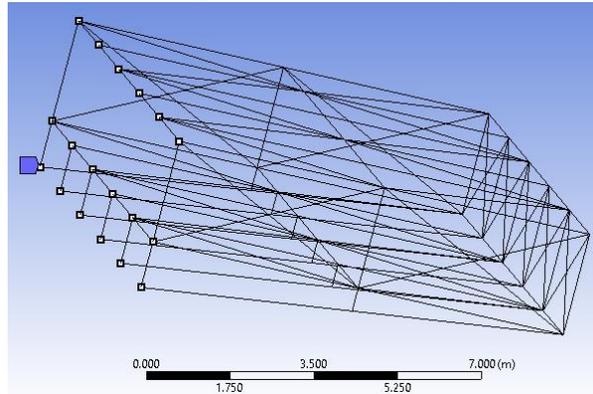


Details of "Mesh"	
+ Display	
+ Defaults	
- Sizing	
Size Function	Adaptive
Relevance Center	Coarse
<input type="checkbox"/> Element Size	0.10 m
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Fast
Span Angle Center	Coarse
Automatic Mesh Base...	On
<input type="checkbox"/> Defeaturing Tolera...	Default

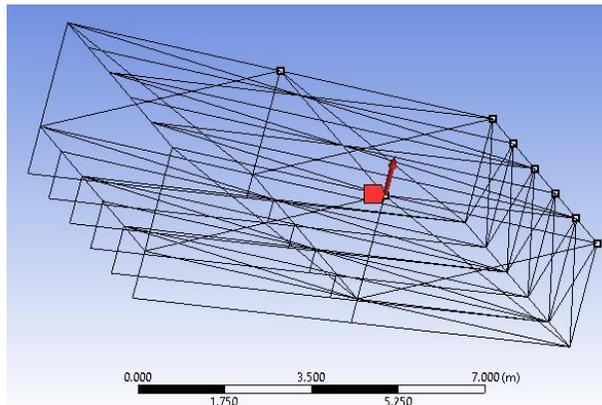
Gambar 4.57 meshing model dan detail dari mesh

## 4.8.1.4. Setup

Pada tahap ini dilakukan pemilihan titik *fixed support* atau bagian model yang tidak ketika disimulasi tidak berubah. Dan juga menentukan arah dari pembebanan tau arah *force*.



Gambar 4.58 penentuan titik *fixed support* pada model



Details of "Force"	
<b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	8 Vertices
<b>Definition</b>	
Type	Force
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input type="checkbox"/> X Component	0. N (ramped)
<input type="checkbox"/> Y Component	0. N (ramped)
<input checked="" type="checkbox"/> Z Component	1.5155e+006 N (ramped)
Suppressed	No

Gambar 4.59 penentuan arah *force*

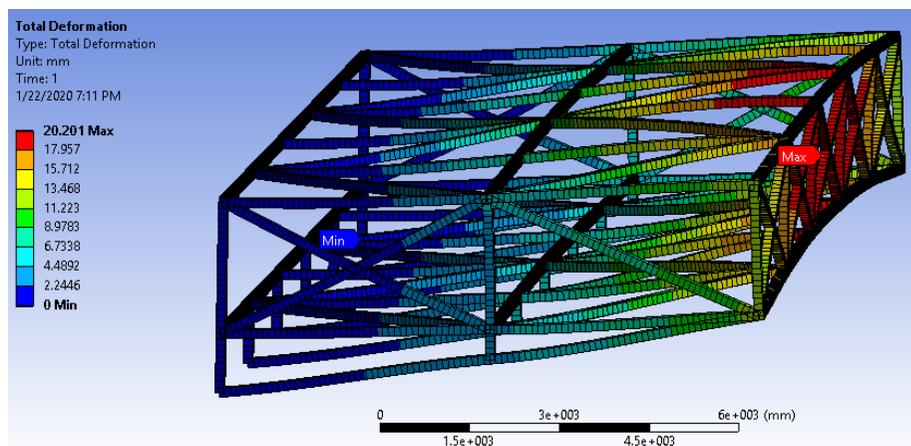
pada tahap penentuan titik arah *force* dilakukan penginputan data berupa seberapa besar *force* yang direncanakan pada model dan arah dari *force* dari model dimana arah *force* pada model mengarah keatas seperti terlihat pada gambar .

#### 4.8.1.5. Solution dan result

Pada tahap ini dilakukan pengaturan parameter simulasi / analisis apa yang akan dilakukan pada model, dimana pada penelitian ini hanya menggunakan parameter deformasi yang terjadi pada model akibat dari gaya *force* tersebut. Sedangkan result ini adalah tahap hasil dari simulasi yang telah dilakukan.

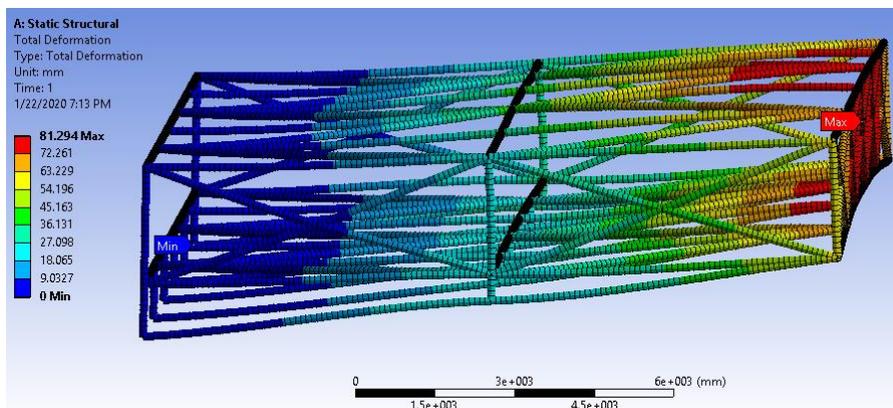
#### 4.8.2 Hasil simulasi konstruksi kerangka baja pada variasi *airbags* 1 (18 x 2 )

Pada tahapam ini dilakukan simulasi konstruksi kerangka baja untuk penempatan *airbags* dimana pada variasi 1 *airbags*, perencanaan konstruksi kerangka baja untuk *airbags* direncanakan pada 3 kondisi jumlah *airbags* yang sesuai dengan perencanaan penyusunan *airbags* pada butir (4.7). Adapun variasi jumlah *airbags* ialah 8 unit *airbags* , 6 unit *airbags* , dan 4 unit *airbags*. satu *airbags* dibebankan gaya sebesar 565.105,05 N. Pada 8 unit *airbags* beban gaya sebesar 4.520.840,4 newton , pada 6 unit *airbags* beban gaya sebesar 3.390.630,3 newton dan pada 4 unit *airbags* beban gaya sebesar 2.260.420,2 newton. Pada konstruksi menggunakan pipa baja solid dengan diameter direncanakan ialah 15 cm. Dengan metode langkah-langkah pada subab butir 4.8.1 maka hasil simulasi model sebagai berikut :

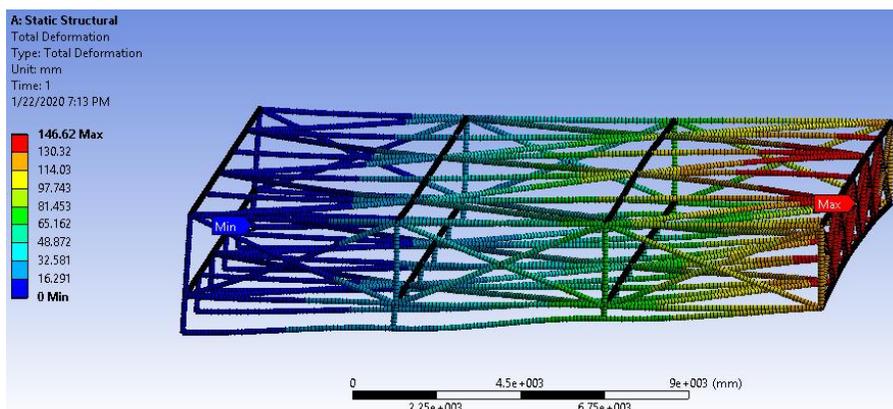


Gambar 4.60 Nilai total deformasi untuk 4 unit *airbags* (18 x 2)

Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 2.260.420,2 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 20,20 mm atau 2 cm.



Gambar 4.61 Nilai total deformasi untuk 6 unit *airbags* (18 x 2)  
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 3.390.630,3 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 81,294 mm atau 8,1 cm.

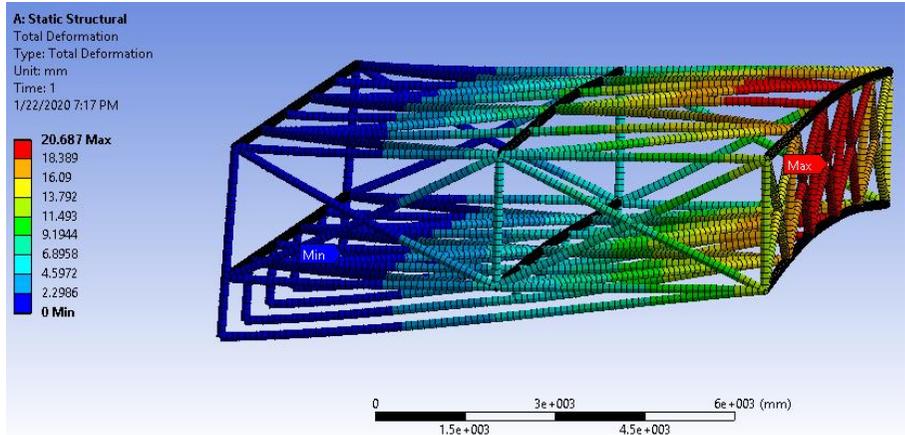


Gambar 4.62 Nilai total deformasi untuk 8 unit *airbags* (18 x 2)  
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 4.520.840,4 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 146,62 mm atau 14,6 cm.

#### 4.8.3 Hasil simulasi konstruksi kerangka pada variasi *airbags* 2 (16 x 2)

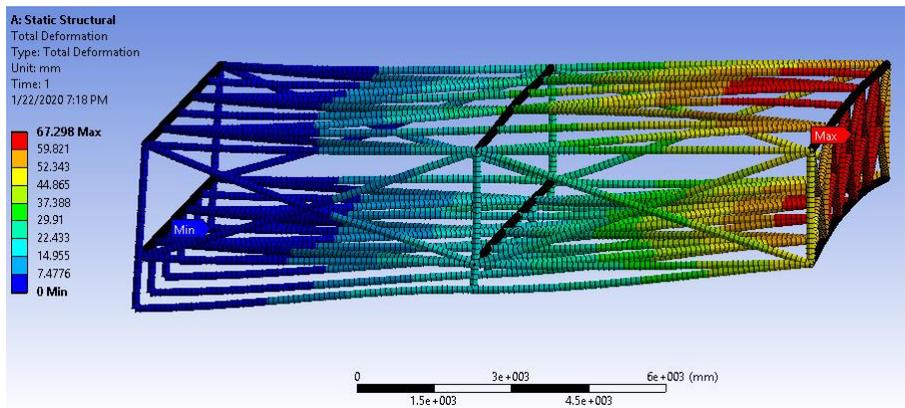
Pada tahapam ini dilakukan simulasi konstruksi kerangka untuk penempatan *airbags* dimana pada variasi 2 *airbags*, perencanaan konstruksi kerangka untuk *airbags* direncanakan pada 4 kondisi jumlah *airbags* yang sesuai dengan perencanaan penyusunan *airbags* pada butir (4.7). Adapun variasi jumlah *airbags* ialah 10 unit *airbags* , 8 unit *airbags* , 6 unit *airbags* dan 4 unit *airbags*. satu *airbags* dibebankan gaya sebesar 505,175,76 N. Pada 10 unit *airbags* beban gaya sebesar 5.051.757,6 newton , pada 8 unit *airbags* beban gaya sebesar 4.041.406,08 newton , pada 6 unit *airbags* beban gaya

sebesar 3.031.054,56 newton dan pada 4 unit *airbags* beban gaya sebesar 2.020.703,04 newton Pada konstruksi menggunakan baja pipa solid dengan diameter direncanakan ialah 15 cm. Dengan metode langkah-langkah diatas pada subab 4.8.1 maka hasil simulasi model sebagai berikut :



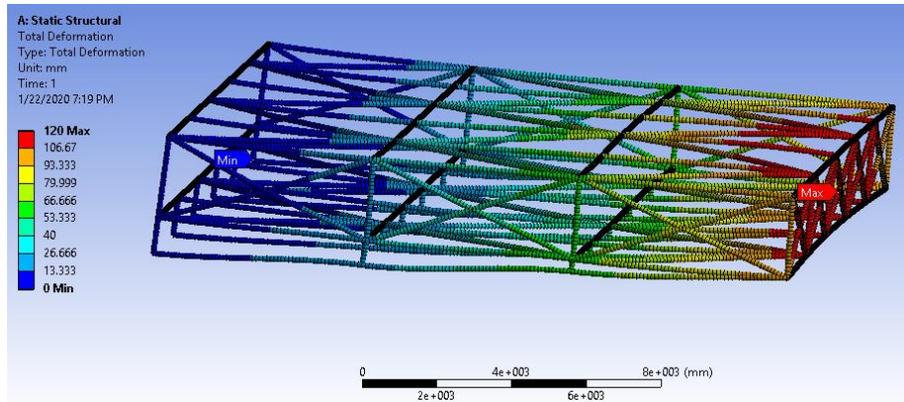
Gambar 4.63 Nilai total deformasi untuk 4 unit *airbags* (16 x 2)

Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 2.020.703,04 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 20,68 mm atau 2 cm.



