

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. Peraturan dan Regulasi**

*LNG Carrier* sebagai kapal yang mengangkut barang/muatan berbahaya dan mencemari lingkungan sudah seharusnya diatur dalam sebuah seperangkat aturan yang berlaku dikarenakan muatan yang gas rawan mengalami *explosive*. Ada beberapa aturan yang mengatur terkait dengan angkutan berbahaya dan aturan untuk pencegahan pencemaran lingkungan yaitu adalah IMDG CODE dan MARPOL.

##### **2.1.1. IMDG Code**

(*International Maritime Dangerous Goods Code*) atau biasa disingkat dengan IMDG CODE adalah kode internasional yang digunakan pada pengangkutan barang berbahaya melalui laut. Agar dapat mencegah cedera pada orang atau kerusakan pada kapal dan muatannya serta mencegah kerusakan pada lingkungan laut maka hal tersebut diatur dalam kode ini yaitu pada IMDG Code 2018.

##### **2.1.2. MLC 2006**

(*Maritime Labour Convention*) 2006 adalah konvensi ketenagakerjaan maritim yang mengatur tentang perlindungan bagi hak-hak tenaga kerja pelaut dan memberikan standar pedoman bagi setiap negara dan pemilik kapal untuk menyediakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman bagi tenaga kerja pelaut. Pada MLC 2006 ini terdapat *Title 3 Regulation 3.1 Accommodation, Recreational Facilities* ini dapat menjadi acuan untuk perencanaan ruang muat (*layout*) pada kapal. Seperti Akomodasi Rumah Sakit, akomodasi kamar, sanitasi, dan akomodasi lainnya.

##### **2.1.3. MARPOL**

(*Maritime Pollution*) regulasi yang mengatur terkait dengan masalah polusi yang dihasilkan oleh kapal yaitu MARPOL 73/78 didalam International Maritime Organization (IMO). Pada MARPOL 73/78 terdapat beberapa regulasi ANNEX tentang pencegahan pencemaran. Namun di

tugas akhir ini hanya dimasukan 2 ANNEX saja terkait angkutan LNG ini diantaranya adalah:

a) ANNEX II

yang mengatur tentang pencegahan polusi dari zat cair berbahaya (*Noxious Substances*) dalam bentuk curah, lalu dibagi menjadi beberapa kategori yaitu:

- Kategori X

Ketika NOx dilepaskan ke laut, itu menimbulkan ancaman terbesar bagi lingkungan laut dan kesehatan manusia, sehingga pembuangan bahan kimia jenis ini dilarang.

- Kategori Y

Ketika dilepaskan ke laut, NOx menimbulkan ancaman bagi lingkungan laut dan kesehatan manusia, membatasi kuantitas dan kualitas bahan kimia ini yang dapat dilepaskan ke laut.

- Kategori Z

NOx menimbulkan ancaman yang relatif kecil terhadap lingkungan laut dan kesehatan manusia ketika dilepaskan ke laut, sehingga pembatasan pembuangan bahan kimia ini di laut tidak terlalu ketat.

b) ANNEX III

Barang dan kemasan berbahaya yang terkait adalah zat yang memenuhi standar IMDG Code. Peraturan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran laut dari barang-barang yang memiliki sifat berbahaya (baik fisik maupun kimia) yang memerlukan perlakuan khusus. Untuk menerapkan aturan ini, diperlukan langkah-langkah berikut ini:

- *Packing*

Agar dapat mengurangi ancaman yang bisa ditimbulkan kepada lingkungan maka kemasan harus disesuaikan.

- *Marking dan labeling*

Barang berbahaya dalam kemasan mesti dilengkapi dengan keterangan detail dan terpasang label bahwa barang adalah *marine pollutant*.

- *Documentation*  
Untuk bahan pemeriksaan semua barang harus disertai dengan sertifikat-sertifikat.
- *Stowage*  
Semua barang berbahaya harus disimpan dengan aman agar tidak mencemari lingkungan laut dengan membahayakan kapal dan penumpangnya.
- *Quantity Limitations*  
Dibatasi jumlah barang dan zat berbahaya yang mungkin dapat mengancam lingkungan laut.

