

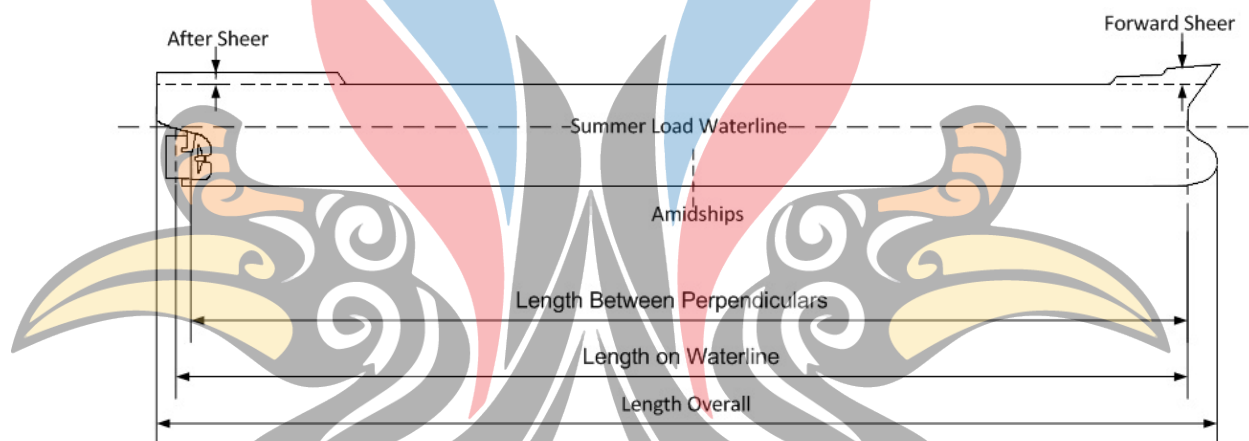
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ship Geometry

Bentuk lambung kapal dapat menentukan sebagian besar atributnya, karakteristik, stabilitas, hambatan dll. Akibatnya daya yang dibutuhkan untuk kecepatan tertentu juga dapat ditentukan bersama dengan kelayakan kapal; kemampuan manuver dan daya dukung beban.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah, tiga panjang yang berbeda digunakan untuk mendefinisikan sebuah kapal,



Gambar 2.1 *Ship's Principal Dimensions* (Cahyo,2014)

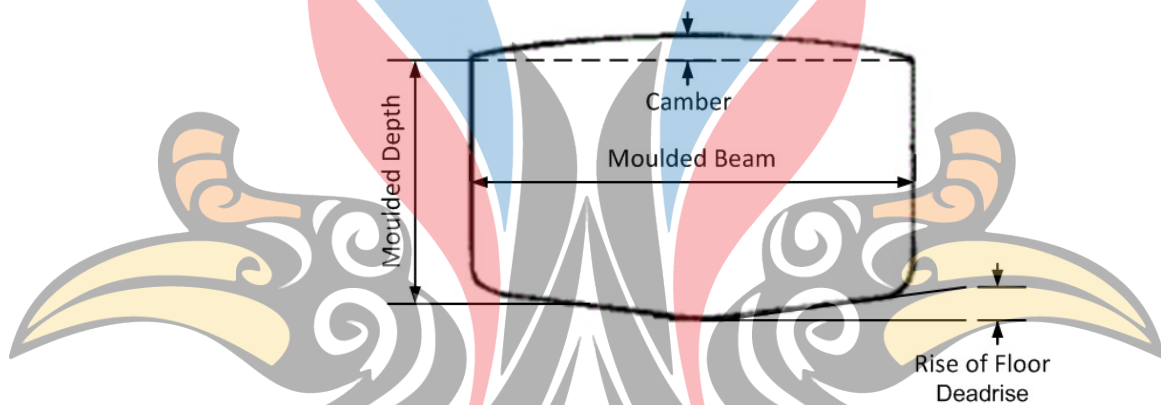
1. Panjang Antara Perpendikular (LBP) yang merupakan jarak yang diukur sepanjang bidang air beban musim panas antara buritan dan kedepan tegak lurus. Garis tegak lurus buritan diambil di sisi belakang tiang kemudi dan tegak lurus depan adalah garis vertikal yang memotong sisi depan batang dengan garis air beban musim panas.
2. Panjang Keseluruhan (LOA) adalah jarak yang diukur antara titik ekstrim depan dan belakang kapal
3. *Waterline Length* (LWL) yang merupakan panjang permukaan air tempat kapal kebetulan mengapung

Selain itu, pada Gambar 2.1, *After Sheer* dan *Forward Sheer* juga ditampilkan. *Sheer* adalah ukuran seberapa banyak dek naik ke buritan dan haluan. Ini dapat ditentukan oleh ketinggian geladak di sisi yang berada di atas geladak di tengah kapal.

Titik tengah antara garis tegak lurus disebut bagian tengah kapal atau bagian tengah kapal.

Beam biasanya dikutip di tengah kapal dan paling sering dikutip sebagai *Moulded Beam* yang merupakan jarak terbesar antara kedua sisi kapal pada lebar terbesar dari bagian yang dipilih, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 di atas. Pengukuran biasanya dilakukan antara bagian dalam pelapisan kapal. Kecuali untuk *Beam Moulded*, ada juga *Breadth Extreme* yang diukur di luar pelapisan kapal, tetapi juga dapat memperhitungkan overhang atau flare.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 dibawah, *Moulded depth* kapal bervariasi sepanjang panjangnya tetapi biasanya dikutip untuk bagian tengah kapal. Itu juga dapat dikutip Kedalaman *Moulded*, yang berasal dari bagian bawah pelapisan dek.



Gambar 2.2 *Ship's Breadth & Depth Measurements* (Cahyo,2014)

Camber didefinisikan sebagai naiknya geladak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Ketinggian persimpangan antara garis bawah yang diperpanjang dan garis lebar yang dibentuk di atas lunas disebut *Rise of Floor* atau *Deadrise*.

Perbedaan antara konsep di haluan dan buritan kapal disebut trim. Trim dikatakan oleh haluan atau buritan tergantung di mana *draf*-nya lebih besar.

2.2 Shipyard

Shipyard atau yang disebut juga dengan galangan termasuk dalam perindustrian maritim yang bergerak dibidang pembuatan dan perbaikan kapal dan semua alat-alat terapung, pembuatan dan perbaikan alat-alat penggerak dan semua perlengkapan kapal serta pembuatan bahan-bahan/barang-barang pembantu-pelengkap untuk melaksanakan

pembuatan dan perbaikan kapal dan semua alat-alat terapung serta *salvage*. Dengan kata lain, galangan kapal ialah tempat dan unit yang disuatu tempat yang berada dipinggir laut/sungai, yang dirancang khusus untuk melakukan proses pembangunan kapal (*new building*), perbaikan kapal (*ship repair*) dan pemeliharaan (*maintenance*).

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1965 Tentang Penyelenggaraan dan Pengawasan Perindustrian Maritim, galangan kapal menyelenggarakan jenis-jenis pekerjaan sebagai berikut :

1. Pembuatan kapal/alat terapung saja,
2. Perbaikan atau pemeliharaan kapal/alat-alat terapung saja,
3. Pembuatan dan perbaikan serta pemeliharaan kapal-alat terapung.

Pembangunan galangan diselenggarakan setelah mendapat perizinan terlebih dahulu dari Mentri Perindustrian dimana perizinan tersebut mempertimbangkan kepentingan pengembangan armada Nasional Indonesia, geografi dari kepulauan Indonesia, peningkatan kemajuan teknik dan keahlian teknik perkapalan, daerah permukaan air yang cocok untuk dibangun galangan kapal serta menambah lapangan kerja bagi masyarakat.

Didalam galangan itu sendiri terdapat suatu tempat yang dinamakan landasan pembangunan kapal (*building berth*) yang fungsinya untuk membangun kapal baru dan sekaligus untuk tempat meluncurkan kapal. Dalam pembuatan kapal baru, perusahaan galangan kapal biasanya merencanakan waktu, diantaranya :

Persiapan Produksi (*pre factory*) yang meliputi : dokumen produksi, tenaga kerja, material, fasilitas, dan sarana produksi.