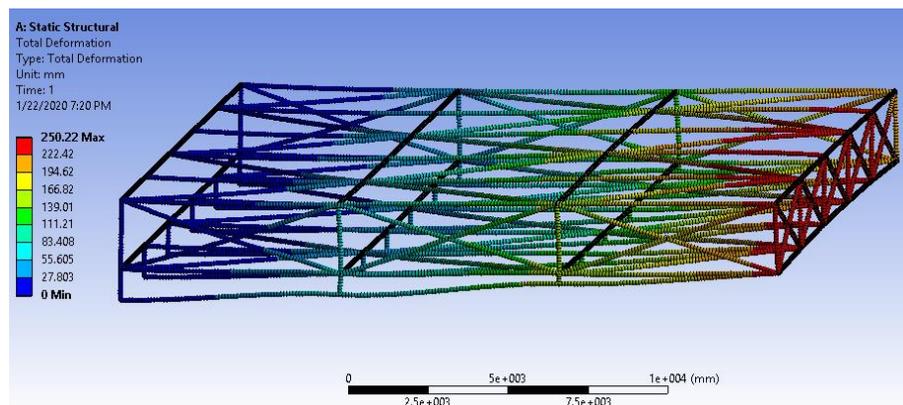
Gambar 4.64 Nilai total deformasi untuk 6 unit *airbags* (16 x 2)

Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 3.031.054,56 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 67,298 mm atau 6,7 cm.



Gambar 4.65 Nilai total deformasi untuk 8 unit *airbags* (16 x 2)

Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 4.041.406,08 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 120 mm atau 12 cm.



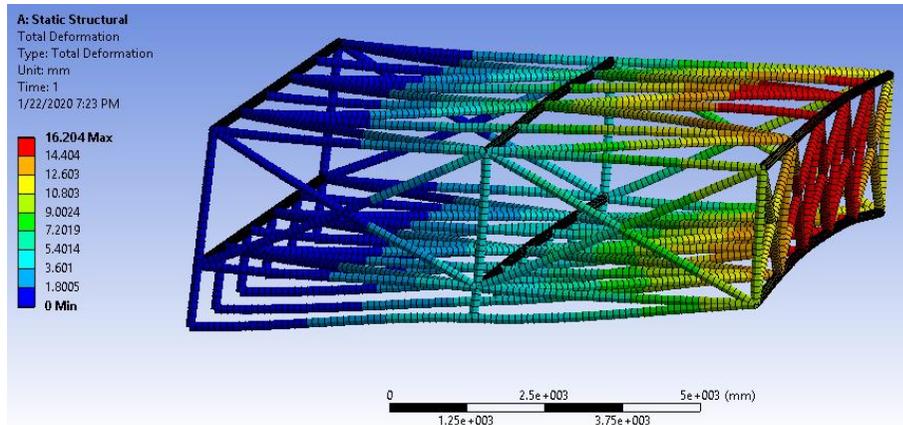
Gambar 4.66 Nilai total deformasi untuk 10 unit *airbags* (16 x 2)

Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 5.051.757,6 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 250,22 mm atau 25 cm.

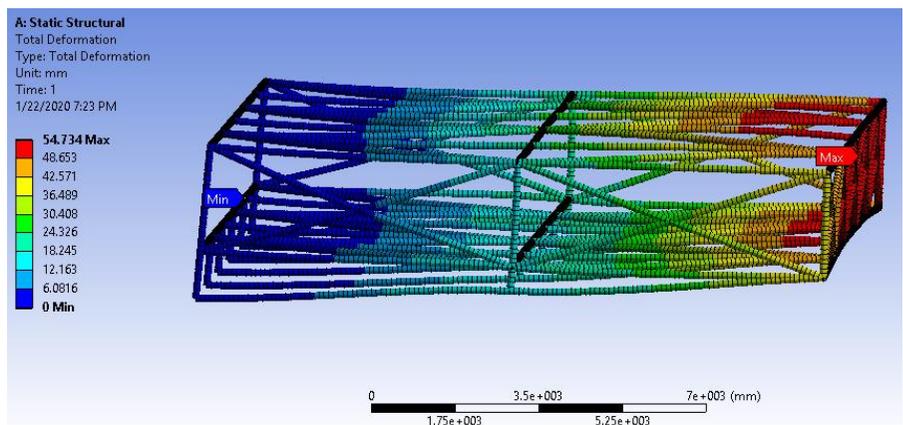
#### 4.8.4 Hasil simulasi konstruksi kerangka pada variasi *airbags* 3 ( 14 x 2)

Pada tahapam ini dilakukan simulasi konstruksi kerangka untuk penempatan *airbags* dimana pada variasi 3 *airbags*, perencanaan konstruksi kerangka untuk *airbags* direncanakan pada 3 kondisi jumlah *airbags* yang sesuai dengan perencanaan penyusunan *airbags* pada butir (4.7). Adapun variasi jumlah *airbags* ialah 8 unit *airbags* , 6 unit *airbags* dan 4 unit *airbags*. satu *airbags* dibebankan gaya sebesar 442.028,79 N sehingga beban gaya pada 8 unit *airbags* beban gaya sebesar 3.536.230,32 newton , pada 6 unit *airbags* beban gaya sebesar 2.652.172,74 newton dan pada 4 unit *airbags* beban gaya

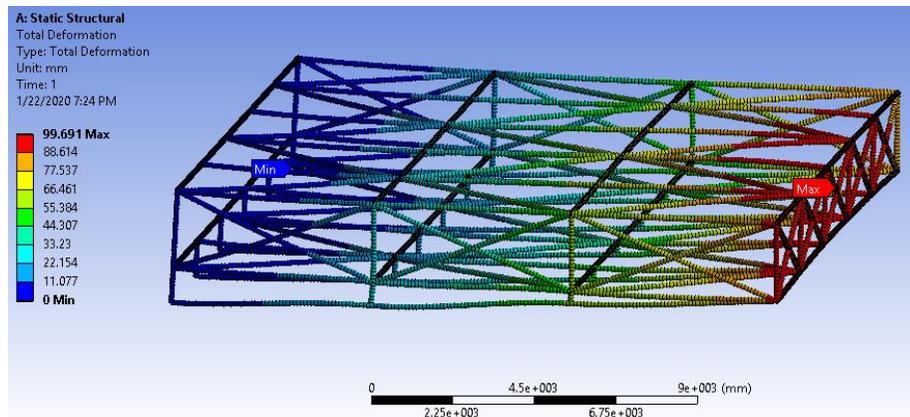
sebesar 1.768.115,16 newton. Pada perencanaan konstruksi menggunakan baja pipa solid dengan diameter direncanakan ialah 15 cm. Dengan metode langkah-langkah diatas pada subab 4.8.1 maka hasil simulasi model sebagai berikut :



Gambar 4.67 Nilai total deformasi untuk 4 unit *airbags* (14 x 2)  
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 1.768.115,16 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 16,20 mm atau 1.62 cm.



Gambar 4.68 Nilai total deformasi untuk 6 unit *airbags* (14 x 2)  
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 2.652.172,74 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 54,73 mm atau 5,47 cm.

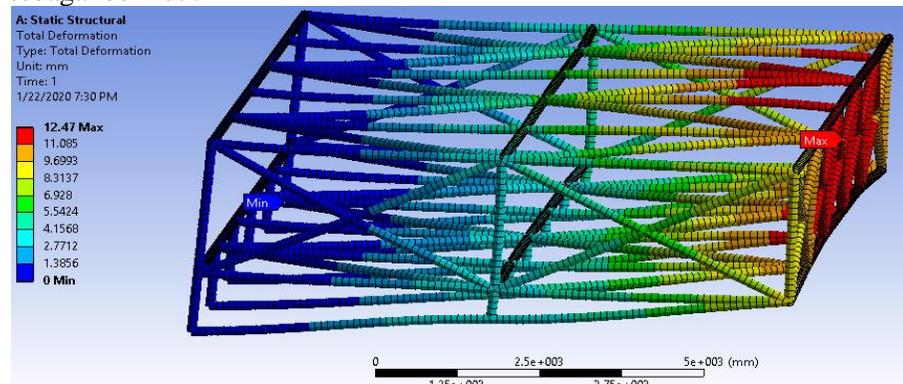


Gambar 4.69 Nilai total deformasi untuk 8 unit *airbags* (14 x 2)

Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui maksimum nilai maksimum total deformasi terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 3.536.230,32 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 99,69 mm atau 9.9 cm.

#### 4.8.5 Hasil simulasi konstruksi kerangka pada variasi *airbags* 4 ( 12 x 2)

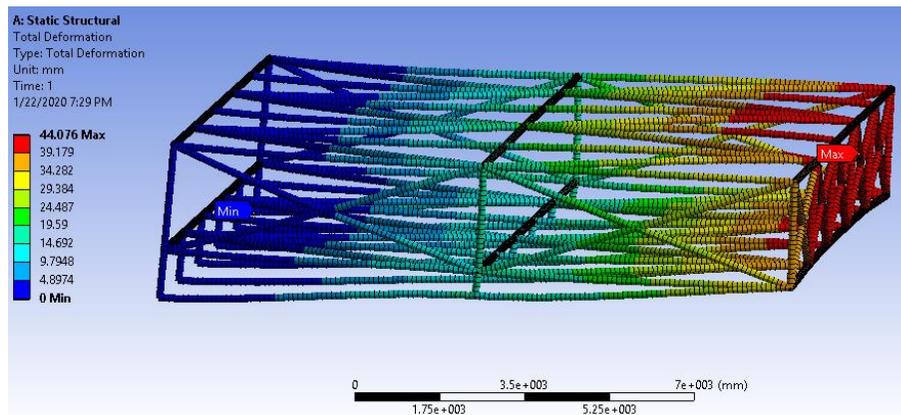
Pada tahapam ini dilakukan simulasi konstruksi kerangka untuk penempatan *airbags* dimana pada variasi 4 *airbags*, perencanaan konstruksi kerangka untuk *airbags* direncanakan pada 3 kondisi jumlah *airbags* yang sesuai dengan perencanaan penyusunan *airbags* pada butir (4.7). Adapun variasi jumlah *airbags* ialah 8 unit *airbags* , 6 unit *airbags* dan 4 unit *airbags*. satu *airbags* dibebankan gaya sebesar 378.881,82 N sehingga beban gaya pada 8 unit *airbags* beban gaya sebesar 3.031.054,56 newton , pada 6 unit *airbags* beban gaya sebesar 2.273.290,92 newton dan pada 4 unit *airbags* beban gaya sebesar 1.515.527,28 newton. Pada perencanaan konstruksi menggunakan baja pipa solid dengan diameter direncanakan ialah 15 cm. Dengan metode langkah-langkah simulasi model pada subab 4.8.1 maka hasil simulasi model sebagai berikut :



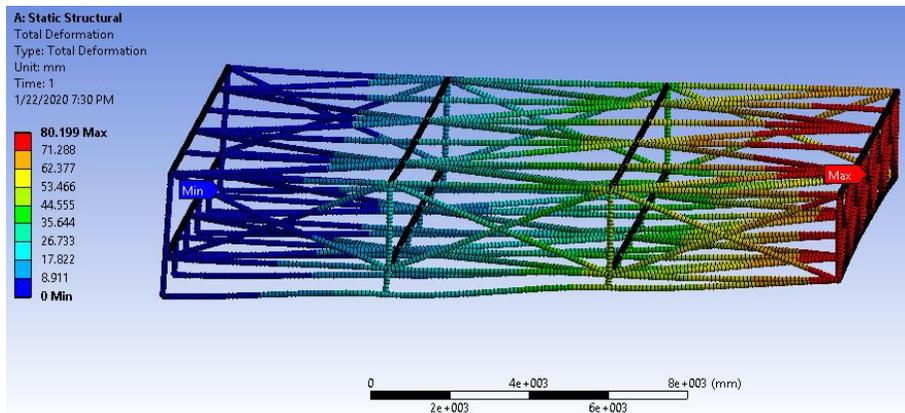
Gambar 4.70 Nilai total deformasi untuk 4 unit *airbags* ( 12 x 2)

Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar

1.515.527,28 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 12,47 mm atau 1.2 cm.



Gambar 4.71 Nilai total deformasi untuk 6 unit *airbags* ( 12 x 2)  
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 2.273.290,92 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 44,076 mm atau 4,4 cm.



Gambar 4.72 Nilai total deformasi untuk 8 unit *airbags* ( 12 x 2)  
Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui nilai maksimum total deformasi yang terjadi pada konstruksi tersebut dengan gaya pembebanan sebesar 3.031.054,56 N maka maksimum deformasi yang terjadi ialah sebesar 80,199 mm atau 8,01 cm.