#### 2.1.4. DNV-GL

(*Det norske Veritas-German Llyod*) Sebuah peraturan *class* kapal gabungan dari class DNV dan GL menjadi DNV-GL sejak tahun 2013 yang berkantor pusat di Norwegia. Lalu ada beberapa peraturan yang dipakai diantaranya adalah sebagai berikut:

- DNVGL-ST-0377 *shipboard lifting appliances* (edisi Oktober 2018)  
Regulasi yang mengatur tentang alat pengangkat di atas kapal untuk penanganan beban didalam dan diluar kapal selama dipelabuhan dan didalam saat dilaut. Sehingga bisa dihitung bongkar muat ISO-Tank dengan *Crane* dari kapal ke Pelabuhan atau sebaliknya menggunakan peraturan ini.
- Part 5 Ship Types Cht. 7 Liquefied Gas Tankers (edisi Januari 2017)  
Standar peraturan ini mencakup daripada persyaratan umum kapal gas cair, kemampuan ketahanan kapal, pengaturan kapal, instalasi listrik dan sebagainya. Standar yang di atur dalam kode ini harus mengurangi risiko terhadap kapal, awak (ABK) dan lingkungan. Pada kapal gas cair ini memiliki angkutan gas sifatnya mudah terbakar, toksisitas, korosifitas, dan reaktivitas. Kemungkinan bahaya akan muncul kapan saja meski dalam kondisi kriogenik atau tekanan.

#### 2.2. Gas Alam Cair (LNG)

LNG (liquefied Natural Gas) atau Gas Alam Cair adalah gas alam yang sudah dikonversi menjadi cairan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi ruang,

karena 610 kaki kubik gas alam dapat dikonversi menjadi 1 kaki kubik gas alam cair (LNG). Mengkonversi gas alam menjadi LNG membuatnya lebih mudah untuk disimpan dan lebih mudah untuk diangkut saat jaringan pipa tidak lagi tersedia (Geost, 2016).

Dibawah ini ada komposisi LNG dari beberapa kilang minyak dan gas di Indonesia:

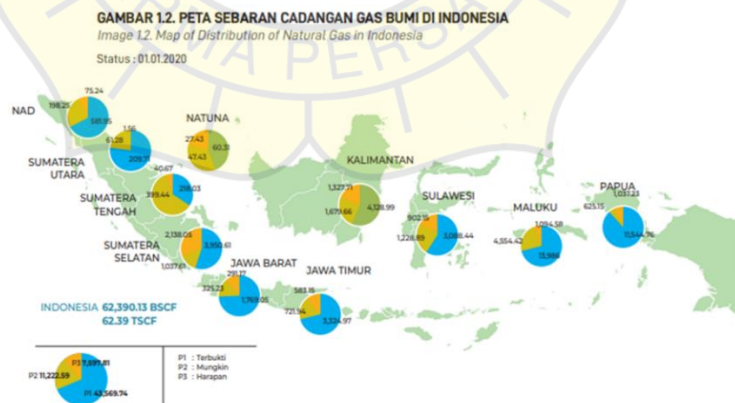
Tabel 2.1. Komposisi LNG di Indonesia

Asal	Nitrogen (N <sub>2</sub> )	Metana (CH <sub>4</sub> )	Etana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Propana (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	Butana (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	LNG density (kg/m <sup>3</sup> )	Gas density (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Arun</b>	0,2	90,7	6,2	2,0	1,0	457	0,803
<b>Badak</b>	0,0	91,2	5,5	2,4	0,9	456	0,801
<b>Tangguh</b>			2,9	0,5	0,2	432	0,744

Sumber: International Gas Union (2012)

### 2.2.1. Sumber Gas Alam di Indonesia

Setelah tahun 2015, penggunaan LNG difokuskan untuk kepentingan domestik, sehingga ekspor dibatasi setelah adanya perubahan pada kilang Arun dari yang sebelumnya digunakan untuk memproduksi LNG sekarang menjadi proses regasifikasi, maka kilang LNG yang beroperasi di Indonesia hanya sebanyak 3 yaitu Kilang LNG Badak, Kilang LNG Tangguh, serta kilang LNG Donggi-Senoro. (Zamzami, 2022).



Sumber: Dirjen Migas, 2020

Gambar 2.1 Cadangan Gas Bumi di Indonesia

### 2.2.2. Lokasi PLTMG Penerima LNG di Nias

Letak daripada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) sebagai penerima LNG berada di daerah Gunung Sitoli salah satu kota yang ada di Pulau Nias, Provinsi Sumatera Utara. PLTMG MPP Nias dan MPP Sumbagut ini dapat menghasilkan listrik sebesar total 59 Megawatt yang digunakan untuk kebutuhan kelistrikan rumah tangga, komersial, industri, dan kantor pemerintahan yang ada di Kepulauan Nias.