1. *Mould Loft* : pembuatan gambar produksi dengan ukuran sebenarnya.
2. *Fabrikasi* : identifikasi material, *marking*, *cutting*, *forming*, *fitting fabrication*, dan *welding fabrication*.
3. *Assembly* : *fitting assembly*, persiapan pengelasan, *welding check*, deformasi, ketepatan ukuran, *block blasting*, dan pengecatan.
4. *Erection* : *loading*, *adjusting*, *fitting*, *welding*, dan *finishing*.
5. Peluncuran Kapal (*launching*) : *end launching*, *side launching*.
6. Penyerahan (*delivery*).

2.3 *Launching*

Peluncuran kapal adalah proses menurunkan kapal dari landasan peluncur ke air yang disebabkan oleh gaya berat dan gravitasi kapal pada bidang miring. Tahap-tahap yang dilakukan dalam peluncuran kapal adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan Peluncuran
2. Perencanaan Perlengkapan Peluncuran
3. Pemasangan Perlengkapan Peluncuran
4. Pemindahan badan kapal dari *keel block* ke peluncur
5. Pemindahan badan kapal dari tumpuan peluncuran ke peluncur
6. Pelaksanaan Peluncuran

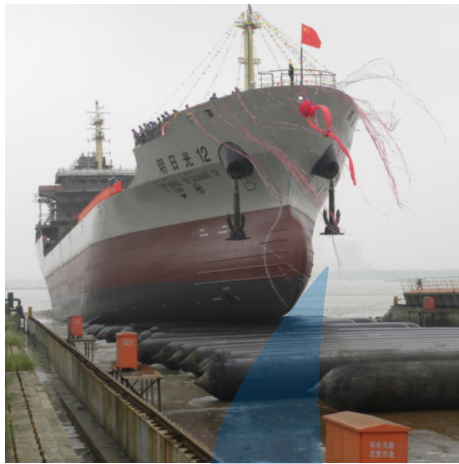
Untuk meluncurkan kapal, kapal dilengkapi dengan alat peluncur yaitu jalan peluncur (*launching ways*) dan media peluncur, dimana pada saat peluncuran media peluncur dipasang pada kapal akan meluncur diatas jalan peluncur. Sistem peluncuran yang digunakan tergantung pada fasilitas yang tersedia pada galangan kapal itu sendiri. Peluncuran kapal pada umumnya dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

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

Pada umumnya kapal diluncurkan dengan cara peluncuran memanjang (*longitudinal launching*) sedang peluncuran melintang hanya digunakan bila keadaan memaksa yaitu bila permukaan air di depan landasan sempit misalnya di sungai, terusan dan sebagainya. Peluncuran memanjang merupakan tipe peluncuran gravitasi dimana buritan kapal diarahkan ke air sehingga buritan akan meluncur terkena air lebih dahulu dengan bantuan gravitasi disebut juga dengan *end launching*, hal ini supaya:

1. Linggi buritan tidak terbentur pada landasan
2. Pada waktu kapal menyentuh air, maka dapat mengurangi kecepatan peluncuran kapal
3. Penambahan gaya angkat ke atas lebih cepat saat diluncurkan.

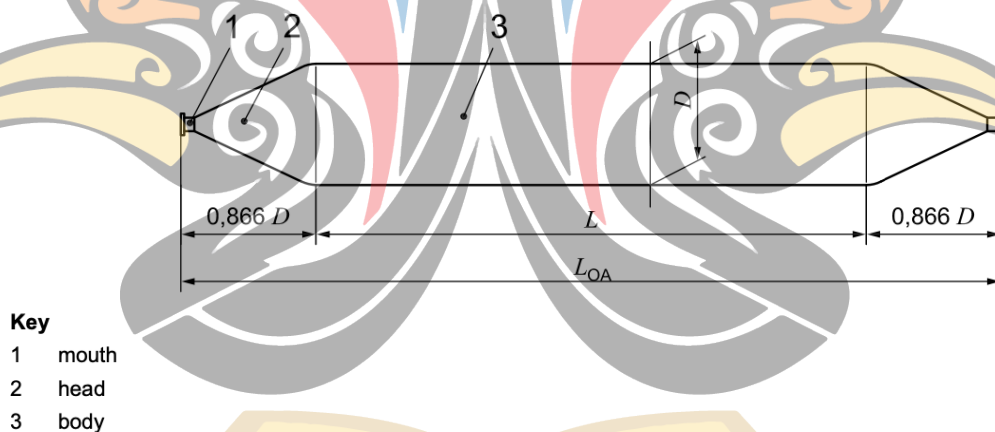
Keuntungan utama dari metode peluncuran *end launching* adalah menggunakan peralatan sederhana dan dapat digunakan untuk kapal dengan tonase dan tipe yang berbeda. Berikut dibawah ini Gambar 2.3 merupakan kapal yang diluncurkan dengan menggunakan metode *end launching*.



Gambar 2.3 Peluncuran *End Launching* Metode *Airbag* (Source, Google)

2.4 *Airbag*

Bentuk dasar dari *airbag* adalah sebuah balon *pneumatic* yang berbentuk silinder seperti pada Gambar 2.4, lapisan karet dari *airbag* dilapisi dengan penguat kawat sintetis.



Gambar 2.4 *Structure of a Typical Airbag* (Evergreen Maritime,2015)

Lapisan karet bagian luar berfungsi melindungi lapisan kabel penguat dari abrasi dan gangguan eksternal lain. Senyawa ini memiliki kekuatan tarik dan sobekan yang cukup untuk menahan kondisi cuaca dan penggunaan ekstrim. Lapisan selanjutnya adalah lapisan sintetis dan kawat penguat, lapisan penguat ini terdiri dari kabel-ban sintetis yang umum dipakai pada ban karet modifikasi. Susunan kawat ini diatur pada sudut ideal untuk menahan tekanan internal dan mendistribusikan stressnya secara merata sehingga memberikan penguatan yang efisien. Pada bagian ujung *airbag* terdapat *end fitting*.

2.4.1 Type dan Model

kantong udara dikategorikan menurut dua jenis berikut menurut daya dukung, kapasitas, per meter panjangnya

1. *QP*—kantong udara biasa
2. *QG*—kantong udara berkapasitas tinggi

Tipe dan model *airbag* ditunjukkan dalam Tabel 2.1 sebagai berikut

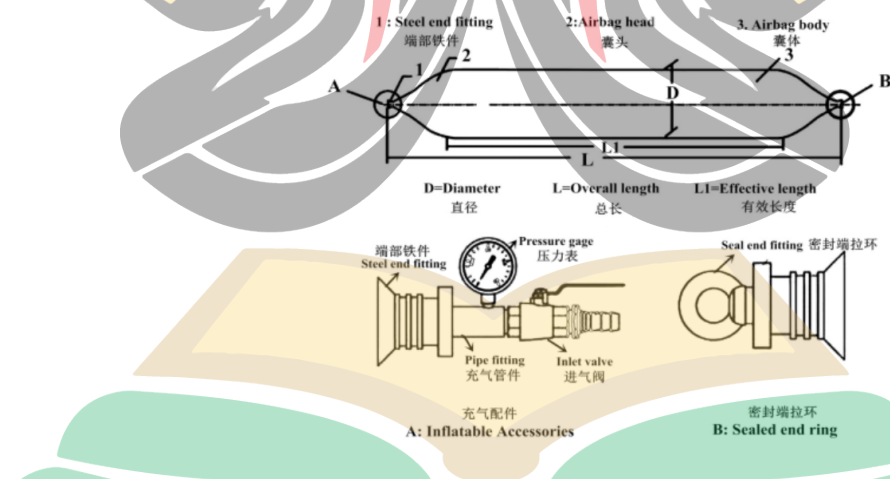
Tabel 2.1 Tipe dan Model dari *Airbag*

Type	Type No.	Model
QP	QP3	ordinary air bag with 3 layers of cord fabric
	QP4	ordinary air bag with 4 layers of cord fabric
	QP5	ordinary air bag with 5 layers of cord fabric
QG	QG6	high-bearing capacity air bag with 6 layers of cord fabric

ISO 14409: 2011 *Ships and marine technology — Ship launching air bags*

2.4.2 Structure dan Size

Standar spesifikasi dan komponen *airbag ship launching* dipasaran seperti pada Gambar 2.5 dengan keterangan sebagai berikut



Gambar 2.5 *Detail Structure of Airbag* (Evergreen Maritime,2015)

- a. Diameter (D) : 0.8 - 2 m
- b. Panjang efektif (L_I) : 6 - 18 m
- c. Panjang Total (TL) : 7 - 19.5 m

Spesifikasi lain dapat dibuat sesuai dengan permintaan.