## 4.9 Analisa data / analisa akhir

### 4.9.1 Analisa pemilihan kompresor

Jika melihat dari pada butir Tabel 4.23 hasil perhitungan kompresor berdasarkan kapasitas, daya dan tekanan , terlihat bahwa jika kapasitas yang direncanakan besar maka tekanan pada kompresor dan juga daya pada

kompresor juga akan besar. Besarnya kapasitas ini ditentukan oleh volume dari *airbag* dan lama waktu yang direncanakan untuk mensuplai udara bertekanan ke *airbag* tersebut dimana ini terlihat pada Tabel 4.23. Pada perhitungan butir 4.4 perencanaan pemilihan kompresor terlihat bahwa volume variasi tiap *airbags* berbeda dan waktu yang direncanakan sama yaitu 20 menit untuk mensuplai udara bertekanan pada 1 *airbags*. Jika melihat pada Tabel 4.23 setiap variasi *airbags* memiliki volume yang berbeda pada variasi 1 *airbags* dengan volume 50,25 m<sup>3</sup> memiliki kapasitas yang besar dibandingkan dengan variasi 4 *airbags* pada volume 37,68 m<sup>3</sup> perbedaan ini terjadi akibat volume yang direncanakan untuk mensuplai udara bertekanan pada *airbags* ini berbeda. Sehingga dari perbedaan kapasitas akan mempengaruhi hasil dari tekanan dan juga daya, semakin besar kapasitas maka tekanan dan daya nya juga akan semakin besar begitu pun sebaliknya seperti terlihat pada Tabel 4.23.

#### 4.9.2 Analisa perencanaan *lifting lug*

pada tahap ini dilakukan analisa hasil simulasi *lifting lug* pada tiap-tiap variasi *airbags* apakah melewati batas maksimum *tensile strenght* yang diizinkan atau tidak.

Tabel 4.29 Hasil maksimum *tensile strenght* dari simulasi pada subab 4.5

Variasi <i>airbags</i>	Beban gaya (newton)	Tebal <i>lifting lug</i> (mm)	Hasil simulasi maksimum <i>tensile strenght</i> (Mpa)	Batas maksimum <i>tensile strenght</i> (Mpa)
Variasi 1	188.348,35	19	686,03	710
		16	808,46	710
		12	1039,3	710
Variasi 2	168.391,92	19	613,27	710
		16	722,73	710
		12	929,09	710
Variasi 3	147.342,93	19	536,61	710
		16	632,38	710
		12	812,96	710
Variasi 4	126.293,93	19	459,96	710
		16	542,04	710
		12	696,82	710

1. Dari tabel 4.29 dapat dianalisa pada variasi 1 *airbags* yang tidak melebihi dari *tensile strenght* ialah *lifting lug* ketebalan 19 mm dengan nilai maksimum yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari table atau 640,47 Mpa < 710 Mpa adapun *lifting lug* dengan ketebalan 16 mm dan 12 mm tidak bisa digunakan karena nilai *tensile strenght* yang terjadi pada model tersebut melebihi dari *tensile strenght* yang ada pada tabel, dimana masing-masing nilai maksimum yang terjadi pada ketebalan 16 mm dan juga 12 mm sebesar 808,46 Mpa dan 1039,3 Mpa. Maka yang

dapat digunakan pada perencanaan penelitian ini ialah *lifting lug* dengan ketebalan 19mm.

2. Dari tabel 4.29 dapat dianalisa pada variasi 2 *airbags* yang tidak melebihi dari *tensile strength* ialah *lifting lug* ketebalan 19 mm dengan nilai maksimum yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari table atau  $613,27 \text{ Mpa} < 710 \text{ Mpa}$  adapun *lifting lug* ketebalan 16 mm dan 12 mm tidak bisa digunakan karena nilai maksimum *stress* yang terjadi pada model tersebut melebihi dari *tensile strength* yang ada pada tabel dimana nilai maksimum yang terjadi pada ketebalan 16 mm dan 12 mm sebesar  $722,73 \text{ Mpa}$  dan  $929,09 \text{ Mpa}$ . Maka yang dapat digunakan pada perencanaan penelitian ini ialah *lifting lug* dengan ketebalan 19mm.
3. Dari tabel 4.29 dapat dianalisa pada variasi 3 *airbags* yang tidak melebihi dari *tensile strength* ialah *lifting lug* ketebalan 19 mm dengan nilai maksimum yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari table atau  $536,61 \text{ Mpa} < 710 \text{ Mpa}$  dan juga *lifting lug* ketebalan 16 mm dengan nilai maksimum yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari table atau  $632,38 \text{ Mpa} < 710 \text{ Mpa}$  adapun *lifting lug* ketebalan 12 mm tidak bisa digunakan karena nilai maksimum *stress* yang terjadi pada model tersebut melebihi dari *tensile strength* yang ada pada tabel dimana nilai maksimum yang terjadi pada ketebalan 12 mm sebesar  $812,96 \text{ Mpa}$ . Maka yang dapat digunakan pada perencanaan penelitian ini ialah *lifting lug* dengan ketebalan 19mm dan 16mm
4. Dari tabel 4.29 dapat dianalisa pada variasi 4 *airbags* yang tidak melebihi dari *tensile strength* ialah *lifting lug* ketebalan 19 mm dengan nilai maksimum yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari table atau  $459,96 \text{ Mpa} < 710 \text{ Mpa}$  ,juga *lifting lug* ketebalan 16 mm dengan nilai maksimum yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari table atau  $542,04 \text{ Mpa} < 710 \text{ Mpa}$  dan *lifting lug* ketebalan 12 mm dengan nilai maksimum yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari table atau  $696,82 \text{ Mpa} < 710 \text{ Mpa}$ . Maka yang dapat digunakan pada perencanaan penelitian ini ialah *lifting lug* dengan ketebalan 19mm , 16mm dan 12mm

Dari hasil simulasi pada Tabel 4.29 dapat dianalisa bahwa semakin tebal *lifting lug* yang direncanakan maka hasil dari *tensile strength* akan kecil dan jika semakin kecil ketebalan dari *lifting lug* yang direncanakan maka hasil *tensile strength* akan besar ketika beban gaya yang terjadi adalah tetap. Sehingga perencanaan *lifting lug* harus direncanakan sesuai dengan beban gaya yang terjadi dan juga memperhitungkan ketebalan dari *lifting lug* tersebut.

#### 4.9.3 Analisa *wire rope* dan *wire clips*

Jika melihat hasil pemilihan *wire rope* pada table 4.26 maka dapat dianalisa yaitu bahwa semakin besar gaya pembebanan yang terjadi, maka diameter *wire rope* yang dipilih juga besar, dimana pemilihan *wire rope* disini dilihat berdasarkan nilai *minimum breaking force* semakin besar gaya pembebanan yang terjadi maka nilai *minimum breaking force* juga harus lebih besar dari

gaya pembebanan tersebut, ini dimaksudkan agar ketika *wire rope* tersebut menerima gaya pembebanan maksimum maka *wire rope* tersebut tidak akan putus. Untuk pemilihan perencanaan *wire rope* pada table 4.26 bahwa *wire rope* dengan yang dipilih aman dan sesuai dikarenakan nilai *minimum breaking force* lebih besar dibandingkan dengan gaya pembebanan yang terjadi. Untuk pemilihan *wire clip* sendiri ini dipilih berdasarkan dari diameter *wire rope* yang sebelumnya telah dipilih dimana diameter awal dikali 2 dikarenakan untuk mengikat atau mengunci kedua *wire rope* , semakin besar diameter *wire rope* maka akan besar juga *wire clip* yang akan dipilih.

#### 4.9.4 Analisa konstruksi kerangka untuk *airbags*

Pada tahap ini dilakukan analisa dari perencanaan desain konstruksi kerangka baja yang digunakan untuk penempatan *airbags* jika *airbags* tersebut tidak menggunakan *lifting lug* serta *wire rope* dimana fungsi perencanaan konstruksi kerangka baja ini dimaksudkan agar posisi *airbags* tetap atau tidak bergerak , ketika *airbags* yang dibutuhkan cukup banyak serta menggunakan *wire rope* dan *lifting lug* sebagai pengikat antara kapal dan *airbags* maka sistem perencanaan pemasangan ini tidak bisa digunakan, mengingat sifat *wire rope* ini fleksibel sehingga ini akan membuat *airbags* akan bergerak atau tidak stabil pada posisinya sehingga akan menumpuk dengan *airbags* lainnya, sehingga perlunya perencanaan konstruksi kerangka baja sebagai penempatan *airbags* dengan tebal batang baja direncanakan 15 cm. Pada butir 4.8 telah dilakukan perencanaan desain konstruksi kerangka baja dan simulasi beban dimana hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.30 Total deformasi yang terjadi pada konstruksi kerangka baja

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah unit <i>airbags</i>	Gaya pembebanan (newton)	Total deformasi (mm)
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	4	2.260.420,2	20,20
	6	3.390.630,3	81,29
	8	4.520.840,4	146,6
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	4	2.020.703,04	20,68
	6	3.031.054,56	67,29
	8	4.041.406,08	120
	10	5.051.757,6	250,22
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	4	1.768.115,16	16,20
	6	2.652.172,74	54,73
	8	3.536.230,32	99,6
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	4	1.515.527,28	12,47
	6	2.273.290,92	44,07
	8	3.031.054,56	80,19

Dari hasil simulasi pada konstruksi kerangka baja maka didapatkan total hasil deformasi yang terjadi seperti pada Tabel 4.30 . Total deformasi terbesar pada

konstruksi kerangka baja terjadi pada variasi 2 *airbags* dengan perencanaan 10 unit *airbags* total deformasi terjadi sebesar 250,22 mm sedangkan untuk total deformasi terkecil pada konstruksi kerangka baja terjadi pada variasi 4 *airbags* dengan perencanaan 4 units *airbags* total deformasi terjadi 12,47 mm. Terjadinya perbedaan total deformasi ini diakibatkan karena pengaruh jumlah *airbags* dan juga gaya pembebanan yang terjadi, semakin banyak jumlah *airbags* maka gaya pembebanan juga akan besar sehingga akan membuat total deformasi pada keangka baja tersebut juga akan besar.

#### 4.9.5 Analisa jumlah kebutuhan *airbags*

Untuk mengetahui apakah *airbags* yang direncanakan dapat mengapungkan kapal atau tidak dapat dilihat dari total gaya apung *airbags* dimana jika ini dikatakan berhasil maka total gaya apung *airbags* haruslah lebih besar dibandingkan gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal.

Tabel 4.31 Hasil gaya apung *airbags* dan gaya apung dibutuhkan kapal sampai garis sarat penuh kapal tanpa *floating crane*

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Gaya apung total <i>airbags</i> (newton)	Gaya apung yang dibutuhkan untuk kapal (newton)
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	151	85.330.862,6	84.785.868
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	168	84.869.527,7	84.785.868
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	193	85.311.556,5	84.785.868
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	224	84.869.527,7	84.785.868

Tabel 4.32 Hasil gaya apung *airbags* dan gaya apung dibutuhkan kapal sampai garis sarat penuh kapal dengan *floating crane*

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Gaya apung total <i>airbags</i> (newton)	Gaya apung yang dibutuhkan untuk kapal (newton)
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	124	70.073.026,2	70.070.814
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	139	70.219.430,6	70.070.814
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	159	70.282.577,6	70.070.814
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	185	70.093.136,7	70.070.814

Tabel 4.33 Hasil gaya apung *airbags* dan gaya apung dibutuhkan kapal sampai *main deck* tanpa *floating crane*

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Gaya apung total <i>airbags</i> (newton)	Gaya apung yang dibutuhkan untuk kapal (newton)
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	49	27.690.147,5	27.379.710
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	55	27.784.666,8	27.379.710
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	62	27.405.785	27.379.710
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	73	27.658.372,9	27.379.710

Tabel 4.34 Hasil gaya apung *airbags* dan gaya apung dibutuhkan kapal sampai *main deck* dengan *floating crane*

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Gaya apung total <i>airbags</i> (newton)	Gaya apung yang dibutuhkan untuk kapal (newton)
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	23	12.997.412,2	12.644.710
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	25	12.659.394	12.644.710
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	29	12.818.834,9	12.644.710
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	34	12.881.981,9	12.644.710

Kebutuhan jumlah *airbags* jika untuk mengapungkan kapal, maka total gaya apung dari *airbags* haruslah lebih besar dibandingkan dengan gaya apung yang dibutuhkan kapal. Dari perhitungan yang sebelumnya telah dilakukan, maka didapatkan hasil gaya apung *airbags* dan gaya apung yang dibutuhkan kapal untuk mengapungkan kapal sampai sarat penuh atau sampai *main deck* data tersebut terlihat pada Tabel 4.30 sampai 4.33. Dari hasil data tersebut dapat dianalisa bahwa kebutuhan atau jumlah *airbags* yang direncanakan pada tiap variasi *airbags* untuk mengapungkan kapal itu cukup atau bisa digunakan untuk mengapungkan kapal sampai sarat penuh atau sampai *main deck* kapal, hal ini dikarenakan gaya apung total *airbags* lebih besar dibandingkan dengan gaya apung yang dibutuhkan oleh kapal terlihat pada Tabel 4.30 - 4.33. Jika melihat dari jumlah *airbags* pada tiap masing-masing variasi *airbags* untuk mengapungkan kapal sampai sarat penuh atau sampai *main deck* ini memiliki perbedaan jumlah, hal ini dikarenakan dimensi dari *airbags* yang dipilih berbeda, perbedaan dimensi *airbags* ini akan berpengaruh terhadap besarnya gaya apung pada *airbags*. Sebagai contoh terlihat pada Tabel 4.33 pada variasi 1 *airbags* volume nya adalah 56,52 m<sup>3</sup>

dan jumlah *airbags*nya adalah sebanyak 23 unit. Jika dibandingkan pada variasi 2 *airbags* volumenya adalah 50,24 m<sup>3</sup> jumlah *airbags* yang dibutuhkan untuk mengapungkan kapal sebanyak 25 unit atau semakin banyak hal ini dikarenakan semakin besar dimensi *airbags* maka akan semakin besar gaya apung pada *airbags* tersebut sehingga kebutuhan jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal juga akan semakin sedikit, begitupun sebaliknya semakin kecil dimensi *airbags* nya maka akan semakin kecil pula gaya apung pada *airbags* tersebut, sehingga kebutuhan jumlah *airbags* untuk mengapungkan kapal juga akan semakin banyak jika gaya apung yang dibutuhkan pada kapal adalah sama.