Sumber: (RUPTL PLN, 2021-2030)

Gambar 2.2 Perencanaan Sistem PLTMG Nias

### 2.2.3. Rantai Pasokan LNG (*Supply Chain*)

Ada beberapa tahap untuk mendistribusikan LNG sampai pada konsumen (Pengguna). Proses itu dimulai dari produksi yang dilakukan di *Liquefaction Plant* hingga LNG terminal. sebagai berikut proses distribusi yang dilakukan:

#### 1. Produksi dan *Liquefaction* (Pencairan)

Di tahap ini gas alam diproduksi di ladang penghasil gas alam lalu dialirkan menuju LNG *plant* untuk dikonversikan menjadi gas alam cair atau LNG. Dan biasanya ladang penghasil gas alam dengan LNG *plant* ini berdekatan tempatnya.

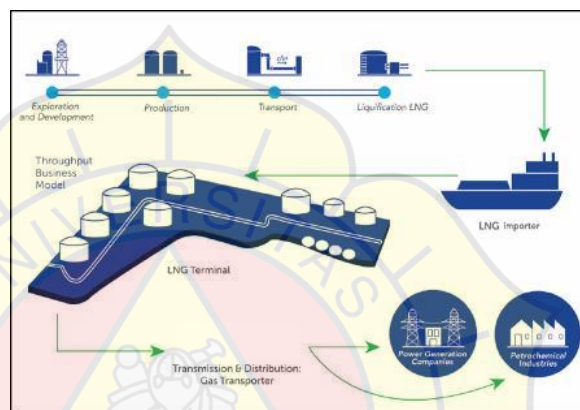
#### 2. Transportasi LNG

Mengenai transportasi LNG ini memakai kapal-kapal pengangkut LNG/Tanker yang sudah dirancang khusus untuk pemuatan LNG. Dengan menggunakan *double wall* agar dapat mencegah kebocoran

yang terjadi akibat kecelakaan. LNG dapat disimpan kedalam tangki dengan suhu  $-162$  derajat celsius dengan berbagai model tangki seperti *membrane tank*, *mos spherical tank*, *prismatic tank*.

### 3. Penyimpanan dan Regasifikasi

Setelah dibawa dengan kapal LNG Carrier, LNG dipindahkan ke fasilitas penerimaan LNG (*Onshore Receiving Facilities*) untuk diregasifikasi yaitu proses merubah gas alam cair (LNG) menjadi gas alam biasa sebelum dilanjutkan pengiriman gas kepada pengguna nantinya.



Sumber: geologinesia.com




Gambar 2.3 Skema Distribusi LNG

#### 2.2.4. Model Tangki Penyimpanan LNG

Pada tahun 1975 pertemuan ke 9 dari IMO mengadopsi *code on the construction and equipment of vessels transporting LNG in tanks A.328 (IX)* sebuah aturan yang menetapkan standar internasional untuk kapal yang mengangkut LNG dalam jumlah besar. Peraturan ini menjadi wajib (*enforced*) pada tahun 1986 dan biasa disebut sebagai *IMO International Gas Carrier Code*. Persyaratan kode ini juga termasuk dalam aturan untuk kapal yang membawa LNG dan dikeluarkan oleh *Lloyd's Register* dan klasifikasi lainnya.



Tabel 2.2 Jenis dan Fitur tangki penyimpanan LNG

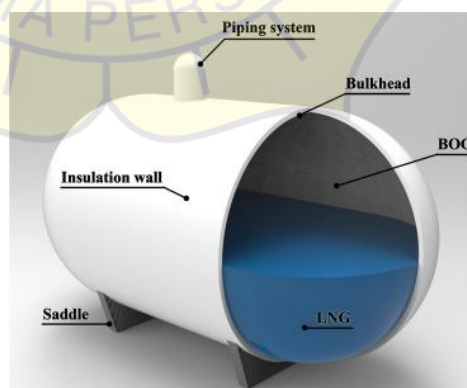
Type	Independent tank Type A	Independent tank Type B	Independent tank Type C	Membrane
Shape				
Design Vapor Press.	<0.07MPa	<0.07MPa	High pressure	$\leq 0.025$ MPa
Records of Gas carrier	Medium to Large LPG ship	Large LNG ship	Small LPG ship Small LNG ship	Large LNG ship
Records of Gas fuelled ship	Nil	Nil (under consideration)	Good	Nil
Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Good volume efficiency (Prismatic tank)</li> <li>• Complete secondary barrier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume efficiency Spherical: Low Prismatic: Good</li> <li>• Detail fatigue analysis required</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple design &amp; construction</li> <li>• Flexibility of work. pressure</li> <li>• Low volume efficiency</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Good volume efficiency</li> <li>• Complete secondary barrier</li> <li>• Sloshing concern</li> </ul>

Sumber: NKK, Alternative Fuels and Energy Efficient (2018)