Jumlah *airbag* dan jarak antara keduanya untuk peluncuran kapal menggunakan *airbag* pneumatik perlu dihitung. Jumlah *airbag* pneumatik untuk peluncuran kapal dapat diambil dari rumus berikut

$$N = K_1 \frac{W_c \times g^2}{C_B \times R \times L_d} + N_1 \quad (2.1)$$

dimana,

$$K_1 = \frac{1.2}{1.3}$$

W_c = Launching weight of ship and launching device (ton)

g = Gravitasi bumi 9.81 m/s²

C_B = Block coefficient

R = *Airbag Load capacity per unit length* (ton/m)

L_d = *Airbag Effective length* (m)

N_1 = Tambahan jumlah *airbag* yang dibutuhkan

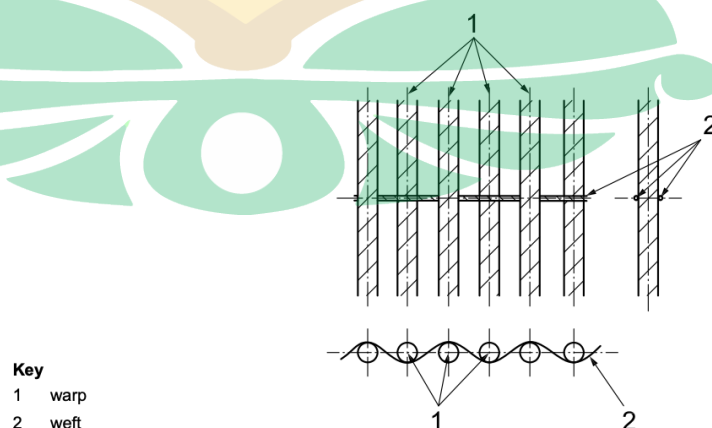
Untuk jarak antar *airbag* tidak boleh melebihi dari 6 m. Atau dapat diperiksa dengan menggunakan rumus

$$\frac{L}{N-1} \leq 6 \quad (2.2)$$

$$\frac{L}{N-1} \geq \frac{\pi D}{2} + 0.5 \quad (2.3)$$

2.4.3 Materials

Kantung udara harus dibuat dari lapisan karet luar, satu atau lebih lapisan kabel jenis sintetis, dan lapisan karet bagian dalam. Susunan lapisan penguat kabel ban sintetis ditunjukkan pada Gambar 2.6,



Gambar 2.6 *Airbag Type Cord* (ISO 14409,2011)

Selain susunan lapisan, *airbag* harus memenuhi *rubber material requirements* sebagai standar dari ISO 37 seperti yang disediakan pada Tabel 2.2 berikut

Tabel 2.2 *Rubber Material Requirements*

No.	Test item		Required value	Test method
1	Tensile strength, MPa		≥ 18	ISO 37
2	Elongation at break, %		≥ 400	ISO 37
3	Hardness, ° (Shore A)		60 ± 10	ISO 7619-1
4	Tear strength, N/cm		≥ 400	ISO 34-1
5	Compression set, % (70 °C ± 1 °C, 22 h)		≤ 30	ISO 815-1
6	After thermal ageing at 70 °C ± 1 °C, 96 h	Holding of pull lengthening, %	≥ 80	ISO 188
7		Holding of elongation at break, %	≥ 80	ISO 188
8		Change of hardness, ° (Shore A)	≤ 8	ISO 7619-1
9	Static ozone ageing at 40 °C × 96 h [ozone concentration (50 ± 5) × 10 ⁻⁸], extension 20 %		No crack	ISO 1431-1

ISO 14409: 2011 *Ships and marine technology — Ship launching air bags*

2.4.4 Test Condition, Gastightness Test dan Compression Test

Menurut ISO 14409, performa *airbag* telah ditentukan berdasarkan parameter diameter. Sehingga tekanan pengujian dan kerja telah diberikan dalam Tabel 2.3 berikut,

Tabel 2.3 *Performance Parameters of Air Bags*

Type No.	Diameter m	Initial internal pressure for test kPa	Rated working pressure, P_e kPa	Bearing capacity per meter in length, P_h (when compress deformation reaches 70 %, and the inner pressure reaches the rated working pressure, P_e) kN/m	Minimum burst pressure kPa
QP3	0,8	25	130	114	390
	1,0	18	100	110	300
	1,2	15	85	112	260
	1,5	13	70	115	210
	1,8	11	60	118	180
QP4	0,8	35	170	149	510
	1,0	25	130	143	390
	1,2	20	110	145	330
	1,5	16	90	148	270
	1,8	14	80	158	240
QP5	0,8	48	210	184	630
	1,0	35	170	186	510
	1,2	28	140	185	420
	1,5	20	110	181	330
	1,8	16	90	178	270
QG6	0,8	56	245	215	740
	1,0	45	200	219	600
	1,2	32	165	217	490
	1,5	25	130	215	390
	1,8	20	110	218	330
Rated working pressure may deviate ± 5 %. Compress deformation may deviate ± 2 %.					
NOTE Initial internal pressure is the reference value.					

ISO 14409: 2011 *Ships and marine technology — Ship launching air bags*

- **Kondisi Pengujian** kecuali ditentukan lain, pengujian harus dilakukan pada kondisi berikut:

1. suhu lingkungan 10 - 20°C
2. media (1) udara tekan kering bersih dan (2) udara bersih untuk uji semburan

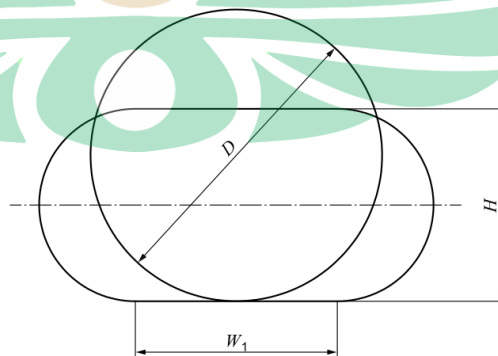
- **Gastinghtness Test**, tanpa membawa beban apapun, isi kantung udara sampai tekanan internal kantung mencapai P_e dalam Tabel 2.3. Tekanan internal harus dicatat dan dibandingkan dengan P_e setelah 1 jam. Kehilangan tekanan harus kurang dari 5% P_e .

- **Compression Test**, kantung udara harus ditekan dengan panjang lebar yang cukup besar untuk memastikan bahwa semua bagian dari kantung udara tekan berada di dalam mesin cetak. Tes harus dilakukan sebagai berikut:

1. Isi kantung udara ke tekanan awal pada Tabel 2.3, nyalakan mesin uji dan tekan kantung udara secara tegak lurus hingga persentase deformasi mencapai 70%. Amati untuk melihat apakah kantung udara berfungsi dengan baik
2. Secara bertahap kurangi gaya tekan pada kantung udara sampai kantung udara, dengan fleksibilitasnya sendiri, kembali ke ketinggian keadaan aslinya. Catat tekanan internalnya.
3. Berikan gaya tekan kembali secara tegak lurus ke kantung udara, sampai deformasi persentase mencapai 70%

2.4.5 Percentage Deformation

Rasio tinggi yang berubah bentuk dengan diameter asli kantung udara sedang dikompresi yang digambarkan pada Gambar 2.7 di bawah ini



Gambar 2.7 An Airbag Being Compressed (ISO 14409,2011)

Persentasi deformasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$P = (D - H)/D \quad (2.4)$$

dimana

P = Persentasi deformasi *air bag* (%)

D = Diameter awal dari *air bag* (m)