Jika dari segi lama waktu yang dibutuhkan untuk mensuplai udara bertekanan pada *airbags* pada tiap variasi *airbags* dan pada tiap kondisi 4 perencanaan pengapungan kapal, maka dapat dilihat pada tabel 4.35 sampai 4.38:

Tabel 4.35 Total waktu untuk mensuplai udara pada kondisi sampai sarat penuh tanpa *floating crane*

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Jumlah kompresor yang direncanakan	Waktu mensuplai udara pada 1 <i>airbags</i>	Total waktu yang dibutuhkan	
				Menit	jam
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	151	2	20	1510	25,2
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	168	2	20	1680	28,0
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	193	2	20	1930	32,2
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	224	2	20	2240	37,3

Tabel 4.36 Total waktu untuk mensuplai udara pada kondisi sampai sarat penuh dengan *floating crane*

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Jumlah kompresor yang direncanakan	Waktu mensuplai udara pada 1 <i>airbags</i>	Total waktu yang dibutuhkan	
				Menit	Jam
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	124	2	20	1240	20,7
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	139	2	20	1390	23,2
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	159	2	20	1590	26,5
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	185	2	20	1850	30,8

Tabel 4.37 Hasil Total waktu untuk mensuplai udara pada kondisi sampai *maindeck* tanpa *floating crane*

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Jumlah kompresor yang direncanakan	Waktu mensuplai udara pada 1 <i>airbags</i>	Total waktu yang dibutuhkan	
				Menit	jam
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	49	2	20	490	8,2
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	55	2	20	550	9,2
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	62	2	20	620	10,3
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	73	2	20	730	12,2

Tabel 4.38 Total waktu untuk mensuplai udara pada kondisi sampai *maindeck* dengan *floating crane*

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah <i>airbags</i>	Jumlah kompresor yang direncanakan	Waktu mensuplai udara pada 1 <i>airbags</i>	Total waktu yang dibutuhkan	
				Menit	Jam
Variasi 1 (56,52 m <sup>3</sup> )	23	2	20	230	3,8
Variasi 2 (50,24 m <sup>3</sup> )	25	2	20	250	4,2
Variasi 3 (43,96 m <sup>3</sup> )	29	2	20	290	4,8
Variasi 4 (37,68 m <sup>3</sup> )	34	2	20	340	5,7

Kebutuhan total waktu yang dibutuhkan untuk mensuplai udara bertekanan pada *airbags* pada 4 kondisi perencanaan pengapungan kapal yang berbeda, didapatkan hasil total waktu seperti pada tabel Tabel 4.34 sampai 4.37. Terlihat bahwa semakin banyak jumlah *airbags*, maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mensuplai udara dimana waktu yang direncanakan untuk pengisian 1 *airbags* tiap masing-masing variasi *airbags* sebesar 20 menit atau sama. Untuk total waktu pengisian *airbags* terlama yaitu pada kondisi perencanaan pengapungan kapal sampai garis sarat penuh tanpa *floating crane* dengan variasi *airbags* 4 sebanyak 224 unit dengan total waktu 25,2 jam. Sedangkan untuk total waktu pengisian *airbags* yang paling sedikit yaitu pada kondisi perencanaan pengapungan kapal sampai *main deck* dengan *floating crane* dengan variasi *airbags* 1 sebanyak 23 unit dengan total waktu 3,8 jam

#### 4.9.6 Analisa pengaruh arus laut

arus laut adalah dalam penelitian ini dilakukan variasi kecepatan arus laut yang mungkin terjadi pada saat proses pengangkatan kapal, variasi kecepatan arus disini untuk melihat seberapa besar pengaruh arus tersebut terhadap pengangkatan/ pengapungan kapal baik pada kapal yang diangkat dan juga *floating crane* . Untuk arah datang arus pada penelitian ini hanya dilakukan pada saat kondisi arus datang dari arah depan kapal dan tidak menganalisa pengaruh bangunan atas kapal. Analisa ini dilakukan menggunakan *software maxsurf* untuk mengetahui gaya *drag force* yang terjadi jika arus air laut melewati badan kapal pada saat proses pengapungan / pengangkatan kapal. Dari hasil simulasi dan analisa *software maxsurf* didapatkan data *drag force* sebesar pada tabel dibawah ini :



Gambar 4.73 Arah datang arus air laut pada kapal

Tabel 4.39 Data *drag force*

Varisi kecepatan arus		Hasil <i>drag force</i>	
Knot	m/s	Newton	KN
0	0	0	0
0.05	0.03	5.55	0.01
0.10	0.05	19.67	0.02
0.15	0.08	41.44	0.04
0.20	0.10	70.47	0.07
0.24	0.13	106.53	0.11
0.29	0.15	149.45	0.15
0.34	0.18	199.13	0.20
0.39	0.20	255.47	0.26
0.44	0.23	318.39	0.32
0.49	0.25	387.86	0.39
0.54	0.28	463.81	0.46
0.59	0.30	546.23	0.55
0.63	0.33	635.07	0.64
0.68	0.35	730.32	0.73
0.73	0.38	831.97	0.83
0.78	0.40	939.99	0.94
0.83	0.43	1054.37	1.05

Varisi kecepatan arus		Hasil <i>drag force</i>	
Knot	m/s	Newton	KN
0.88	0.45	1175.12	1.18
0.93	0.48	1302.22	1.30
0.98	0.50	1435.67	1.44
1.02	0.53	1575.47	1.58
1.07	0.55	1721.62	1.72
1.12	0.58	1874.11	1.87
1.17	0.60	2032.96	2.03
1.22	0.63	2198.16	2.20
1.27	0.65	2369.72	2.37
1.32	0.68	2547.65	2.55
1.37	0.70	2731.93	2.73
1.41	0.73	2922.59	2.92
1.46	0.75	3119.63	3.12
1.51	0.78	3323.05	3.32
1.56	0.80	3532.86	3.53
1.61	0.83	3749.06	3.75
1.66	0.85	3971.66	3.97
1.71	0.88	4200.67	4.20
1.76	0.90	4436.09	4.44
1.80	0.93	4677.92	4.68
1.85	0.95	4926.18	4.93
1.90	0.98	5180.86	5.18
1.95	1.00	5441.97	5.44

Sehingga dari data *drag force* yang telah diketahui maka dapat dihitung kecepatan perpindahan kapal yang diapungkan akibat adanya pengaruh arus air laut dengan kecepatan arus air laut terus menerus terjadi pada badan kapal menggunakan Formula sebagai berikut :

$$V = \frac{Fxt}{m}$$

Keterangan :

V = kecepatan perpindahan kapal (m/s)

F = *drag force*

t = Waktu

m = massa kapal

Dengan rumus yang sama, untuk kecepatan perpindahan kapal pada variasi arus laut terlihat pada tabel 4.40 dibawah ini :

Tabel 4.40 pengaruh arus air laut

Variasi kecepatan arus		Hasil <i>drag force</i>		kecepatan perpindahan kapal (m/s)	Perpindahan kapal (meter)	
KN	M/S	(Newton)	KN		selama 1 jam	selama 2 jam
0	0	0	0	0	0	0
0.05	0.03	5.55	0.01	0.000002	0.01	0.01
0.10	0.05	19.67	0.02	0.000007	0.03	0.05
0.15	0.08	41.44	0.04	0.000015	0.05	0.11
0.20	0.10	70.47	0.07	0.000025	0.09	0.18
0.24	0.13	106.53	0.11	0.000038	0.14	0.27
0.29	0.15	149.45	0.15	0.000054	0.19	0.39
0.34	0.18	199.13	0.20	0.000071	0.26	0.51
0.39	0.20	255.47	0.26	0.000092	0.33	0.66
0.44	0.23	318.39	0.32	0.000114	0.41	0.82
0.49	0.25	387.86	0.39	0.000139	0.50	1.00
0.54	0.28	463.81	0.46	0.000166	0.60	1.20
0.59	0.30	546.23	0.55	0.000196	0.70	1.41
0.63	0.33	635.07	0.64	0.000228	0.82	1.64
0.68	0.35	730.32	0.73	0.000262	0.94	1.88
0.73	0.38	831.97	0.83	0.000298	1.07	2.15
0.78	0.40	939.99	0.94	0.000337	1.21	2.42
0.83	0.43	1054.37	1.05	0.000378	1.36	2.72
0.88	0.45	1175.12	1.18	0.000421	1.52	3.03
0.93	0.48	1302.22	1.30	0.000467	1.68	3.36
0.98	0.50	1435.67	1.44	0.000514	1.85	3.70
1.02	0.53	1575.47	1.58	0.000564	2.03	4.06
1.07	0.55	1721.62	1.72	0.000617	2.22	4.44
1.12	0.58	1874.11	1.87	0.000671	2.42	4.83
1.17	0.60	2032.96	2.03	0.000728	2.62	5.24
1.22	0.63	2198.16	2.20	0.000788	2.84	5.67
1.27	0.65	2369.72	2.37	0.000849	3.06	6.11
1.32	0.68	2547.65	2.55	0.000913	3.29	6.57
1.37	0.70	2731.93	2.73	0.000979	3.52	7.05
1.41	0.73	2922.59	2.92	0.001047	3.77	7.54
1.46	0.75	3119.63	3.12	0.001118	4.02	8.05
1.51	0.78	3323.05	3.32	0.001191	4.29	8.57

Variasi kecepatan arus		Hasil <i>drag force</i>		kecepatan perpindahan kapal (m/s)	Perpindahan kapal (meter)	
KN	M/S	(Newton)	KN		selama 1 jam	selama 2 jam
1.56	0.80	3532.86	3.53	0.001266	4.56	9.11
1.61	0.83	3749.06	3.75	0.001343	4.84	9.67
1.66	0.85	3971.66	3.97	0.001423	5.12	10.25
1.71	0.88	4200.67	4.20	0.001505	5.42	10.84
1.76	0.90	4436.09	4.44	0.001589	5.72	11.44
1.80	0.93	4677.92	4.68	0.001676	6.03	12.07
1.85	0.95	4926.18	4.93	0.001765	6.35	12.71
1.90	0.98	5180.86	5.18	0.001856	6.68	13.37
1.95	1.00	5441.97	5.44	0.001950	7.02	14.04

Dari Tabel 4.40 pengaruh arus air laut terhadap kapal yang diangkat dapat dianalisa bahwa jika arus air laut yang datang dari depan kapal secara horizontal, maka akan terjadi perpindahan pada kapal tersebut secara horizontal pula, hal ini terjadi dikarenakan terdapat gaya *drag force* yang terjadi pada badan kapal tersebut. Semakin besar arus laut yang melalui badan kapal/menumbuk kapal maka akan semakin besar gaya dorong yang terjadi pada kapal tersebut, sehingga kapal akan berpindah dari posisi semula dengan catatan kapal ini pada posisi melayang atau tidak berada didasar laut. Untuk nilai perpindahan terbesar terjadi pada arus air laut 1m/s dengan kecepatan perpindahan kapal yang terjadi sebesar 0,00190 m/s sehingga jika kapal terus menerus mengalami pengaruh arus airlaut selama 1 jam maka kapal dapat berpindah secara horizontal sejauh 7,02 meter , sedangkan untuk nilai Untuk nilai perpindahan terkecil terjadi pada arus air laut 0,03m/s dengan kecepatan perpindahan kapal yang terjadi sebesar 0.000002m/s sehingga jika kapal terus menerus mengalami pengaruh arus airlaut selama 1 jam maka kapal dapat berpindah secara horizontal sejauh 0.01 meter. Sedangkan pengaruh arus air laut untuk *floating crane* pengaruhnya terjadi pada *wire rope floating crane* yang digunakan , dimana kekuatan *wire rope* harus bisa menahan beban kapal yang diangkat dan juga harus bisa menahan *drag force* yang terjadi pada kapal yang diangkat dimana nilai *drag force* terbesar terjadi pada arus air laut dengan kecepatan 1m/s sebesar 5,44 KN. Selain pengaruh terhadap *wire rope* pengaruh lainnya ialah pada rangkai jangkar, dimana fungsi *floating crane* selain digunakan untuk membantu pengangkatan kapal, juga digunakan untuk menahan agar kapal yang diangkat tidak berpindah karena pengaruh arus laut, sehingga perlunya jangkar agar *floating crane* tetap pada posisinya sehingga rantai jangkar harus bisa mampu menahan *drag force* pada kapal yang diangkat dengan nilai terbesar yaitu 5,44 KN. Hal ini perlu diketahui agar *wire rope* dan rantai jangkar tidak putus akibat penambahan *drag force* yang terjadi akibat pengaruh arus air laut.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan dan analisa yang sebelumnya dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Untuk kebutuhan jumlah *airbgas* yang dibutuhkan pada penelitian kali ini pada 4 kondisi perencanaan pengapungan kapal didapatkan bahwa Jumlah kebutuhan *airbags* terbesar yaitu pada kondisi perencanaan pengapungan kapal sampai sarat penuh tanpa *floating crane* dengan jumlah *airbags* sebanyak 224 unit pada variasi 4 *airbag*, sedangkan jumlah kebutuhan *airbags* terkecil terjadi pada kondisi perencanaan pengapungan kapal sampai *main deck* dengan *floating crane* dengan jumlah *airbags* sebanyak 23 unit pada variasi 1 *airbag* dimana data ini terlihat pada Tabel 5.1 dibawah ini :