Melihat tabel yang ada diatas ada 4 model tangki penyimpanan LNG, Yaitu Independent tank dengan Type A, B, dan C lalu terakhir ada membrane tank. Dalam aturan IACS (International Association of Classification Societies) memberikan penjelasan terkait dengan jenis tangki kapal gas yang lebih rinci yaitu:

- *Independent Tanks Type C*

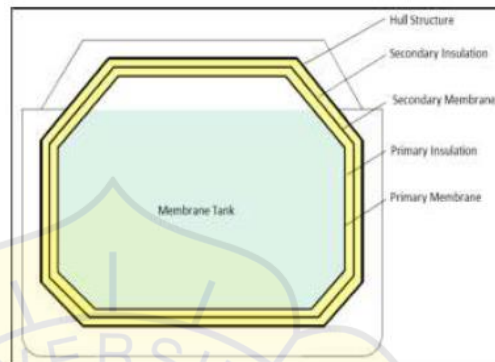
*Independent tanks type C* adalah tangki yang memenuhi kriteria *pressure vessel* dan memiliki desain tekanan uap  $P_0$  tidak kurang dari (IACS, 2016): *Independent tanks type C* umumnya digunakan oleh *Small Scale LNG Carrier* maupun kapal pengangkut LPG, *ethane*, *ethylene*, *propylene*, dan *petrochemicals* lainnya.



Sumber: (Applied Thermal Engineering, 2017)

Gambar 2.4 Spherical type C LNG Tanks

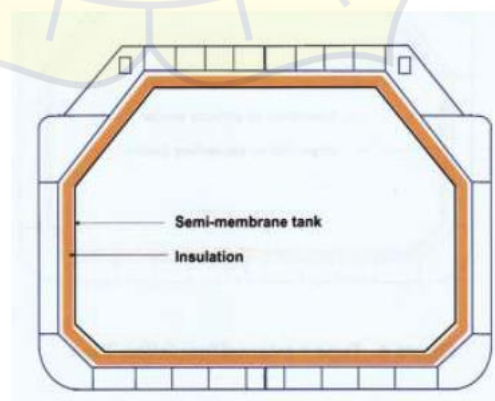
- Tangki Membrane adalah tangki *non supported tank* yang terdiri dari lapisan tipis (membran) yang ditunjang melalui isolasi oleh lambung yang berdekatan dengan struktur. Membran ini dirancang sedemikian rupa sehingga termal dan ekspansi lainnya atau pemuaiannya dikompensasikan tanpa harus menekankan dari membran. Membran tank terutama digunakan untuk kapal pengangkut LNG.



Sumber: IMO,1993

Gambar 2.5 Membrane Tank

- *Semi-Membrane Tanks* adalah tangki *non supported tank* yang dalam kondisi yang memiliki beban. Bagian datar dari tangki mensupport untuk mentransfer berat beban dan kekuatan dinamis melalui lambung, tetapi sudut bulat dan ujung-ujungnya tidak mensupport sehingga tangki berekspansi dan berkontraksi yang disalurkan akan tertahan. Tangki tersebut dikembangkan untuk pengangkutan LNG, tetapi telah digunakan untuk kapal sebagian kecil Kapal LPG.



Sumber: IMO,1993

Gambar 2.6 Semi Membrane Tank



### 2.2.5. Jenis Penyaluran LNG

Ada berbagai macam model bongkar muat yang digunakan untuk penyaluran LNG sebelum sampai ke tujuan akhir yaitu pengguna atau masyarakat. Pada umumnya model tersebut banyak digunakan ketika proses transfer LNG berlangsung. Beberapa model tersebut di antara lain adalah:

#### 1. *Ship to Ship Type*

Tipe *ship to ship* menggunakan tali yang akan ditembakkan dari kapal LNG menuju FRSU, setelah itu tali tersebut akan digulung pada drum untuk memperoleh selang fleksibel (*flexible hose*) yang akan dikoneksikan ke FSRU (*Floating Storage Resification Unit*). (Ryadenata,2016).

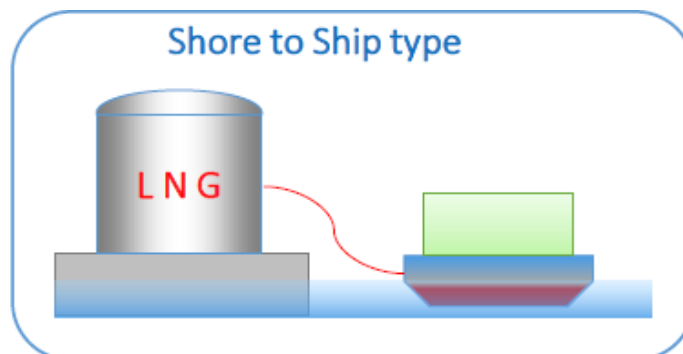


Sumber: Alternative Fuels and Energy Efficient (2018)

Gambar 2.7 Bongkat Muat Tipe *Ship to Ship*

#### 2. *Shore to Ship Type*

Tipe *Shore to Ship* adalah tipe penyaluran LNG yang disalurkan melalui (*Pipeline*) dari kapal LNG langsung dihubungkan ke *Storage Tank LNG* yang ada di Terminal penerima.