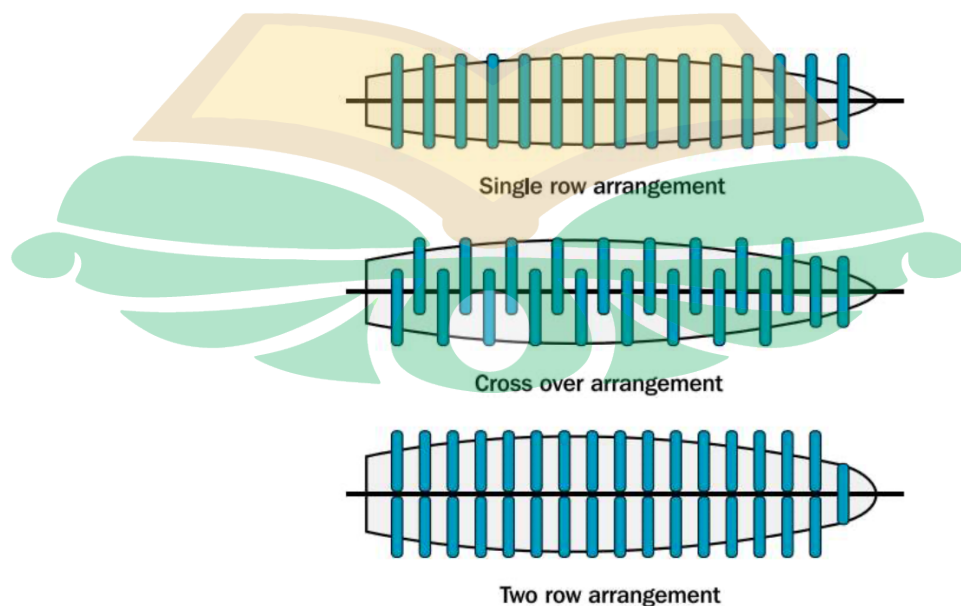
H = Ketinggian dari *airbag* yang ditekan (m)

2.4.6 *Layout Airbag*

Berdasarkan *standard CB/T 3837-1998 Shipbuilding Industry Standard,prc.* ada tiga jenis desain *layout airbag* dalam proses peluncuran kapal yaitu desain layout tipe *Single row arrangement*, tipe *Cross over arrangement* dan tipe *Two row arrangement*.

1. Tipe *Single row arrangement* : Tipe ini bisa digunakan digunakan jika panjang *airbag* memiliki panjang melebihi lebar kapal.
2. Tipe *Cross over arrangement* : Tipe ini digunakan apabila panjang *airbags* yang di gunakan memiliki panjang lebih pendek dari lebar kapal dan lebih panjang dari lebar setengah kapal.
3. Tipe *Two row arrangement* : Tipe ini digunakan apabila panjang *airbags* yang di gunakan memiliki panjang sama dengan setengah dari lebar kapal.

Ketiga tipe *layout air bag* ditunjukkan pada Gambar 2.8 di bawah ini



Gambar 2.8 Tipe *Airbag Layout* (Wisnawa,2017)

2.5 Perhitungan Peluncuran Kapal dengan Metode *Airbag*

Pada peluncuran kapal menggunakan *airbag* juga dibutuhkan adanya perhitungan teknis demi memastikan bahwa kapal tersebut dapat diluncurkan dengan aman. Referensi *standard* yang digunakan untuk perhitungan peluncuran ini mengacu pada peraturan yang terdapat di *CB/T 3837-1998*. Sebelum masuk ke perhitungan pada *standard* tersebut dijelaskan bahwa perlu adanya persiapan sebelum melakukan peluncuran. Dimana komponen yang perlu diperhatikan dalam hal ini dibagi menjadi 4 yaitu, kapal yang akan diluncurkan, kondisi landasan, *airbag* dan alat bantu tarik (*winch*) untuk memastikan bahwa peluncuran kapal dapat berjalan dengan aman. Berikut ini akan dijelaskan ke 4 komponen tersebut :

1. Kapal

- 1) Semua pekerjaan kapal dibawah garis air harus selesai, terutama peralatan-peralatan, katup-katup dan lainnya yang berhubungan dengan instalasi bukaan pada bagian bawah air. Seluruh instalasi statusnya telah disetujui oleh pihak yang dapat dipercaya.
- 2) Semua sisa-sisa gerinda dan las-lasan pada bagian bawah kapal ataupun tonjolan (*appendages*) dipastikan sudah halus dan tidak kasar.
- 3) Segala bentuk las-lasan pada kulit pelat (las-lasan baru pada kapal yang direparasi) harus melewati inspeksi dan pengujian yang ketat.
- 4) Ukuran utama kapal harus diukur dan tanda pada *loadline* juga harus diperiksa dengan ketat.
- 5) Semua pengerjaan pengecatan pada kulit pelat harus sudah selesai.

2. Landasan

- 1) Landasan yang akan ditempati oleh *airbag* harus benar-benar bersih dan terhindar dari benda-benda tajam seperti paku-paku besi.
- 2) *Levelling* pada kapal tidak boleh lebih besar dari 80 mm (dari kiri ke kanan ataupun sebaliknya)
- 3) Ketahanan pada landasan setidaknya lebih besar 2 kali lipat dibandingkan dengan *working pressure* pada *airbag*.
- 4) Panjang landasan harus diperpanjang hingga beberapa meter setelah menyentuh air.

3. *Airbag*

- 1) Jumlah akan kebutuhan akan *airbag* harus dihitung dengan menggunakan rumus (2.1).
- 2) Untuk jarak antar *airbag* tidak boleh melebihi dari 6 m. Atau dapat diperiksa dengan menggunakan rumus (2.2) dan (2.3).

4. *Winch*

- 1) Pada umumnya yang memiliki tingkat perputaran rendah yang dipilih yakni sekitar 9 - 13 m/min
- 2) Gaya dorong kapal dan ketahanan tarik daripada *winch* dapat dihitung dengan rumus :

$$F_c = Q \times g \times \sin \alpha - \mu \times Q \times \cos \alpha + Q \frac{V}{T} \quad (2.5)$$

$$F_d = Q \times g \times \sin \alpha + \mu \times Q \times \cos \alpha \quad (2.6)$$

Dimana,

F_c = Gaya dorong kapal (kN)

F_d = Gaya tarik *winch* (kN)

Q = Berat kapal peluncuran (ton)

g = Gaya gravitasi bumi (m/s²)

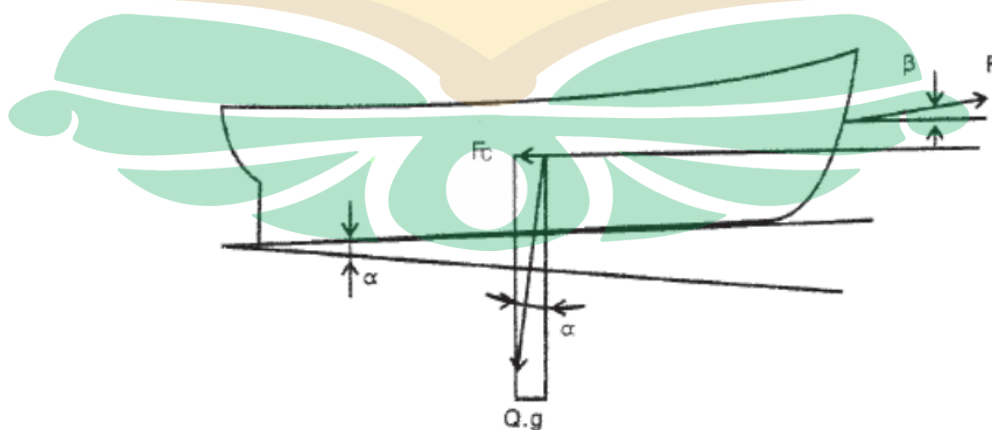
α = Sudut kemiringan landasan, (°)

μ = koefisien gaya gesek pada landasan

V = Kecepatan luncur kapal, m/s

T = Waktu yang dibutuhkan untuk menghentikan kawat *winch*, s.