Tabel 5.1 jumlah kebutuhan *airbags*

Variasi <i>airbags</i> (m <sup>3</sup> )	Jumlah kebutuhan <i>airbags</i> untuk mengapungkan kapal sampai garis sarat penuh kapal		Jumlah kebutuhan <i>airbags</i> untuk mengapungkan kapal sampai <i>main deck</i> kapal	
	Tanpa <i>floating crane</i>	Menggunakan <i>floating crane</i>	Tanpa <i>floating crane</i>	Menggunakan <i>floating crane</i>
Variasi 1 (56,52)	151	124	49	23
Variasi 2 (50,24)	168	139	55	25
Variasi 3 (43,96)	193	159	62	29
Variasi 4 (37,68)	224	185	73	34

- b. Untuk hasil perhitungan kompresor yang sesuai pada tiap masing-masing variasi *airbags* didapatkan bahwa total kapasitas, tekanan dan daya kompresor terbesar terjadi variasi 1 *airbag* (56.52 m<sup>3</sup>) dengan nilai kapasitas 169,56 m<sup>3</sup>/h , tekanan 5,86 bar dan daya 12,7 KW sedangkan untuk total kapasitas, tekanan dan daya kompresor terkecil terjadi pada variasi 4 *airbag* (37.68 m<sup>3</sup>) dengan nilai kapasitas 113,04 m<sup>3</sup>/h , tekanan 4,16 bar dan daya 6,8 KW untuk data detail hasil perhitungan kompresor pada tiap variasi *airbags* , terlihat pada Tabel 5.2 :

Tabel 5.2 hasil perhitungan kompresor

Volume <i>airbag</i> (m <sup>3</sup> )	Kapasitas (m <sup>3</sup> /h)	Tekanan (bar)	Jenis kompresor	Tingkat kompresi	Daya (Kw)
56.52	169,56	5,86	Reciprocating	Single / two stage	12,7
50,24	150,72	5,26	Reciprocating	Single / two stage	10,6
43.96	131,88	4,73	Reciprocating	Single / two stage	8,6
37.68	113,04	4,16	Reciprocating	Single / two stage	6,8

- c. Untuk hasil perencanaan desain *lifting lug* dan simulasi serta analisa pembebanan pada perencanaan desain *lifting lug* diketahui bahwa nilai maksimum *tensile strenght* terbesar terjadi pada variasi *airbag* 1 ( $56,52 \text{ m}^3$ ) dengan nilai 1039,3 Mpa pada ketebalan 12mm , sedangkan untuk nilai maksimum *tensile strenght* terkecil terjadi pada variasi *airbag* 4 ( $37,68 \text{ m}^3$ ) dengan nilai 459,96 Mpa pada ketebalan 19mm. Untuk detail nilai *tensile strenght* pada tiap variasi ketebalan *lifting lug* dan pada variasi *airbags* ini terlihat pada tabel 5.3:

Tabel 5.3 perencanaan desain *lifting lug*

Variasi airbags ( $\text{m}^3$ )	Tebal <i>lifting lug</i> (mm)	Hasil maksimum <i>tensile strenght</i> (Mpa)
Variasi 1 (56,52 )	19	686,03
	16	808,46
	12	1039,3
Variasi 2 (50,24 )	19	613,27
	16	722,73
	12	929,09
Variasi 3 (43,96 )	19	536,61
	16	632,38
	12	812,96
Variasi 4 (37,68 )	19	459,96
	16	542,04
	12	696,82

Untuk hasil pemilihan *wire rope* dan *wire clip* didapatkan bahwa pemilihan *wire rope* dan *wire clip* diameter terbesar terjadi pada variasi *airbag* 1 ( $56,52 \text{ m}^3$ ) dengan diameter sebesar 14mm dan 28-30mm dan diameter tekecil terjadi pada variasi *airbag* 4 ( $37,68 \text{ m}^3$ ) dengan diameter sebesar 11mm dan 22mm untuk detail *wire rope* dan *wire clip* yang dipilih pada tiap masing-masing variasi *airbags* ini terlihat pada tabel 5.4 :

Tabel 5.4 Pemilihan *wire rope* dan *wire clip*

Variasi airbags ( $\text{m}^3$ )	<i>wire rope</i> yang dipilih		<i>Wire clip</i> yang dipilih	
	Diameter (mm)	MBF (KN)	No <i>wire clips</i> G-450	Diameter (mm)
Variasi 1 (56,52 )	14	207	1010257	28-30
Variasi 2 (50,24 )	13	175	1010239	24-26
Variasi 3 (43,96 )	12	150	1010239	24-26
Variasi 4 (37,68 )	11	128	1010211	22

Untuk hasil perencanaan desain konstruksi kerangka didapatkan bahwa desain konstruksi kerangka baja dengan total deformasi terbesar terjadi pada Variasi 2 ( $50,24 \text{ m}^3$ ) untuk 10 unit *airbags* dengan nilai total deformasi sebesar 250,22 mm dan untuk total deformasi terkecil terjadi pada Variasi 4 ( $37,68 \text{ m}^3$ ) untuk 4 unit *airbags* dengan nilai total deformasi sebesar 12,47 mm, untuk detail dari nilai total deformasi pada perencanaan konstruksi kerangka baja pada tiap masing-masing variasi *airbags* ini terlihat pada tabel 5.5 :

Tabel 5.5 Total deformasi konstruksi kerangka baja

Variasi <i>airbags</i>	Jumlah unit <i>airbags</i>	Total deformasi (mm)
Variasi 1 ( $56,52 \text{ m}^3$ )	4	20,20
	6	81,29
	8	146,6
Variasi 2 ( $50,24 \text{ m}^3$ )	4	20,68
	6	67,29
	8	120
	10	250,22
Variasi 3 ( $43,96 \text{ m}^3$ )	4	16,20
	6	54,73
	8	99,6
Variasi 4 ( $37,68 \text{ m}^3$ )	4	12,47
	6	44,07
	8	80,19

- d. Untuk gambar penyusunan *airbags* dilakukan peletakan *airbags* secara merata pada sisi kiri dan kanan lambung kapal, ini dimaksudkan agar ketika proses pengapungan / pengangkatan kapal tidak terjadinya patah pada lambung kapal, untuk gambar penyusunan pada tiap masing-masing penyusunan variasi *airbags* dengan 4 kondisi perencanaan pengangkatan kapal, untuk detail gambar ini terlihat pada sub bab butir 4.7
- e. Dari keseluruhan perhitungan serta analisa yang dilakukan, maka pemilihan *airbag* yang efisien dari waktu dan jumlah ialah variasi *airbag* 1 dengan dimensi *airbag* 18 x 2 meter pada kondisi perencanaan pengapungan kapal sampai *main deck* dengan menggunakan *floating crane*, untuk jumlah *airbags* yang dibutuhkan sebanyak 23 unit dengan lama waktu pengisian udara bertekanan pada *airbags* selama 3,8 jam sedangkan untuk peralatan pendukung lainnya yang sesuai dengan variasi *airbag* 1 ialah *Lifting lug* ketebalan 19mm dengan nilai *tensile strength* maksimum 686,03 Mpa, *wire rope* berdiameter 14mm dengan nilai MBF 207 KN, *wire clip* berdiameter 28-30 mm dan untuk suplai udara menggunakan kompresor jenis *reciprocating two stage* dengan kapasitas  $169,56 \text{ m}^3/\text{h}$ , tekanan 5,86 bar dan daya 12,7 KW.

## 5.2 Saran

1. Penelitian ini tidak memperhitungkan stabilitas pada *floating crane* dan kapal sehingga perlu dikaji lebih dalam hal menganalisa kestabilan kapal dan *floating crane* pada pra dan selama proses salvage berlangsung.
2. Pada penelitian ini tidak memperhitungkan tentang biaya sehingga perlu dilakukan analisa ekonomis untuk melihat efesien mana jika dilihat dari segi biaya operasional dan biaya pengadaan alat atau barang.
3. Pada penelitian ini tidak menganalisa mengenai *welding joint* sehingga perlu dilakukan analisa lebih mengenai *welding joint* antara *lifting lug* dengan kapal dan konstruksi kerangka baja dengan kapal.
4. Penilitan ini tidak mempehitungkan arah arus airlaut yang datang dari arah belakang,samping kiri dan kanan kapal sehingga perlu dilakukan analisa lagi pengaruh arus airlaut dengan memvariasikan arah arus laut yang datang dari belakang , samping kiri dan kanan kapal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiba Faishal yanuar . 2016 “ *Pemilihan Kompresor Pada Instalasi Udara Bertekanan Sistem Pneumatik Hidrolik Di Pressure Tank Line Indoor Pt. Pjb Unit Pembangkit Brantas*”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Awwaluddin , Muhammad dan Purwanta , Edy.2014. *Analisis Statik Support Pemegang Sumber Pada Prototip Pencitraan Peti Kemas Menggunakan Ansys*. Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) – BATAN.
- C.S. Desai Sri Jatno Wirjosoedirjo., *Dasar-dasar Metode Elemen Hingga*, Erlangga, Jakarta, 1996.
- Dasgupta Soumyajit.2019. *Types of Marine Salvage*  
 “<https://www.marineinsight.com/marine-safety/types-of-marine-salvage/>”.(2 Mei 2019)
- Intan A. Mandatr, Koesriant. 2018. “*Aspek-Aspek Yuridis Dalam Salvage (Penyelamatan Kecelakaan Kapal)*” Universitas Dr. Soetomo.
- KNKT.2010.*Analisis Data Kecelakaan Dan Analisis Data Kecelakaan Dan Investigasi Transportasi Laut Investigasi Transportasi Laut Tahun 2007*. Kementrian Perhubungan Republik Indonesia
- Pemerintah Indonesia. 2008. Undang-Undang No. 17 Tahun 2008 pasal 204 ayat 2. *salvage dan pekerjaan bawah air*. Lembaran Negara RI Tahun 2008, Sekretariat Negara. Jakarta
- Primana Sobaruddin Dyan, Armawi Armaidly dan Martono Edhi.2015. *Model Traffic Separation Scheme (TSS) Di Alur Laut Kepulauan Indonesia (AIKI) I Di Selat Sunda Dalam Mewujudkan Ketahanan Wilayah*. Jurnal Ketahanan Nasional, Universitas Gajah Mada.
- Pritchard, Philip J. 2011. *Fox and McDonald’s Introduction to Fluid Mechanics 8th Edition*. John Wiley & sons, inc.
- Sularso., dan Tahara, Haruo. 2000. *Pompa dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. PT. Pradnya Paramita
- Swaminath , Ramamoorthy.2015. *compressed air system*  
 “<https://www.slideshare.net/RamamoorthySwaminath1/chapter-33-compressed-air-system/>”.(9 desember 2019)
- Wildan Firdaus Muhammad dan Supomo Heri. 2018. “*Analisa Risiko Proses Pengapungan Kembali pada Kapal Tenggelam di Perairan Tanjung Perak,*” Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Yan Hong Liu<sup>1</sup>, Yuan Chen<sup>1</sup>, Xing Ling Huang<sup>1</sup>, and Bo Yun Liu<sup>1</sup>. 2015. “*Safety Analysis Methodology in Marine Salvage System Design*,” Naval University of Engineering, Wuhan, Hubei Province, China.

Zilakos Ilias, Chatzidouros Elias & Tsouvalis Nicholas. 2018 . “*An innovative ship salvage concept and its effect on the hull structural respons*,” School of Naval Architecture and Marine Engineering, National Technical University of Athens(NTUA).

## LAMPIRAN

### Detail wire rope

#### Hoisting, Driving, Special Ropes . H 43 (SKZ 8 P)

*Diepa*



8xK7 S-PWRC(K) 2160 B sZ

8xK19 S-PWRC(K) 2160 B sZ

8xK26 S-PWRC(K) 2160 B sZ

Plastic coated steel core, galvanized steel wire, compacted strands, 2160 N/mm<sup>2</sup>, right-hand ordinary lay; non-twisting.

Art.	Rope ø mm	Structure/ load bea- ring wires	RBF kN	MBF kN	WGT 100m ca. kg	Price m CHF
11499	6,0	8x7 / 56	42,9	36,0	14,0	8.40
11501	6,5	8x7 / 56	48,0	40,0	15,0	9.70
11502	7,0	8x19 / 152	61,5	51,7	24,0	11.60
11503	8,0	8x19 / 152	80,4	67,5	32,0	13.40
11504	9,0	8x19 / 152	102,0	85,7	40,0	14.90
11505	10,0	8x19 / 152	126,0	106,0	49,0	16.60
11506	11,0	8x19 / 152	152,0	128,0	60,0	17.90
11507	12,0	8x19 / 152	178,0	150,0	71,0	19.80
11508	13,0	8x19 / 152	208,0	175,0	83,0	22.80
11509	14,0	8x19 / 152	245,0	206,0	98,0	25.90
11510	15,0	8x19 / 152	277,0	233,0	111,0	25.70
11511	19,0	8x26 / 208	449,0	377,0	179,0	32.20

High-strength rope for standard hoisting devices.