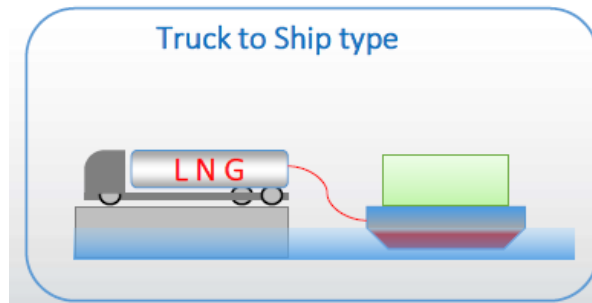


Sumber: Alternative Fuels and Energy Efficient (2018)

Gambar 2.8 Bongkat Muat Tipe *Shore to Ship*

### 3. *Truck to Ship Type*

Tipe penyaluran LNG ini menggunakan *Pipeline* dari kapal transfer ke mobil Kontainer yang ada di pinggir Pelabuhan.

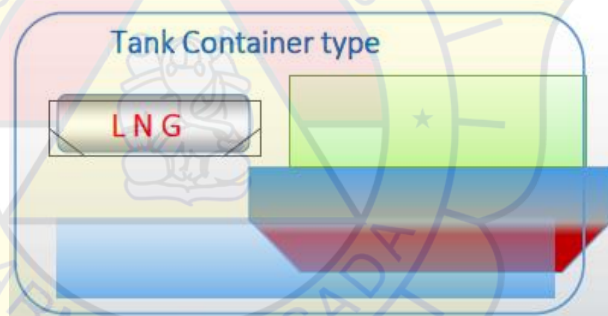


Sumber: NKK, Alternative Fuels and Energy Efficient (2018)

Gambar 2.9 Bongkat Muat Tipe *Truck to Ship*

### 4. *Tank Container Type*

Tipe penyaluran ini cocok digunakan pada kapal small LNG carrier karena pembongkaran yang mudah hanya memindahkan container ke Pelabuhan menggunakan Crane.



Sumber: NKK, Alternative Fuels and Energy Efficient (2018)

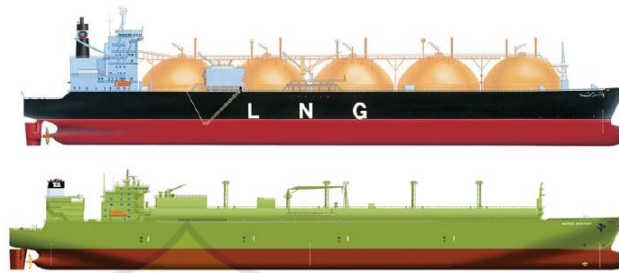
Gambar 2.10 Bongkat Muat Tipe *Tank Container*

## 2.3. Kapal Pengangkut Gas Alam Cair

### 2.3.1 LNG Carrier

*LNG Carrier* adalah transportasi pengangkut *LNG* yang banyak digunakan saat ini. Kapal tipe ini biasanya mempunyai kapasitas muat tangki yang besar untuk melayani pengangkutan *LNG* jarak jauh. Disisi lain dengan kapasitas muat tangki yang besar ini menyebabkan *draught* yang di miliki kapal tersebut tergolong cukup tinggi sehingga pelayaran yang dilewati terbatas dan tidak dapat menjangkau daerah terpencil.

Selain itu ciri khas dari LNG *carrier* adalah kapal ini menggunakan *mild steel* karena suhu LNG yang sangat rendah. Prosedur bongkar muat dan sandar juga dilakukan dengan sangat hati-hati, hal ini disebabkan karena LNG tergolong *cryogenic fluid* sehingga harus ditangani dengan mesin fluida khusus (Ryadenata, 2016).



Sumber: Reliability Engineering and System Safety 93 (2008)

Gambar 2.11 LNG Carrier Moss Spherical Tank Membrane Tank

Pada kapal LNG yang menggunakan tipe tangki *Moss Spherical Tanker* itu memiliki tangki yang berbentuk bulat lalu untuk *membrane tank* ini memiliki tangki yang berbentuk prisma. Dan 2 model tangki ini umumnya dipakai untuk LNG Carrier yang berlayar dengan jarak jauh dalam artian bisa menjangkau antar negara dan benua.