- 3) Analisa gaya-gaya yang terjadi di dalam peluncuran kapal menggunakan *airbag* dapat dilihat pada Gambar 2.9 :



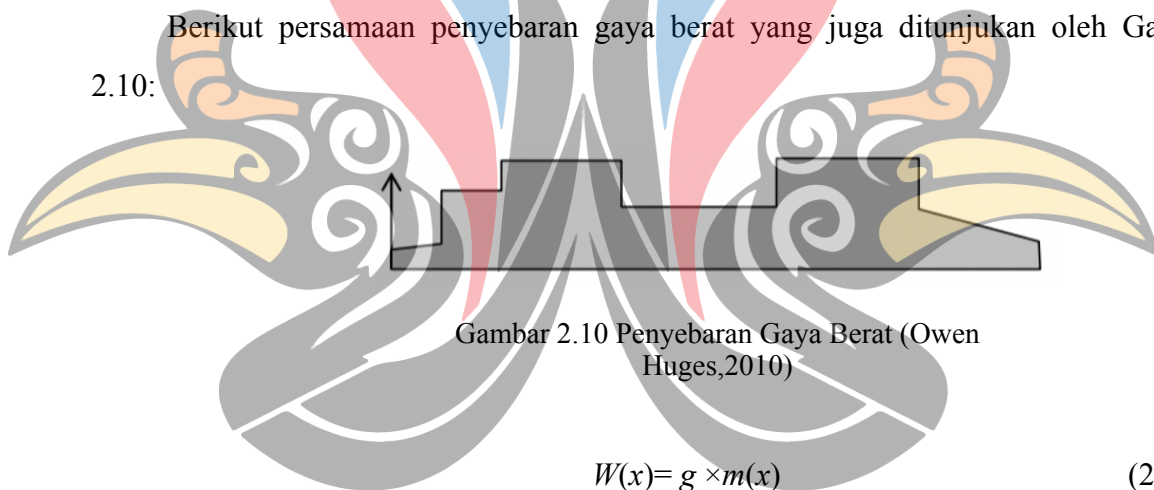
Gambar 2.9 Gambaran Gaya yang Bekerja Pada Proses Peluncuran (CB/T, 1998)

2.6 Penyebaran Gaya Berat Memanjang Kapal

Langkah pertama dalam perhitungan kekuatan memanjang kapal ialah menentukan penyebaran gaya berat sepanjang kapal. Distribusi berat yang dimaksud adalah merupakan hasil penjumlahan dari penyebaran berat kapal kosong atau disebut juga distribusi berat *Lightweight* / *Lightmass* / LWT kapal. Komponen LWT antara lain adalah berat konstruksi lambung, konstruksi *superstructure*, permesinan, *equipment* dan *outfitting*.

Karena berat muatan merupakan bagian yang terbesar dari kumpulan berat yang ada pada kapal, maka penyusunan muatan sangat berpengaruh terhadap sistem pembebanan pada kapal. Bila muatan kapal penuh dan kapal mempunyai kamar mesin dibelakang, maka distribusi gaya berat akan cenderung terkumpul ditengah kapal, sebaliknya apabila muatan pada kapal tidak ada (kapal dalam keadaan kosong), distribusi gaya berat akan cenderung besar di ujung-ujung kapal.

Berikut persamaan penyebaran gaya berat yang juga ditunjukkan oleh Gambar 2.10:



Gambar 2.10 Penyebaran Gaya Berat (Owen Huges,2010)

$$W(x) = g \times m(x) \quad (2.5)$$

Perhitungan DWT (*Dead Weight Ton*) kapal dapat dihitung dengan persamaan

$$DWT = (\text{Load Displacement} - \text{Light Displacement}) \times \rho \quad (2.6)$$

Dimana

$$\rho \text{ (massa jenis air laut)} = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

Load Displacement dan *Light Displacement* didapatkan dengan persamaan

$$\text{Load Displacement} = L \times B \times \text{draft}_1 \times C_b \quad (2.7)$$

$$\text{Light Displacement} = L \times B \times \text{draft}_2 \times C_b \quad (2.8)$$

Dimana

$$L = \text{Panjang kapal (Lbp / Lpp) (m)}$$

B = Lebar kapal (m)

$Draft_1$ = Sarat kapal muatan penuh (m)

$Draft_2$ = Sarat kapal muatan kosong (m)

2.7 Tekanan Pneumatik

Pneumatik berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara atau angin. Semua sistem yang menggunakan tenaga yang disimpan dalam bentuk udara yang dimampatkan untuk menghasilkan suatu kerja disebut dengan sistem pneumatik.

Perhitungan tekanan kerja *airbag* juga berbeda-beda untuk setiap jenis kapal. Tekanan kerja dapat diukur menggunakan *pressure gauge* dimana *pressure gauge* adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup. Satuan dari alat ukur tekanan ini berupa *psi* (*pound per square inch*), *psf* (*pound per square foot*), *mmHg* (*millimeter of mercury*), *inHg* (*inch of mercury*), bar, ataupun *atm* (*atmosphere*). Perhitungan tekanan kerja *airbag* sangat dipengaruhi oleh beban kapal yang akan diluncurkan dan kontak area *air bag* dengan landasan dok. Berdasarkan *Shipbuilding Industry Standard*, PRC, nilai fleksibilitas *airbag* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.9)$$

Dimana :

P = Tekanan kerja *airbag* (N/m² atau Pa)

F = Gaya tekan (N)

A = Kontak area *airbag* dengan landasan dok (m²)

Dalam penentuan nilai F dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$F = m \times g \quad (2.10)$$

Dimana :

m = massa benda (kg)

F = Akselerasi gravitasi (m/s²)

Dan dalam penentuan nilai A dapat ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$A = N \times Ld(3.14 \times 0.5 \times (D_1 - D_2)) \quad (2.11)$$

Dimana :

N = Jumlah *airbag* (pcs)

Ld = Panjang kontak antara *airbag* dengan alas lambung kapal pada *parallel middle body* (m)

D_1 = Diameter *airbag* (m)

D_2 = Ketinggian kerja minimal *airbag* saat menipang kapal

Dari persamaan yang telah dijabarkan di atas dapat diketahui bahwa semakin besar gaya tekan pada *airbag* dengan nilai tekanan kerja *airbag* yang sama akan mempengaruhi kontak area *airbag* dengan landasan dok. Dimana kontak area *airbag* dengan landasan dok akan mempengaruhi perputaran *airbag* pada saat proses peluncuran kapal. Sehingga semakin besar kontak area *airbag* dengan landasan dok akan mengakibatkan semakin sulit *airbag* untuk berputar atau *rolling*.

2.8 Tegangan

Tegangan adalah perbandingan antara beban proporsional yang diberikan terhadap luas penampang, atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.12)$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/m² atau Pascal)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m²)

Jika gaya yang dikenakan tegak lurus terhadap permukaan benda (luas yang akan diperhitungkan), maka tegangan tersebut adalah tegangan normal. Jika gaya yang dikenakan ke benda berarah tangensial terhadap permukaan benda tegangan tersebut adalah tegangan geser. Apabila gaya tersebut menyebabkan pertambahan panjang benda, maka disebut tegangan *tensile*. Jika gaya menyebabkan berkurangnya panjang benda maka tegangan tersebut disebut tegangan kompresional. Terdapat berbagai macam

jenis tegangan meliputi tegangan normal, tegangan puntir, tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan lengkung.

2.9 Regangan

Dalam istilah teknik, regangan adalah perubahan bentukan. Jika perubahan bentukan total (total deformasi) yang dihasilkan suatu batang dinyatakan dengan Δ (delta), dan panjang batang adalah L , maka ubah bentukan persatuan panjang yang dinyatakan dengan ϵ , maka :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.13)$$

Dimana

ΔL = Perubahan panjang (m)

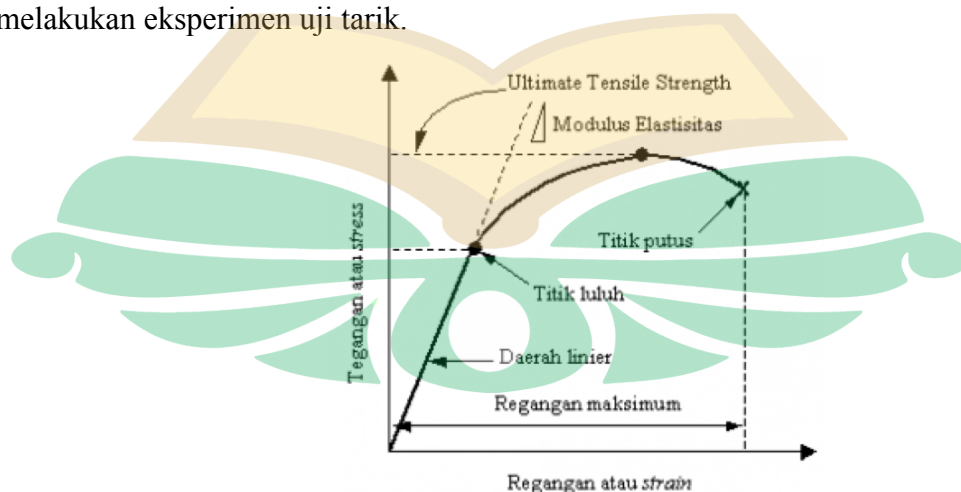
L = Panjang awal (m)

2.10 Elastisitas

Sesuai Hukum Hooke, tegangan sebanding dengan regangan. Hal ini berlaku di dalam batas elastis. Perbandingan tegangan satuan σ untuk regangan satuan ϵ dari setiap bahan yang diberikan dari hasil eksperimen, memberikan suatu ukuran kekuatannya, yaitu elastisitas E , yaitu : (Jensen & Chenowet, 1987)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.14)$$

Selanjutnya kita dapatkan Gambar 2.11, yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik.