#### Abbreviations

**BRUGG** LIFTING

<b>WLL</b>	Working Load Limit (maximum working load in kilogram (kg) or tons (t))
<b>LC</b>	Lashing Capacity (maximum allowable lashing capacity)
<b>WAF</b>	Width Across Flats
<b>MBF</b>	Minimum Breaking Force
<b>RBF</b>	Rated Breaking Force
<b>CA</b>	Cutting Allowance
<b>LF</b>	Load Factor
<b>Structure/ load bearing wires</b>	composition of the rope/ total number of wires
<b>+ / m</b>	price per further meter
<b>Des.</b>	Designation
<b>WGT</b>	Weight
<b>L<sub>B</sub></b>	Belt length
<b>L<sub>E</sub></b>	Effective length on request depending on end fittings
<b>C/S</b>	According to customer specification
<b>O/R</b>	On request

#### Other information

Intermediate lengths on request

Further working loads on request

Intermediate lengths will be billed to the next 1/2 meter

Other parts on request

## Detail wire clip

## WIRE ROPE END FITTINGS



G-450

## Red-U-Bolt® Clip

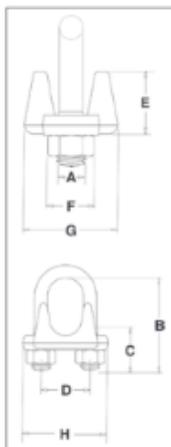
Crosby Clips, all sizes 1/4" and larger meet the performance requirements of Federal Specification FF-C-450E TYPE 1 CLASS 1, except for those provisions required of the contractor. For additional information, see page 452.

- Each base has a Product Identification Code (PIC) for material traceability, the name CROSBY or CG, and a size forged into it.
- Based on the catalog breaking strength of wire rope, Crosby wire rope clips have an efficiency rating of 80% for 1/8" through 7/8" sizes, and 90% for sizes 1" through 3-1/2".
- Entire Clip is Galvanized to resist corrosive and rusting action.
- Sizes 1/8" through 2-1/2" and 3" have forged bases.
- All Clips are individually bagged or tagged with proper application instructions and warning information.
- Clip sizes up through 1-1/2" have rolled threads.
- Meets or exceeds all requirements of ASME B30.26 including identification, ductility, design factor, proof load and temperature requirements. Importantly, these wire rope clips meet other critical performance requirements including fatigue life, impact properties and material traceability, not addressed by ASME B30.26.
- Look for the Red-U-Bolt®, your assurance of Genuine Crosby Clips.

## Forged Wire Rope Clip



## G-450 Crosby Clips



Rope Size (in)	Rope Size (mm)	G-450 Stock No.	Std. Package Qty.	Weight Per 100 (lb)	Dimensions (in)							
					A	B	C	D	E	F	G	H
1/8	3-4	1010015	100	6	.22	.72	.44	.47	.37	.38	.81	.99
3/16	5	1010033	100	10	.25	.97	.56	.59	.50	.44	.94	1.18
1/4	6-7	1010051	100	19	.31	1.03	.50	.75	.66	.56	1.19	1.43
5/16	8	1010079	100	28	.38	1.38	.75	.88	.73	.69	1.31	1.66
3/8	9-10	1010097	100	48	.44	1.50	.75	1.00	.91	.75	1.63	1.94
7/16 - 1/2	11-13	1010131	50	80	.50	1.88	1.00	1.19	1.13	.88	1.91	2.28
9/16 - 5/8	14-16	1010177	50	110	.56	2.25	1.25	1.31	1.34	.94	2.06	2.50
3/4	18-20	1010195	25	142	.62	2.75	1.44	1.50	1.39	1.06	2.25	2.84
7/8	22	1010211	25	212	.75	3.12	1.62	1.75	1.58	1.25	2.44	3.16
1	24-26	1010239	10	252	.75	3.50	1.81	1.88	1.77	1.25	2.63	3.47
1-1/8	28-30	1010257	10	283	.75	3.88	2.00	2.00	1.91	1.25	2.81	3.59
1-1/4	32-34	1010275	10	438	.88	4.44	2.22	2.34	2.17	1.44	3.13	4.13
1-3/8	36	1010293	10	442	.88	4.44	2.22	2.34	2.31	1.44	3.13	4.19
1-1/2	38	1010319	10	544	.88	4.94	2.38	2.59	2.44	1.44	3.41	4.44
1-5/8	41-42	1010337	Bulk	704	1.00	5.31	2.62	2.75	2.66	1.63	3.63	4.75
1-3/4	44-46	1010355	Bulk	934	1.13	5.75	2.75	3.06	2.92	1.81	3.81	5.24
2	48-52	1010373	Bulk	1300	1.25	6.44	3.00	3.38	3.03	2.00	4.44	5.88
2-1/4	56-58	1010391	Bulk	1600	1.25	7.13	3.19	3.88	3.19	2.00	4.56	6.38
2-1/2	62-65	1010417	Bulk	1900	1.25	7.69	3.44	4.13	3.69	2.00	4.69	6.63
** 2-3/4	** 68-72	1010435	Bulk	2300	1.25	8.31	3.56	4.38	4.88	2.00	5.00	6.88
3	75-78	1010453	Bulk	3100	1.50	9.19	3.88	4.75	4.44	2.38	5.31	7.61
** 3-1/2	** 85-90	1010426	Bulk	4000	1.50	10.75	4.50	5.50	6.00	2.38	6.19	8.38

\* Electro-plated U-Bolt and Nuts. \*\* 2-3/4" and 3-1/2" base is made of cast steel.

## Data kapal

**ClassNK** Last update : 29 Oct 2019

Print This Page

Status Certificate Close

---

Classification No. : 973139  
 IMO No. : 9153575  
 Official No. : --  
 Signal Letters : YBRTZ  
 Flag : Indonesia  
 Port of Registry : Jakarta  
 Ship's Name : BAUHINIA  
 Former Name 1 : --

---

Registered Owner 1 : PT. BROTOJOYO MARITIME

Management Company 1 : GOLD BRIDGE SHIPPING LTD.

Classification Characters ,Notations : NS\*(Tm or ob & C II & III)(ESP)  
 MNS\*

Descriptive Notes : --  
Installation Characters : --  
 Installation Descriptive Notes : --  
Special Description : --  
Other Classification : --

---

Type of Ship -Purpose(intended service) : OIL/MOLASSES/CHEMICAL  
 - Certificates - SC/SE/SF : --  
 - OFF : --  
 - EE : --  
 - SMC/ISSC : Oil tanker / Chemical tanker

---

Tonnage Gross (Registered) : 3,734  
 Tonnage Net (Registered) : 1,730  
 Tonnage Gross (Local) : --  
 Tonnage Net (Local) : --  
 Tonnage Gross (TM69) : 3,734  
 Tonnage Net (TM69) : 1,730  
 Deadweight : 5,851

---

Summer Freeboard (mm) : 1,861  
 Summer Draught (m) : 6.664  
 Lf (m) : 93.970  
 Continuous Max. Speed (kt) (Sea Trial) : 14.5  
 Equipment No. : 909

---

Overall Length (m) : 99.900  
 Moulded LxBxD (m) : 93.900 x 16.500 x 8.500  
 Registered LxBxD (m) : 93.970 x 16.500 x 8.500

---

Carpo Capacity (m<sup>3</sup>/No. of Containers, etc.) : L 6,244.00  
 No. of Passengers : --  
Capacity of Tanks (m<sup>3</sup>) : FO 549.00 FW 152.00

---

Lifeboats Type, No. & Person : 1 2x(23)  
Rescue Boats Type, No. & Person : 1 1x(6) (at combined use for lifeboat)  
Liferafts Type, No. & Person : 1 2x(25)  
Radio Installations : GMDSS A1+A2+A3, SSAS  
Navigation Equipment : MC, GYRO, HCS, ECDIS, GPS, RDX, 2RDX, AIS, LOG, ES, STGTEL, DSL, LRIT, BNMWS, S.VDR

---

No. & Kind of Engines : 1DE : 2 SA 6 CY  
 Bore x Stroke (mm) : 350.0 x 1,050.0  
 Power (KW) : 3,883  
 Revolution (rpm) : 210.0  
 Manufacturer : Makita Corporation

---

No. & Kind of Boilers : 1 AUX VB  
 Pressure (MPa) : 0.79  
 Evaporation : 7.43 (ton/h)  
 Manufacturer : Tortoise Engineering Co., Ltd.  
 \*Evaporation rate: Thermal output (KW) to be filled up in case of TOH.

---

No. & Capacity of Generators (KVA) : 3 AC 1,030  
Kind of Propeller Shaft : 1B  
 No. & Shaft Diameter (mm) : 1 x 335

## Redesign lines plan kapal

File Edit View Markers Controls Curves Surfaces Display Data Window Help

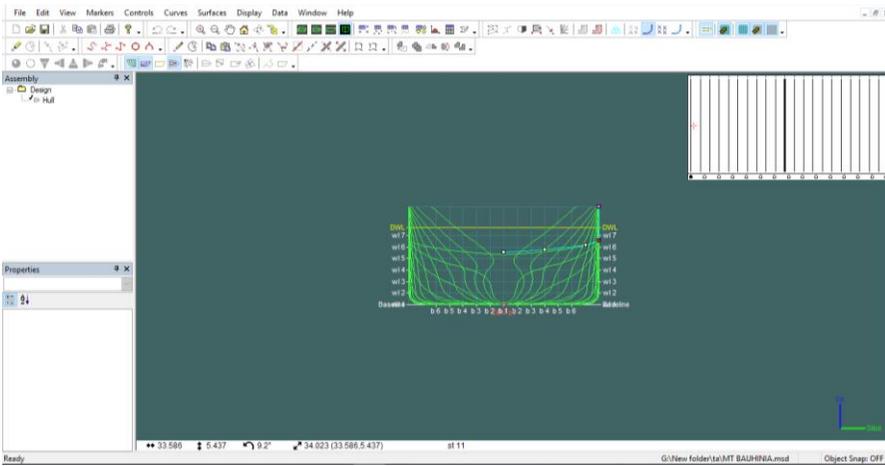
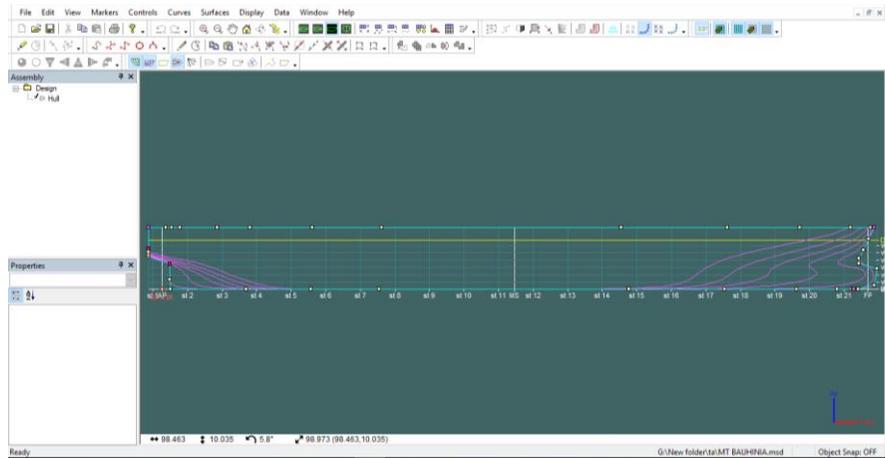
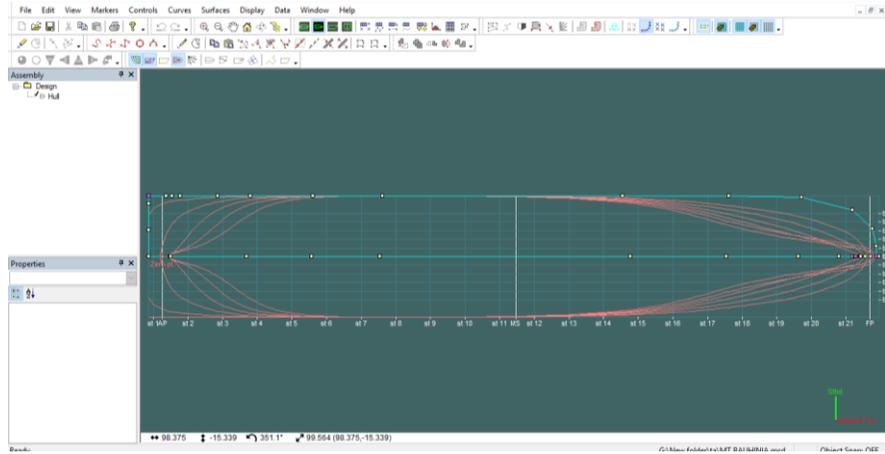
Hydrostatics at DWL