### 2.3.2 Kapal LCT

*Landing Craft Tank (LCT)* adalah sebuah jenis kapal laut yang pada mulanya dirancang untuk untuk pengangkutan *heavy cargo*, *bulldozer*, *excavator*, *truck*, *loader* dan alat berat lainnya. Selain itu bahan-bahan konstruksi berukuran besar seperti pipa besi, lembaran baja, tangki air dan sebagainya juga dapat diangkut. LCT biasanya digunakan untuk mengangkut barang ke daerah-daerah terutama yang terletak di pulau atau daerah terpencil lebih efisien daripada menggunakan kapal tongkang (Gafur, 2016).



Sumber: maritimeworld.web.id

Gambar 2.12 *Landing Craft Tank (LCT)*

Pada prinsipnya kapal LCT ini memiliki geladak yang terbuka yang memungkinkan untuk membawa segala jenis kargo yang dapat dimuatnya. Seiring dengan berjalannya waktu kapal ini dikembangkan untuk bisa mengangkut LNG yang kemudian akan disimpan di dalam ISO *tank container* agar dapat diangkut dengan mudah.

### 2.3.3 Kapal *Supply Vessel*

Kapal *supply vessel* adalah kapal yang dirancang secara khusus. Berfungsi sebagai kapal pemasok kebutuhan *rig* dan *offshore platform* serta sebagai penunjang kegiatan di lepas pantai. Jenis *Supply Vessel* yang Menjadi Obyek Penelitian dibedakan menjadi dua. Masing-masing adalah *platform supply vessel* yang berfungsi mengangkut kebutuhan *rig* dan *offshore platform* dan *crew supply vessel* atau *crewboat* berfungsi untuk pergantian *crew* yang bekerja di *rig* dan *offshore platform* (Farid 2012).



Sumber: DOF Fleet Book

Gambar 2.13 *Platform Supply Vessel*

Kapal ini bisa dijadikan pilihan yang tepat untuk mengangkut LNG karena memiliki geladak yang cukup luas dan kapasitas yang besar. jarak pandang tidak terganggu oleh muatan dikarenakan anjungan berada dibagian Haluan kapal. Sehingga Ketika LNG diangkut oleh ISO-Tank dibagian geladak kapal maka dapat dibuat bertumpuk-tumpuk sampai batas maksimal yang dapat diangkut oleh kapal ini.

#### 2.4. Desain *Small LNG Carrier*

Pada prinsipnya kapal memiliki sebuah dimensi Panjang (*Length*), lebar (*beam*), tinggi (*depth*), dan sarat (*draft*) yang demikian itu memiliki pengaruh terhadap parameter yang ada pada “Parametric Design, 2021”.

Parameter	Primary influence of Dimensions
Length	Resistance, capital cost, Maneuverability, longitudinal strength, Hull volume, Seakeeping
Beam	Transverse stability, resistance, Maneuverability, Capital cost, hull Volume
Depth	hull volume, longitudinal strength, Transverse stability, capital cost, Freeboard
Draft	displacement, freeboard, resistance, Transverse stability

Sumber: Parametric Design, 2001

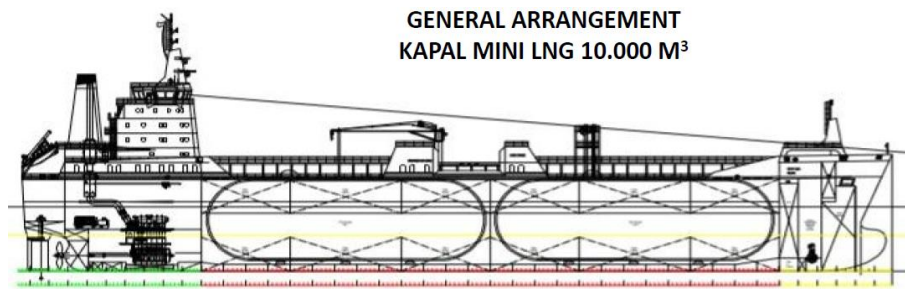
Gambar 2.14 Pengaruh Dimensi Lambung Kapal

Pada tahun 2020 (Bidang Pengkajian dan Penerapan Teknologi) atau yang lebih dikenal dengan BPPT mengeluarkan sebuah desain inovasi kapal mini LNG. Inovasi ini dibuat untuk *Supply Chain* LNG untuk pengembangan Kawasan industri di Indonesia timur. Tapi ini tidak menutup kemungkinan untuk dipakai di seluruh Indonesia dengan kebutuhan dan permintaan tertentu.