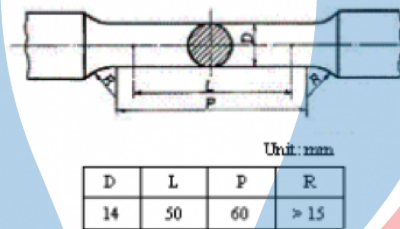
Gambar 2.11 Kurva Tegangan-Regangan

E adalah gradien kurva dalam daerah linier, dimana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) selalu tetap. E diberi nama “Modulus Elastisitas” atau “*Young Modulus*”.

Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini kerap disingkat kurva SS (*SS curve*).

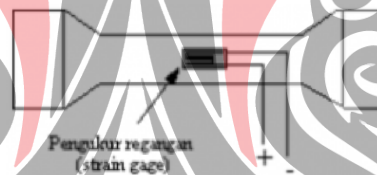
2.11 Tegangan Luluh Material

Untuk mengetahui tegangan luluh suatu material, perlu dilakukan pengujian tarik. Material yang diuji, untuk logam biasanya dibuat spesimen dengan dimensi seperti pada Gambar 2.12 berikut.



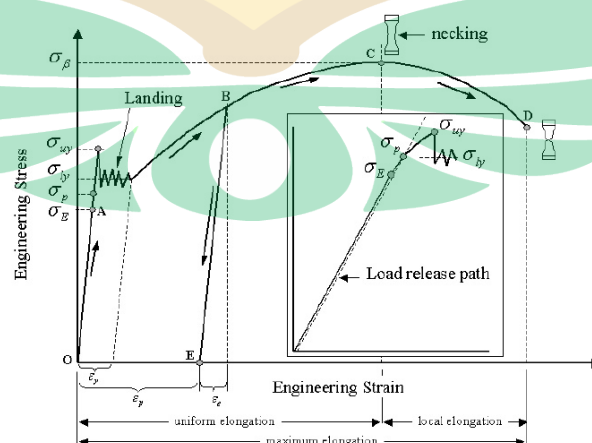
Gambar 2.12 Dimensi Spesimen Uji Tarik (JIS Z2201)

Perubahan panjang dari spesimen dideteksi lewat pengukur regangan (*strain gage*) yang ditempelkan pada spesimen seperti diilustrasikan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ilustrasi Pengukuran Regangan pada Spesimen

Bila pengukur regangan ini mengalami perubahan panjang dan penampang, terjadi perubahan nilai hambatan listrik yang dibaca oleh detektor dan kemudian dikonversi menjadi perubahan regangan. Hasil dari pengujian tarik adalah berupa kurva uji tarik seperti pada Gambar 2.14 berikut



Gambar 2.14 Profil Data Hasil Uji Tarik

Keterangan :

a) Batas *elastic* σ_E (*elastic limit*)

Dalam Gambar 2.14 dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan “nol” pada titik O (lihat Gambar 2.14). Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, Hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan. Terdapat konvensi batas regangan permanen (*permanent strain*) sehingga masih disebut perubahan elastis yaitu kurang dari 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan 0.005%. Tidak ada standarisasi yang universal mengenai nilai ini.

b) Batas proporsional σ_p (*proportional limit*)

Titik sampai di mana penerapan Hukum Hooke masih bisa ditolerir. Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.

c) Deformasi plastis (*plastic deformation*)

Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula. Pada Gambar 2.14 yaitu bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah *landing*.

d) Tegangan luluh atas σ_{uy} (*upper yield stress*)

Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah *landing* peralihan deformasi elastis ke plastis.

e) Tegangan luluh bawah σ_{ly} (*lower yield stress*)

Tegangan rata-rata daerah *landing* sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.

f) Regangan luluh ε_y (*yield strain*)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

g) Regangan elastis ε_e (*elastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.

h) Regangan plastis ε_p (*plastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.

i) Regangan total (*total strain*)

Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$. Perhatikan beban dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis.

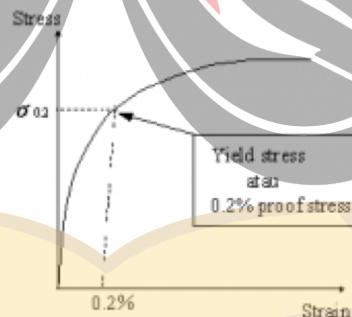
j) Tegangan tarik maksimum TTM (UTS, *ultimate tensile strength*)

Pada Gambar 2.14 ditunjukkan dengan titik C (σ_b), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

k) Kekuatan patah (*breaking strength*)

Pada Gambar 2.14 ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah.

l) Tegangan luluh pada data tanpa batas jelas antara perubahan elastis dan plastis
Untuk hasil uji tarik yang tidak memiliki daerah linier dan landing yang jelas, tegangan luluh biasanya didefinisikan sebagai tegangan yang menghasilkan regangan permanen sebesar 0.2%, regangan ini disebut *offset-strain* (Gambar 2.15).

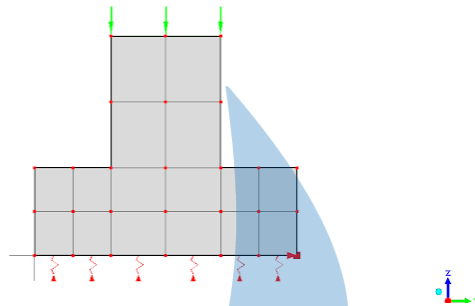


Gambar 2.15 Penentuan Tegangan Luluh (*yield stress*) untuk Kurva Tanpa Daerah Linier

2.12 Tumpuan Pegas

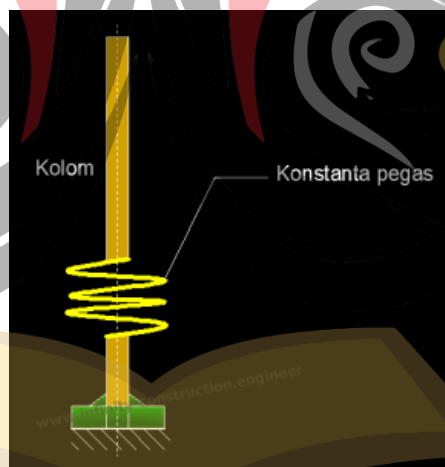
Pada masa awalnya analisa elemen struktur diatas medium elastis adalah untuk elemen balok (*beam*) seperti disampaikan oleh Winkler (1867) lalu kemudian dikembangkan untuk elemen pelat (*plate/shell*) dan belakangan dikembangkan untuk elemen pejal (*solid/brick*) bahkan sudah dapat meninjau nonlinearitas pegas tumpuan yg

hanya menerima tekan dan lainnya dengan hubungan beban-penurunan. Berikut adalah Gambar 2.16 merupakan struktur yang ditumpu oleh tumpuan pegas



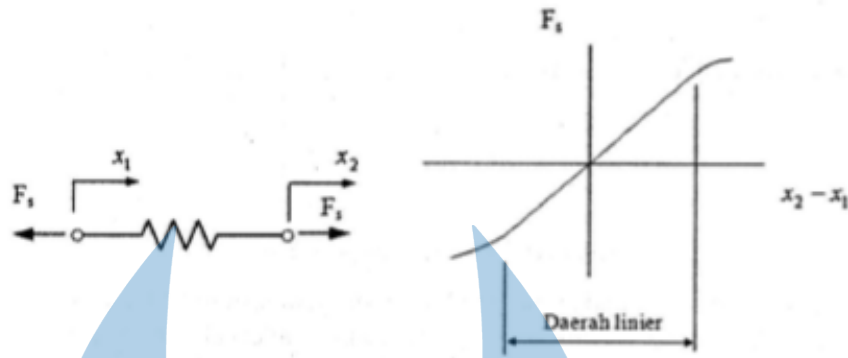
Gambar 2.16 Struktur dengan Tumpuan Pegas

Tumpuan elastis ini biasanya juga di kenal dengan *spring*, di mana sebuah struktur balok atau kolom di tandai dengan simbol konstanta pegas seperti pada Gambar 2.17, maka struktur tersebut akan mengalami translasi atau dalam pemahaman lain bergerak sesuai arah sumbu yang di simbolkan dengan konstanta pegas tersebut akibat ke-elastisitas-nya



Gambar 2.17 Tumpuan Pegas

Pegas mempunyai sifat elastis, dalam penyederhanaan ini massa pegas diabaikan. Gaya yang bekerja pada pegas akan menyebabkan perubahan panjang pegas tersebut. Jika pegas bertambah panjang maka gaya yang bekerja adalah gaya tarik, sedangkan jika pegas bertambah pendek maka gaya yang bekerja adalah gaya tekan. Untuk pegas linier berlaku Hukum Hooke, yaitu perubahan panjang sebanding dengan gaya yang bekerja. Pada Gambar 2.18 ditunjukkan suatu pegas yang mengalami pertambahan panjang x_2 setelah diberi gaya tarikan F_s .