Measurement	Value	Units
1 Displacement	6644	t
2 Volume (displaced)	8433.543	m <sup>3</sup>
3 Draft Amidships	6.664	m
4 Immersed depth	6.664	m
5 WL Length	96.188	m
6 Beam max extents 0	16.500	m
7 Wetted Area	2497.829	m <sup>2</sup>
8 Max sect. area	109.329	m <sup>2</sup>
9 Waterpl. Area	1501.371	m <sup>2</sup>
10 Prismatic coeff. (Cp)	0.786	
11 Block coeff. (Cb)	0.781	
12 Max Sect. area coeff	0.994	
13 Waterpl. area coeff.	0.927	
14 LCB length	43.599	from z
15 LCF length	44.129	from z
16 LCB %	44.403	from z
17 LCF %	44.943	from z
18 KB	3.561	m
19 KG fluid	0.000	m
20 BML	3.698	m
21 BML	129.419	m
22 GML corrected	7.259	m
23 GML	132.900	m
24 KML	7.259	m
25 KML	132.900	m
26 Immersion (TPC)	15.389	tonne/c
27 ITC	119.317	tonne
28 RM at 1deg = GML/D	1095.162	tonne

Density (water) : 1.025 tonne/m<sup>3</sup>

Std. densities : 1.025 tonne/m<sup>3</sup> - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m<sup>3</sup>)

G:\New folder\ta\MT BAUHINIA.msda Object Snap: OFF



*Detail Airbags*



High Pressure Pneumatic Airbags Marine Salvage

Airbags Ship Lifting Airbags 

Type: Salvage Airbag  
 Brand: Deyuan Marine  
 Diameter: Normally 1-2m  
 Length: Normally 5-18m  
 Pressure: High working pressure  
 Certificate: With CCS and IACS class certificate

Effective length (m)	Marine Salvage Airbags Buoyancy (tons) Buoyancy (Tons)				
	D=1M	D=1.2M	D=1.5M	D=1.8M	D=2M
5	3.93	5.65	8.84	12.72	15.71
6	4.71	6.79	10.6	15.27	18.85
7	5.5	7.92	12.37	17.81	21.99
8	6.28	9.05	14.14	20.36	25.13
9	7.07	10.18	15.9	22.9	28.27
10	7.85	11.31	17.67	25.45	31.42
11	8.64	12.44	19.44	27.99	34.56
12	9.42	13.57	21.21	30.54	37.7
13	10.21	14.7	22.97	33.08	40.84
14	11	15.83	24.74	35.63	43.98
15	11.78	16.96	26.51	38.17	47.12
16	12.57	18.1	28.27	40.72	50.27
17	13.35	19.23	30.04	43.26	53.41
18	14.14	20.36	31.81	45.8	56.55

*Detail floating crane*

 **Floating Crane** Home > Products for sale > Floating Crane

**1500 TONS CRANE**

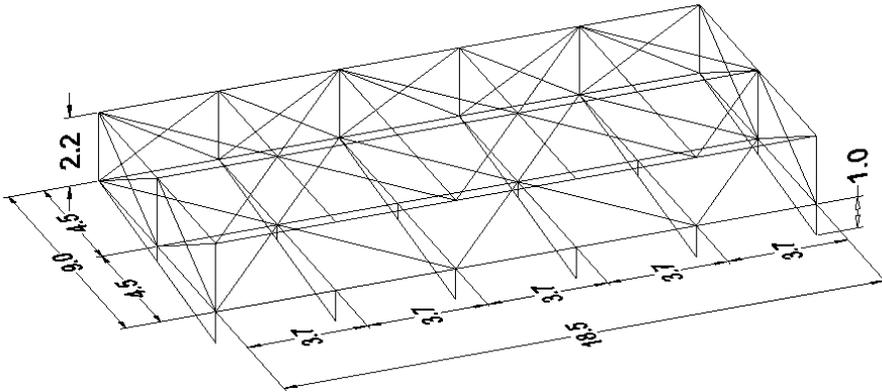


LOA 102.30m Length 102.30m Length of full loading waterline 102.30m Breadth 36.00m Depth 7.50m Light draught 3.57m

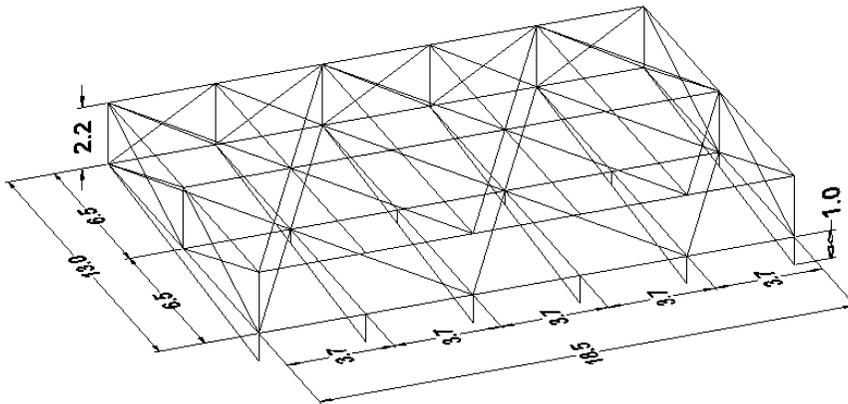
[Send Inquiry](#)

*Detail perencanaan konstruksi kerangka baja*

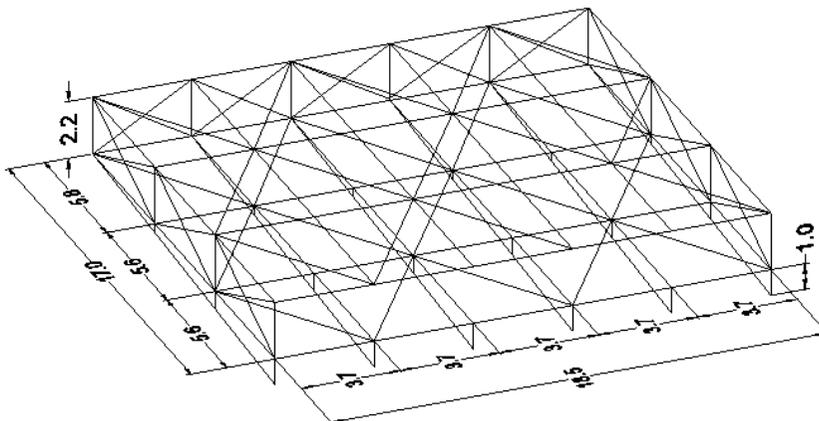
1. Konstruksi kerangka baja variasi 1 airbags 18 x 2 meter
  - Untuk 4 unit *airbags* satuan ukuran meter



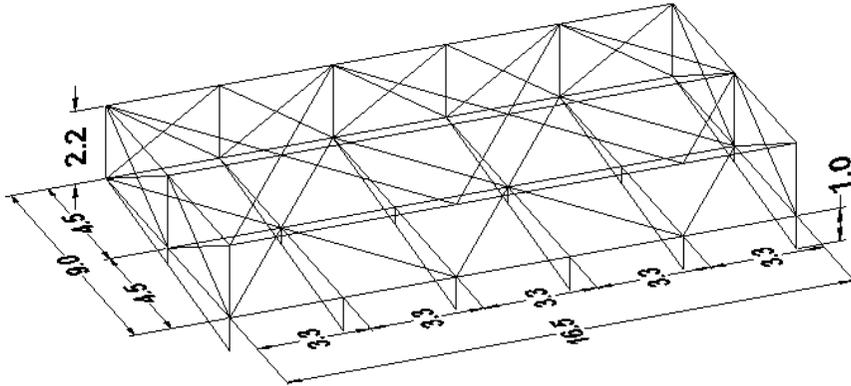
- Untuk 6 unit *airbags* satuan ukuran meter



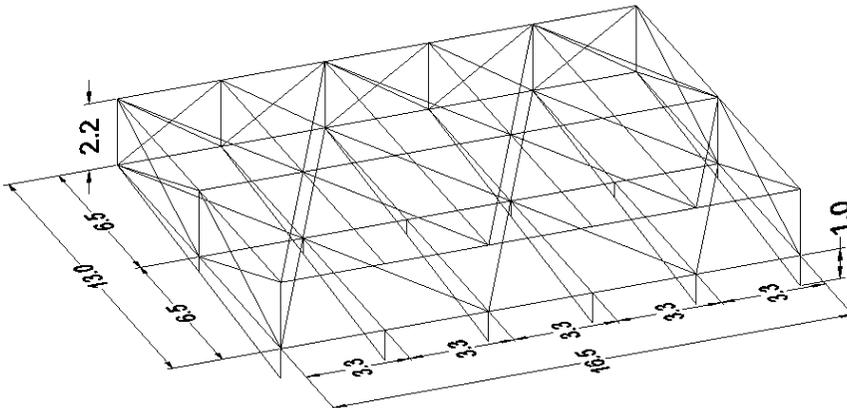
- Untuk 8 unit *airbags* satuan ukuran meter



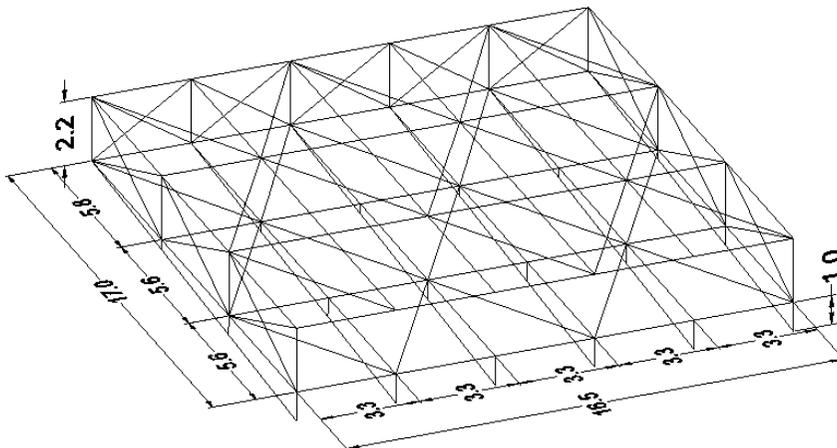
2. Konstruksi kerangka baja variasi 2 airbags 16 x 2 meter untuk penempatan 4, 6, 8 dan 10 unit *airbags*
- Untuk 4 unit *airbags* satuan ukuran meter



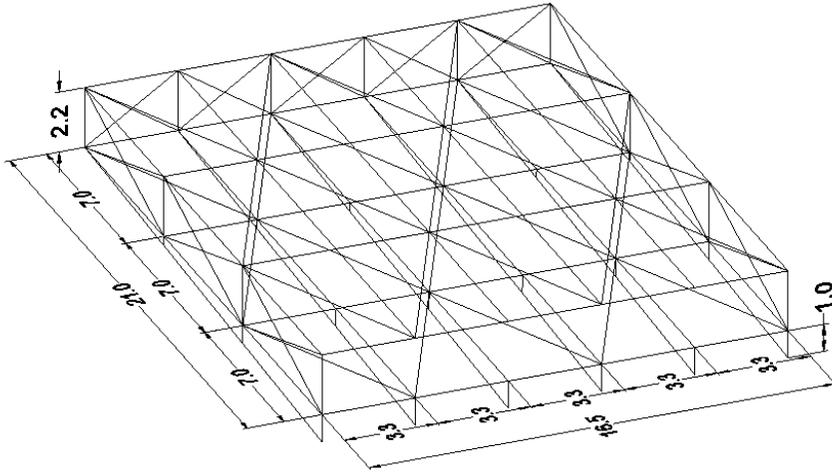
- Untuk 6 unit *airbags* satuan ukuran meter



- Untuk 8 unit *airbags* satuan ukuran meter

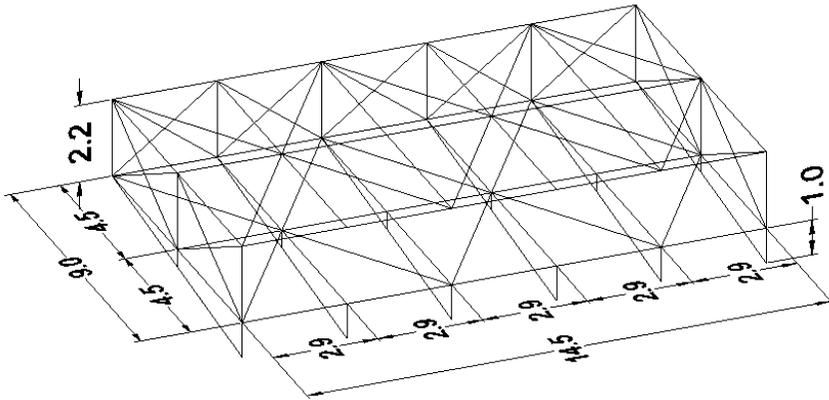


- Untuk 10 unit *airbags* satuan ukuran meter

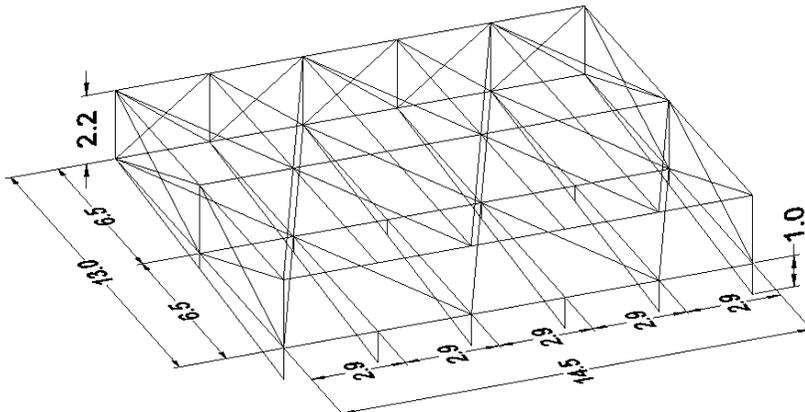


3. Konstruksi kerangka baja variasi 3 airbags 14 x 2 meter untuk penempatan 4, 6 dan 8 unit *airbags*

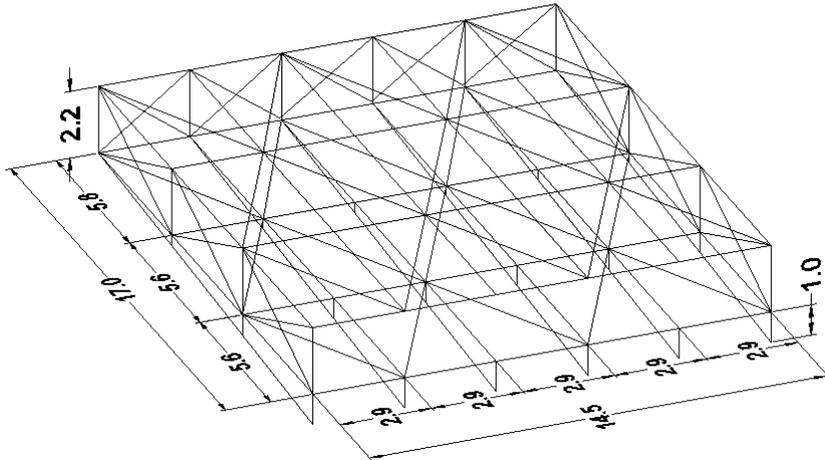
- Untuk 4 unit *airbags* satuan ukuran meter