Model kapal yang sedang dikembangkan oleh BPPT di bidang teknologi industri rancang bangun dan rekayasa adalah *Small LNG Carrier* dengan angkutan LNG konvensional dan ISO-Tank. Dibawah ini ada beberapa desain ukuran *Small LNG Carrier*:



## 1. Kapal Mini LNG 10.000 m<sup>3</sup>



Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Gambar 2.15 Kapal Mini LNG 10.000 m<sup>3</sup>

Kapal ini memiliki ukuran utama sebagai berikut:

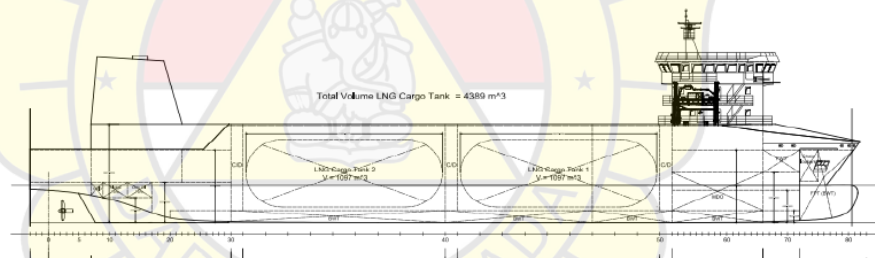
LOA : 145 m                      B : 22 m

LPP : 136,67 m                  T : 7,5 m

LWL : 136,24 m                H : 10 m

Dengan volume cargo tank yaitu 1.329 m<sup>3</sup> dan total volume 8 tangki 10.632 m<sup>3</sup>.

## 2. Kapal Mini LNG 6.000 m<sup>3</sup>



Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Gambar 2.16 Kapal Mini LNG 6.000 m<sup>3</sup>

Kapal ini memiliki ukuran utama sebagai berikut:

LOA : 95,49 m                      B : 20,7 m

LPP : 92,44 m                      T : 4,56 m

LWL : - m                              H : 12,20 m

Dengan volume cargo tank yaitu 1.097 m<sup>3</sup> dan total volume 4 tangki 4.389 m<sup>3</sup>.

## 2.5. Hambatan Kapal

Berdasarkan pada proses fisiknya bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan

viskos. Sedangkan fluida tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas. Kemudian Hambatan disederhanakan lagi dengan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan gelombang (*wave making resistance*) dan hambatan viskos (*viscous resistance*) (Putra, 2017).

## 2.6. Stabilitas Kapal

Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu (International Maritime Organization, 2008):

- a. Faktor internal yaitu tata letak barang/cargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan
- b. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai

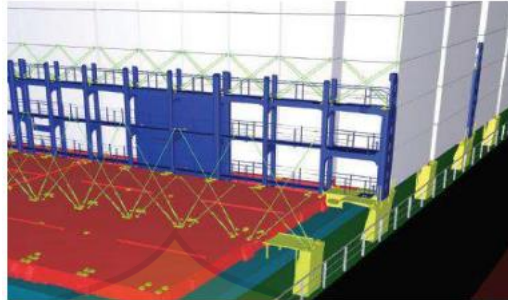
Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal jenis umum yang mengacu pada Intact Stability (IS) Code Reg. III/3.1. Kriteria tersebut antara lain adalah:

1. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (GZ curve) antara sudut  $0^\circ - 30^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad atau 3.151 m.deg.
2. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (GZ curve) antara sudut  $0^\circ - 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.090 m.rad atau 5.157 m.deg.
3. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (GZ curve) antara sudut  $30^\circ - 40^\circ$  atau antara sudut *downflooding* (f) dan  $30^\circ$  jika nilai GZ maksimum tidak mencapai  $40^\circ$ , tidak boleh kurang dari 0.030 m.rad atau 1.719 m.deg.
4. Lengan pengembali GZ pada sudut oleng sama dengan atau lebih dari  $30^\circ$  minimal 0.200 m.
5. Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng sebaiknya mencapai  $30^\circ$  atau lebih, tetapi tidak kurang dari  $15^\circ$ .
6. Tinggi titik metacenter awal (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 m.

## 2.7. Lashing

*Lashing* merupakan alat keselamatan pada kapal yang berfungsi untuk mengikat kontainer. Sistem pada *lashing* terbagi kepada dua bagian, yaitu turnbuckle dan lashing bars. Pada saat dipelabuhan penguatan dilakukan oleh

turnbuckle. Pengikatan sistem ini tentunya harus kencang agar kontainer dalam keadaan tidak bergerak saat pelayaran. Tingkat penguatan pada saat dipelabuhan ada batasnya, hal ini dikarenakan saat pelayaran tegangan sistem pada *lashing* akan bertambah yang diakibatkan pengaruh dari berat kontainer. (Aufar, 2018).