Gambar 2.18 Deformasi Panjang Pegas Akibat Gaya F_s

Untuk pegas linier berlaku persamaan berikut:

$$F_s = k(x_2 - x_1) \quad (2.15)$$

Dimana

F_s = Gaya yang bekerja pada pegas (N)

k = Konstanta pegas dengan satuan (N/ m)

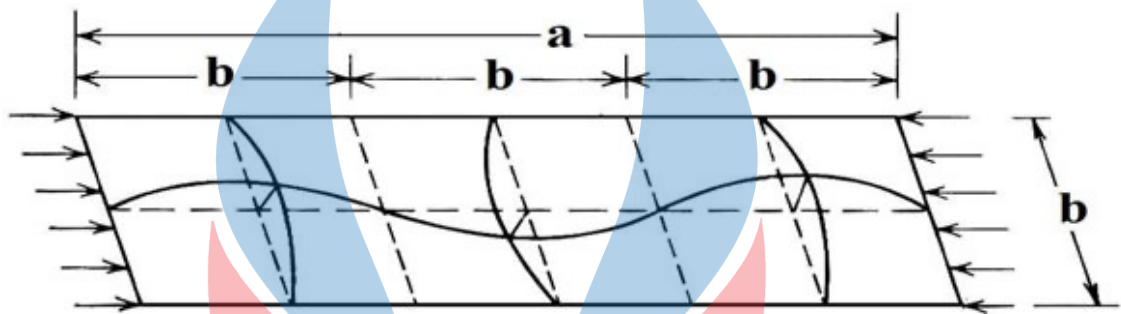
2.13 Safty Faktor

Safety factor adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Gaya yang diperlukan agar terjadi tingkat optimal bahan di dalam menahan beban dari luar sampai akhirnya menjadi pecah disebut dengan beban *ultimate* (*ultimate load*). Dengan membagi beban ultimate ini dengan luas penampang, kita akan memperoleh kekuatan *ultimate* (*ultimate strength*) atau tegangan ultimate (*ultimate stress*) dari suatu bahan. Untuk desain bagian – bagian struktur tingkat tegangan disebut tegangan ijin (*alloweble stress*) dibuat benar – benar lebih rendah dari pada kekuatan *ultimate* yang diperoleh dari pengujian “statis”. Hal ini penting untuk berbagai pertimbangan. Besar gaya yang dapat bekerja pada bangunan yang dirancang jarang diketahui secara pasti. Karena tegangan dikalikan luas sama dengan gaya, maka tegangan ijin dari *ultimate* dapat diubah dalam bentuk gaya atau beban yang diijinkan dan *ultimate* yang dapat ditahan oleh sebuah batang. Suatu perbandingan (*ratio*) yang penting dapat dilihat pada persamaan berikut,

$$FS = \frac{\sigma_{ultimate}}{\sigma_{ijin}} \quad (2.16)$$

2.14 Critical Buckling Stress

Sebuah pelat persegi panjang panjang panjang “a” yang didukung di semua sisi akan melengkung menjadi sejumlah setengah gelombang sehingga panjang setiap setengah gelombang kira-kira sama dengan lebar pelat “b”, lihat Gambar 2.19. Besarnya tegangan tekuk tergantung, antara lain, pada rasio aspek a / b pelat.



Gambar 2.19 Bentuk Deformasi Pelat yang Memiliki Rasio Aspek = 3 dan Mengalami Tegangan Tekan dalam Bidang

Kekuatan tekuk dari setiap anggota kekuatan struktur kapal dapat dievaluasi dengan menggunakan konsep tegangan tekuk kritis. Besarnya tegangan tekuk kritis terkait dengan persamaan tekuk Euler klasik dan bergantung pada apakah tekuk terjadi dalam kondisi elastis atau dalam kondisi tidak elastis.

Tekuk elastis terjadi ketika:

$$\sigma_E \leq 0.5\sigma_y$$

Dimana :

σ_y = yield stress of the plate material

σ_E = Euler buckling stress

Tegangan tekuk Euler pada pelat datar diberikan oleh persamaan berikut :

$$\sigma_E = \frac{k \times \pi^2 \times E}{12(1 - \nu^2)} \times \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (2.17)$$

Dimana :

σ_E = Tegangan tekuk Euler (N/mm²)

ν = Poisson's ratio, $\nu = 0.3$

E = Modulus elastisitas (N/mm²)

t = Ketebalan pelat (mm)

b = Lebar terkecil dari pelat (mm)

k = Konstanta tergantung pada kondisi batas pelat dan rasio aspek (rasio b)

untuk $a/b > 1$, $k = 4$

Tekuk tidak elastis terjadi ketika:

$$\sigma_E \geq 0.5\sigma_y$$

Dalam hal ini, tegangan tekuk kritis diberikan oleh persamaan:

$$\sigma_{cr} = \sigma_y \left(1 - \frac{\sigma_y}{4\sigma_E}\right) \quad (2.18)$$

2.15 Deformasi Limit Struktur Kapal

Mengacu pada rules BKI Vol II 2018 Section 3 F 3.2, deformasi *stiffeners* dan bidang pelat total akibat lateral *buckling* dibatasi dengan persamaan berikut

$$w = w_0 + w_1 \quad (2.19)$$

Dimana :

w_0 = Diasumsikan ketidaksempurnaan (mm)

$$= \frac{a}{250} \geq w_{0x} \leq \frac{b}{250} \text{ for longitudinal stiffeners}$$

$$= \frac{n \times b}{250} \geq w_{0y} \leq \frac{a}{250} \text{ for longitudinal stiffeners}$$

= Namun $w_0 \leq 10$ mm

w_1 = Deformasi pengaku akibat beban lateral p di titik tengah bentang pengaku (mm)

Dalam kasus beban terdistribusi seragam, nilai-nilai berikut untuk w_1 dapat digunakan persamaan berikut

$$w_1 = \frac{p \times b \times a^4}{384 \times 10^7 \times E \times I_x} \text{ for longitudinal stiffeners} \quad (2.20)$$

$$w_1 = \frac{5 \times a \times p \times (n \times b)^4}{384 \times 10^7 \times E \times I_x \times C_s^2} \text{ for transverse stiffeners} \quad (2.21)$$

Dimana :

p = Beban lateral (kN/m²)

b = lebar bidang pelat tunggal (mm)

a = panjang bidang pelat tunggal atau parsial (mm)