- Untuk 6 unit *airbags* satuan ukuran meter

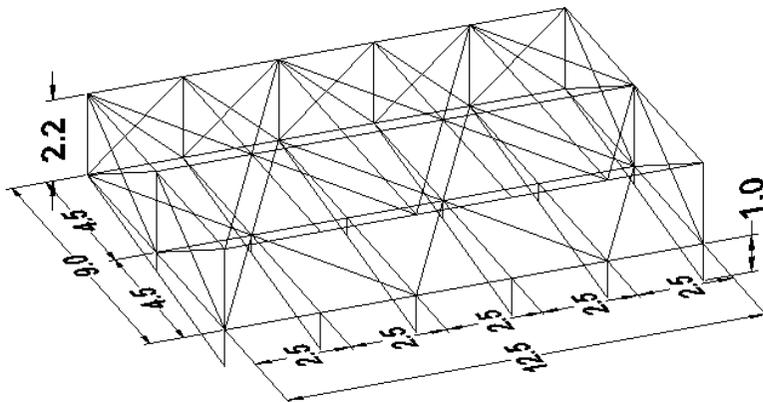


- Untuk 8 unit *airbags* satuan ukuran meter

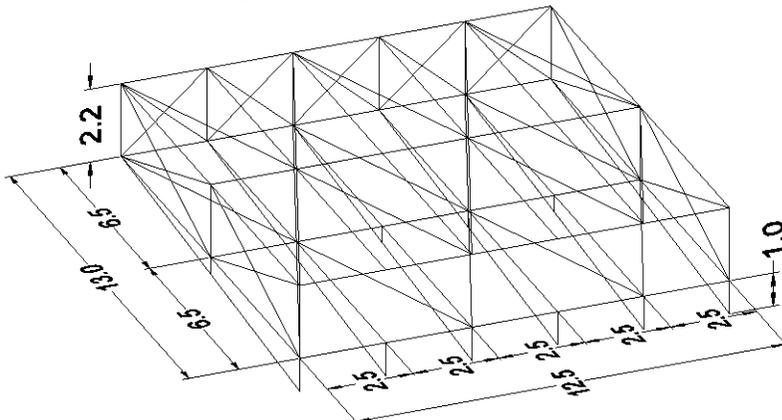


- Konstruksi kerangka baja variasi 4 airbags 12 x 2 meter untuk penempatan 4, 6 dan 8 unit *airbags*

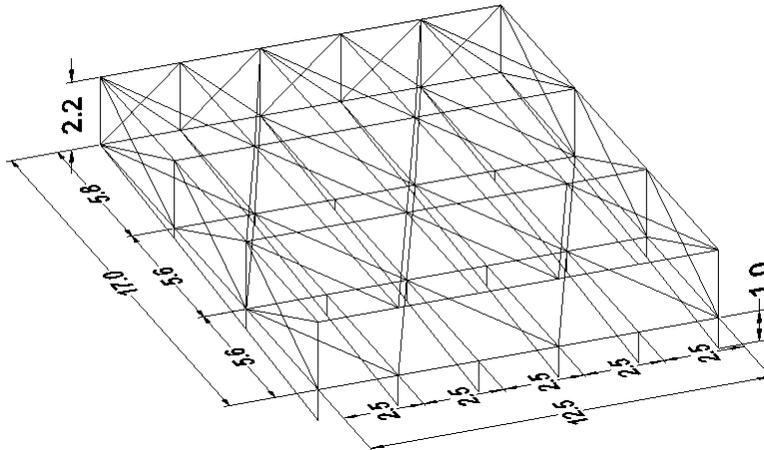
- Untuk 4 unit *airbags* satuan ukuran meter



- Untuk 6 unit *airbags* satuan ukuran meter

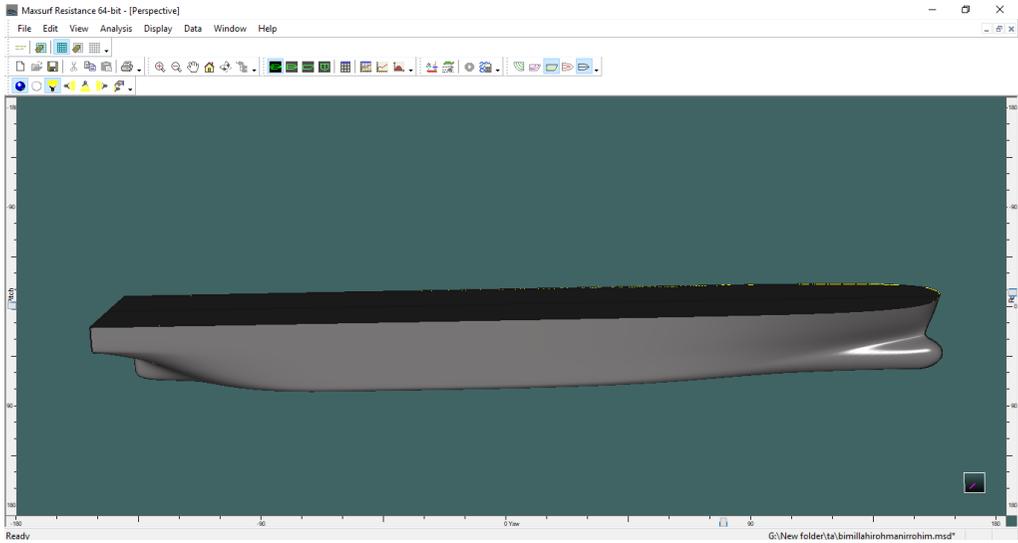


- Untuk 8 unit *airbags* satuan ukuran meter



*Drag Force (aplikasi maxsurf)*

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Savitsky Pre-planin g Resist. (N)	Savitsky Pre-planin g Power (kW)	Savitsky Planing Resist. (N)	Savitsky Planing Power (kW)	Holtrop Resist. (N)
1	0.000	0.000	0.000	--	--	--	--	--
2	0.049	0.001	0.002	--	--	--	--	5.55
3	0.098	0.002	0.003	--	--	--	--	19.67
4	0.146	0.002	0.005	--	--	--	--	41.44
5	0.195	0.003	0.007	--	--	--	--	70.47
6	0.244	0.004	0.008	--	--	--	--	106.53
7	0.293	0.005	0.010	--	--	--	--	149.45
8	0.341	0.006	0.012	--	--	--	--	199.13
9	0.390	0.006	0.014	--	--	--	--	255.47
10	0.439	0.007	0.015	--	--	--	--	318.39
11	0.487	0.008	0.017	--	--	--	--	387.88
12	0.536	0.009	0.019	--	--	--	--	463.81
13	0.585	0.010	0.020	--	--	--	--	546.23
14	0.634	0.010	0.022	--	--	--	--	635.07
15	0.683	0.011	0.024	--	--	--	--	730.32
16	0.731	0.012	0.025	--	--	--	--	831.97
17	0.780	0.013	0.027	--	--	--	--	939.99
18	0.829	0.014	0.029	--	--	--	--	1054.37
19	0.878	0.014	0.030	--	--	--	--	1175.12
20	0.926	0.015	0.032	--	--	--	--	1302.22
21	0.975	0.016	0.034	--	--	--	--	1435.67
22	1.024	0.017	0.036	--	--	--	--	1575.47
23	1.073	0.018	0.037	--	--	--	--	1721.62
24	1.121	0.019	0.039	--	--	--	--	1874.11
25	1.170	0.019	0.041	--	--	--	--	2032.96
26	1.219	0.020	0.042	--	--	--	--	2198.16
27	1.268	0.021	0.044	--	--	--	--	2369.72
28	1.316	0.022	0.046	--	--	--	--	2547.65
29	1.365	0.023	0.047	--	--	--	--	2731.93
30	1.414	0.023	0.049	--	--	--	--	2922.59
31	1.463	0.024	0.051	--	--	--	--	3119.63
32	1.511	0.025	0.052	--	--	--	--	3323.05
33	1.560	0.026	0.054	--	--	--	--	3532.86
34	1.609	0.027	0.056	--	--	--	--	3749.06
35	1.658	0.027	0.058	--	--	--	--	3971.66
36	1.706	0.028	0.059	--	--	--	--	4200.67
37	1.755	0.029	0.061	--	--	--	--	4436.09
38	1.804	0.030	0.063	--	--	--	--	4677.92
39	1.853	0.031	0.064	--	--	--	--	4926.18
40	1.901	0.031	0.066	--	--	--	--	5180.86
41	1.950	0.032	0.068	--	--	--	--	5441.97



### Baja st-60



#### St60-2

Steel Standard:	DIN 17100
Rolling Type:	Structural steel plate,Low alloy steel plate
Thickness:	6mm-500mm
Width:	1500mm-4200mm
Length:	3000mm-18000mm
Heat Treatment:	AR,CR,Normalized

[Get Price](#) (\* Click this button to inquiry)



#### ► Mechanical property for St60-2 Low alloy steel:

Thickness (mm)					
St60-2	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80
Yield strength (≥Mpa)	335	325	315	305	295
	< 3	≥ 3 ≤ 100			> 100
Tensile strength (Mpa)	590-770		570-710		570-710

#### ► Chemical composition for St60-2 Low alloy steel (Product Analysis Max%)

Main chemical elements composition of St60-2					
C	Si	Mn	P	S	N
0.40	0.60	1.70	0.060	0.060	0.010

**SPECIFICATIONS**

AISI 1045 / AISI 4140 / AISI 4340

**AVAILABLE SIZES**

6MM, 1/4", 7MM, 5/16", 8MM, 3/8", 10MM, 11MM, 12MM, 1/2", 13MM, 14MM,  
15MM, 5/8", 16MM, 17MM, 18MM, 19MM, 3/4", 20MM, 22MM, 24MM, 25MM,  
28MM, 30MM, 32MM, 35MM, 36MM, 38MM, 40MM, 45MM, 50MM, 55MM,  
2 1/4", 60MM, 65MM, 70MM, 75MM, 78MM, 80MM, 85MM, 90MM, 95MM,  
98MM, 100MM, 103MM, 105MM, 110MM, 115MM, 120MM, 125MM, 130MM,  
135MM, 140MM, 145MM, 150MM, 155MM, 160MM, 165MM, 170MM, 175MM,  
180MM, 190MM, 200MM, 205MM, 207MM, 210MM, 220MM, 230MM, 240MM,  
250MM, 260MM, 270MM, 280MM, 290MM, 300MM, 310MM, 320MM, 330MM,  
340MM, 350MM, 360MM, 380MM, 400MM

## BIODATA PENULIS



**Maulana Eko Saputro** merupakan Putra kandung dari pasangan Bapak Bandol Wardi Saputro dan Ibu Sriatun, yang lahir di Ogan Lima pada tanggal 28 Juli 1996 sebagai anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis tinggal di desa Pulau Panggung RT / RW 006 / 006, Kecamatan Abung Tinggi , Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung. Penulis memulai studi di SD Negeri 02 Pulau Panggung selama enam tahun dan lulus pada tahun 2008. Melanjutkan jenjang berikutnya di SMP Negeri 1 Bukit Kemuning (2008-2011) dan masuk SMA Negeri 1 Bukit Kemuning (2011 - 2014). Melanjutkan kembali pendidikan jenjang perguruan

Diploma III di Universitas Diponegoro Semarang mengambil Jurusan Teknik Perkapalan (2014-2017), dan pada Tahun 2018 melanjutkan kembali pendidikan Strata 1 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember mengambil jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Dalam perkuliahan penulis mengambil penelitian untuk Tugas Akhir pada bidang studi *Marine Fluid and Machinery System* (MMS). Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademis maupun non-akademis. Untuk kegiatan non-akademis penulis aktif diluar kampus seperti anggota lab *Marine Fluid and Machinery System* (MMS) , serta beberapa kali mengikuti ajang perlombaan nasional, sedangkan dalam pelatihan penulis pernah mengikuti beberpa sertifikasi seperti Pelatihan Curva S.

*Email : saputromeko@gmail.com*