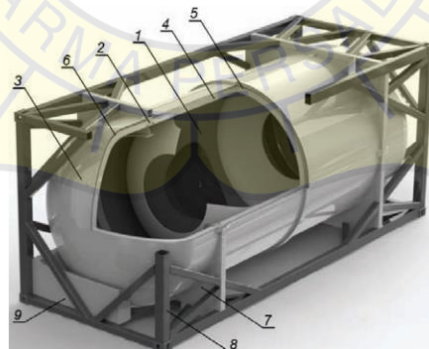
Sumber: (McGregor, 2016)

Gambar 2.17 *Lashing Container*

## 2.8. ISO-Tank Kontainer

Pada dasarnya ISO tank kontainer adalah bejana IMO tipe-C yang dipasang dalam kerangka ukuran standar ISO dengan panjang 20, 30 atau 40 ft. Tangki juga dapat bertindak sebagai unit penyimpanan statis. (Nugroho,2020).

Dibawah ini ada konstruksi dari bagian ISO-Tank Container:



Sumber: (Lisowski & Czyzycki, 2011)

Gambar 2.18 *ISO-Tank Container*

Menurut (Istituto Internazionale delle Comunicazioni, 2018), karakteristik teknis dari ISO tank adalah sebagai berikut:

- Design code IMDG, TPED, ADR, RID, IMO Type-C dan sesuai frame ISO;
- Ukuran 20, 30 atau 40 kaki;

- Kapasitas dari 16000 hingga 45000 liter;
- Kisaran tekanan dari 4 hingga 25 bar;
- Temperatur desain  $-196^{\circ}\text{C}$ ;
- Berat kotor maksimum 34000 kg;

Beberapa regulasi terkait transportasi LNG dalam ISO tank container berdasarkan *Istituto Internazionale delle Comunicazioni* (2018) adalah sebagai berikut:

1. Directive 2010/35/EU-TPED- *Transportable Pressure Equipment Directive*;
2. CSC - *The International Convention for Safe Containers 1972*;
3. ADN: *International Carriage of Dangerous Goods*.

## 2.9 Seakeeping (Olah Gerak Kapal)

Seakeeping adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut.

Ada enam jenis gerakan kapal dilaut yaitu tiga gerakan translasi (Surging, Swaying dan Heaving ) dan gerakan tiga gerakan rotasi (Rolling, Pitching dan Yawing). Dalam penelitian olah gerak kapal, gerakan yang dilihat adalah gerakan yang mampu direspon oleh kapal, yaitu *Rolling, Heaving, Pitching*. Efektivitas pengoperasian kapal di laut pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh kemampuan kapal untuk tetap selamat (*Seaworthiness*) dan karakteristik yang menekankan pada respon kapal terhadap kondisi operasional di laut (*Seakindliness*), kedua hal tersebut merupakan kriteria utama yang harus dipenuhi oleh suatu kapal, yang erat dengan karakteristik gerakan kapal (Manik,2007).

## 2.10 Skala Likert

Skala Likert adalah skala yang digunakan untuk mengukur persepsi, sikap atau pendapat seseorang atau kelompok mengenai sebuah peristiwa atau fenomena sosial. Terdapat dua bentuk pertanyaan dalam skala likert, yaitu bentuk pertanyaan positif untuk mengukur skala positif, dan bentuk pertanyaan negatif untuk mengukur skala negatif. Pertanyaan positif diberi skor 5, 4, 3, 2, dan 1; sedangkan bentuk pertanyaan negatif diberi skor 1, 2, 3, 4, dan 5 (Pranatawijaya, 2019).

### 2.11 *Deck Wetness*

*Deck Wetness* adalah kondisi air masuk ke geladak kapal yang disebabkan oleh frekuensi gelombang yang memiliki nilai *amplitude* yang besar. Semakin besar ombak yang naik maka gelombang amplitudonya semakin besar pula dan hal ini berhubungan dengan keselamatan kapal.

Ada 2 pilihan untuk memperbaiki situasi deck wetness ini yang pertama adalah dengan cara menaikkan freeboard. Dan cara kedua ialah menggunakan chamber yang memadai dan pemecah gelombang pada bagian *foredeck*. sehingga sejumlah besar air dapat dikirim keluar dari kapal dengan cepat dan aman (Fajar, 2017).