C_s = faktor akuntansi untuk kondisi batas pengaku melintang

= 1.0 simply supported stiffeners

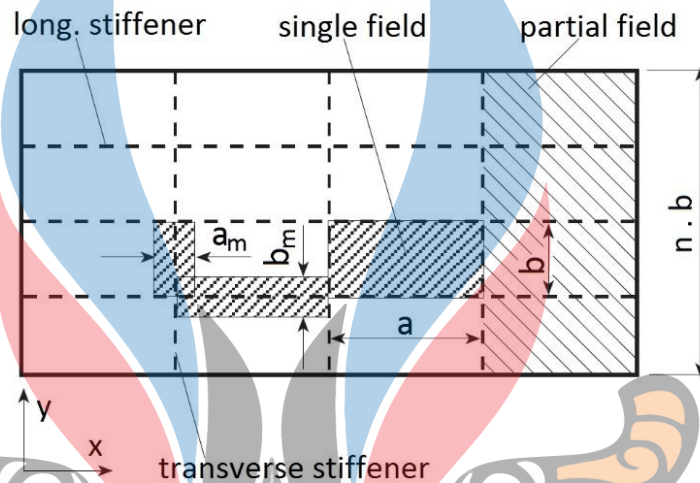
= 2.0 partially constraint stiffeners

E = Young's modulus

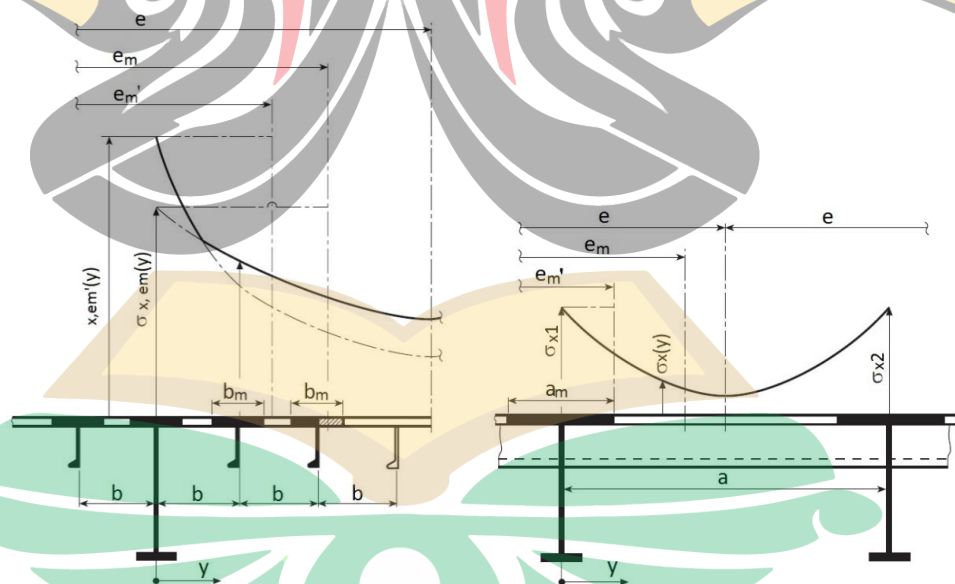
= 2.06×10^5 (N/mm²) untuk baja

I_x = moments of inertia sumbu x

Berikut adalah Gambar 2.20 dan 2.21 merupakan ilustrasi bidang pelat



Gambar 2.20 Definisi Bidang Pelat pada Kondisi Tekuk Tampak Atas



Gambar 2.21 Definisi Bidang Pelat dan Stiffener pada Kondisi Tekuk Tampak Samping

longitudinal (memanjang) : Stiffener searah dengan panjang a

transverse (melintang): Stiffener searah dengan panjang b

2.16 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan, ditunjukkan pada Tabel 2.4,

Tabel 2.4 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Nama, Judul dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Abdul Rauf, Analisis Kekuatan Struktur Kapal Pada Saat Peluncuran (Kasus Peluncuran Nesitor VII), 2015	<i>Ship Airbags</i> adalah balon bertekanan udara yang mempunyai tekanan kerja tertentu untuk mengangkat beban yang di sesuaikan dengan tekanan kerja menurut <i>standart</i> dan regulasi yang ada. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan software ANSYS untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi jumlah dan perbedaan Elastisitas <i>Air bag</i> terhadap respon struktur kapal <i>LCT (Landing Craft Tank) Wireline Platform</i>. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa konstruksi kapal <i>LCT (Landing Craft Tank) Wireline Platform</i> dengan variasi Pengurangan 6 <i>airbag</i> mengalami deformasi 2 terbesar, yaitu 274.09 mm dan tegangan maksimum, yaitu -208.11 N/mm . Pengurangan jumlah <i>air bag</i> dapat menambah besarnya deformasi dan tegangan maksimum pada kapal <i>LCT (Landing Craft Tank) Wireline</i>.

Tri Sukrisna Wisnawa, Analisa Risiko Terjadinya Kerusakan Kapal Pada Proses Penurunan Dengan Metode <i>Airbag</i>, 2017	Penurunan kapal dengan metode <i>airbag</i> memiliki potensi risiko yang besar terhadap dampak pada kerusakan kapal. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana proses perhitungan yang benar, risiko-risiko apa saja yang dapat terjadi dan apa rekomendasi preventif (pencegahan) yang diberikan agar risiko tersebut berkurang atau bahkan hilang pada proses peluncuran kapal dengan metode <i>airbag</i>. Metode yang digunakan dalam menganalisa risiko kejadian didapatkan berdasarkan dari beberapa langkah pengerjaan. Pertama, adalah mengidentifikasi faktor-faktor risiko. Kedua, mengidentifikasi bahaya sehingga dampak risiko dapat diketahui. Ketiga, melakukan evaluasi risiko berdasarkan penilaian kuantitatif pada tingkat probabilitas dan tingkat keparahan. Terakhir, hasil dari penilaian risiko dimitigasi dengan memisahkan mana risiko yang dapat diterima dan mana risiko yang harus diberikan tindakan. Pada proses identifikasi akar permasalahan (<i>root cause</i>) dilakukan dengan bantuan <i>Fault Tree Analysis</i>, dimana identifikasi dilakukan dengan diawali asumsi kegagalan peluncuran (<i>top event</i>) kemudian penyebab kegagalan dirinci hingga sampai pada suatu kegagalan dasar. Dari hasil identifikasi akar permasalahan yang dilakukan dengan <i>Fault Tree Analysis</i>, didapatkan 11 rekomendasi preventif yang harus dilakukan pada proses penurunan kapal dengan metode <i>airbag</i>.
--	---

3 L.S. Volenyuk & A.S. Rashkovskiy, Ship Stability Analysis During Launching Form Longitudinal Sloping Slipway by Pneumatic Airbag, 2017	Perubahan gaya yang bekerja pada kapal selama peluncuran dari <i>slipway</i> yang miring secara longitudinal dapat dibagi menjadi empat tahap: tahap pertama - dari awal pergerakan kapal hingga pelari peluncuran atau ujung belakang kapal menyentuh air; Tahap ke-2 - dari akhir tahap pertama sampai kapal mulai mengapung; Tahap ke-3 - dari akhir tahap ke-2 hingga kapal melewati ambang peluncuran kapal dan sepenuhnya mengapung; Tahap ke-4 - dari akhir tahap ke-3 hingga berhenti sepenuhnya. Makalah ini menyajikan, untuk pertama kalinya, metode analisis baru dengan mempertimbangkan kemungkinan tanker tanker selama peluncuran di <i>airbag</i> pneumatik. Perhitungan peluncuran dan diagram untuk peluncuran <i>air bag</i> tradisional dan pneumatik disajikan bersama dengan analisis komparatif dari dua metode peluncuran. Analisis menunjukkan bahwa selama peluncuran menggunakan kantung udara pneumatik, pelampung dimulai lebih awal daripada saat peluncuran tradisional. Pelampung yang lebih awal ini tidak meningkatkan risiko terjungkal tetapi meningkatkan tekanan putaran karena peningkatan daya apung dari kantung udara.
---	--

Bahtiyar Aziz, Analisa Kebutuhan <i>Airbag</i> Untuk Peluncuran Kapal Ponton di PT. Kukar Mandiri Shipyard, 2019	Pada proses peluncuran kapal di PT. KMS dengan menggunakan metode <i>airbag launching</i> ada beberapa hal yang perlu dan penting untuk diperhatikan diantaranya, jumlah, jarak, dan tekanan kerja pada <i>airbag</i>. Metode pendekatan yang digunakan yaitu dengan cara mengetahui terlebih dahulu jumlah berat dan panjang dari kapal yang akan diturunkan. Proses selanjutnya yaitu penentuan jumlah <i>airbag</i> yang harus terpasang. Selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan jarak antar <i>airbag</i>. Dan yang terakhir dilakukan perhitungan tekanan kerja pada <i>airbag</i>. Hasil dari penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan adalah untuk kapal ponton 270 feet membutuhkan <i>airbag</i> 11 pcs, jarak antar <i>air bag</i> antara 6,66 m sampai 12,72 m dan tekanan kerja <i>air bag</i> antara 0,08 MPa sampai 0,16 MPa. Untuk kapal ponton 300 feet membutuhkan <i>air bag</i> 18 pcs, jarak antar <i>air bag</i> antara 6,66 m sampai 8,78 m dan tekanan kerja <i>airbag</i> antara 0,08 MPa sampai 0,15 MPa. Dan untuk kapal ponton 330 feet membutuhkan <i>airbag</i> 30 pcs, jarak antar <i>airbag</i> antara 6,66 m sampai 6,90 m dan tekanan kerja <i>airbag</i> antara 0,08 MPa sampai 0,16 MPa.
---	--