

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



MAKALAH

**PENINGKATAN PENANGANAN BONGKAR MUAT LNG
DI KAPAL S.T. EKAPUTRA**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan
Untuk Penyelesaian Program Diklat Pelaut – I**

Oleh:

**DAWIN
NIS. 01400/T**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT-I
JAKARTA
2017**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



MAKALAH

**PENINGKATAN PENANGANAN BONGKAR MUAT LNG
DI KAPAL S.T. EKAPUTRA**

Oleh:

**DAWIN
NIS. 01400/T**

**PROGRAM PENDIDIKAN DIKLAT PELAUT-I
JAKARTA
2017**

**KEMENTERIAN PERHUBUNGAN
BADAN PENGEMBANGAN SDM PERHUBUNGAN
SEKOLAH TINGGI ILMU PELAYARAN**



TANDA TANGAN PENGESAHAN MAKALAH

N a m a : DAWIN
N I S : 01400 / T
Program Pendidikan : DIKLAT PELAUT – I
Jurusan : TEKNIKA
J u d u l : PENINGKATAN PENANGANAN BONGKAR MUAT
LNG DI KAPAL S.T. EKAPUTRA

Penguji I

Penguji II

Penguji III

M. HASAN HABLI MM
Pembina Utama Muda (IV/c)
NIP. 19581008 199808 1 001

NAFI ALMUZANI. MMTr
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19720901 200502 1 001

Drs. SUSILO. MMTr
Pembina (IV/a)
NIP. 19551128 197710 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknika

NAFI ALMUZANI. MMTr
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 19720901 200502 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah S.W.T. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan makalah ini sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dengan judul:

“PENINGKATAN PENANGANAN BONGKAR MUAT LNG DI KAPAL S.T. EKAPUTRA”

Makalah ini disusun dan diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan yang wajib dilaksanakan oleh setiap perwira siswa dalam menyelesaikan pendidikan di Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran (STIP) Jakarta pada jenjang terakhir pendidikan pelaut Jurusan Teknika.

Penulis menyadari bahwa didalam makalah ini masih belum sempurna, baik dari segi materi maupun dari teknik penulisannya. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan masukan atau kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar tercipta hasil karya yang lebih baik lagi dimasa mendatang.

Dengan terbatasnya waktu pembelajaran materi, penulis tetap berharap bahwa makalah ini dapat menjadi sumbangan ilmu pengetahuan tentang manajemen penanganan bongkar muat di kapal LNG, dan besar harapan penulis agar sekiranya makalah ini bisa mendukung program STIP dalam rangka meningkatkan mutu pendidikan.

Demi sempurnanya makalah ini, penulis menyadari begitu banyak bimbingan dan bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari semua pihak yang turut ambil bagian dalam penulisan, sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Untuk itu, secara khusus dan dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Yth. Bapak Capt. Marihot Simanjuntak, MM selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran Jakarta.
2. Yth. Bapak Nafi Almuzani, M.MTr selaku Ketua Jurusan Teknika.
3. Yth. Bapak Drs. Bambang Sumali, Msc selaku Kepala Divisi Pengembangan Usaha.

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran 1 Ilustrasi Proses LNG
2. Lampiran 2 Proses Pencairan Gas Alam Dengan Menggunakan Sistem Pendingin Multi Komponen APCI
3. Lampiran 3 Proses Penanganan LNG
4. Lampiran 4 Proses *Stratification*
5. Lampiran 5 Sistem Terbentuknya *Boil Off Gas LNG*
6. Lampiran 6 Sistem *Boil Off Gas* Pada Saat *Ballast Voyage*
7. Lampiran 7 Klasifikasi Jenis Tangki Muatan Untuk Kapal LNG(IMO)
8. Lampiran 8 Konstruksi Tangki Membrane NO96
9. Lampiran 9 Konstruksi Tangki Membrane Mark III
10. Lampiran 10 Konstruksi Tangki Tipe Moss
11. Lampiran 11 Konstruksi Tangki Tipe SPB
12. Lampiran 12 Sistem Perlindungan Tangki
13. Lampiran 13 Cargo Tank Cool Down menggunakan Liquid Muatannya Sendiri
14. Lampiran 14 *Line Cool Down*
15. Lampiran 15 Cargo Tank Cool Down Menggunakan LNG Dari Darat
16. Lampiran 16 Equator



BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sebelum membahas lebih jauh, mungkin sekedar pengenalan sedikit mengenai gas alam cair atau sering kita sebut LNG (*Liquefied Natural Gas*), yaitu gas alam yang diproses untuk menghilangkan pengotor atau sampah (impuritas) dan hidrokarbon fraksi berat dan selanjutnya dikondensasi menjadi cairan pada tekanan atmosfer dengan mendinginkannya sekitar -160°C . LNG didominasi oleh metana dan etana. LNG memiliki perbandingan sekitar 1/640 pada suhu dan tekanan standar dalam isi dengan tujuan efisiensi dalam penyimpanan dan transportasi. LNG menawarkan kepadatan energi sebanding dengan bahan bakar petrol dan diesel serta menghasilkan polusi yang lebih sedikit, tetapi biaya produksi relatif tinggi dan kebutuhan penyimpanannya yang menggunakan tangki *cryogenic* yang mahal telah mencegah penggunaannya dalam aplikasi komersial.

Kondisi yang dibutuhkan untuk memadatkan gas alam tergantung dari komposisi gas itu sendiri, pasar yang akan menerima serta proses yang digunakan, namun pada umumnya menggunakan suhu sekitar -120°C hingga -170°C (methana murni menjadi cair pada suhu -161.6°C) dengan tekanan 101 hingga 6000 kPa. Gas alam bertekanan tinggi yang telah didapat kemudian diturunkan tekanannya untuk penyimpanan dan pengiriman. Kepadatan LNG kira-kira 0,41-0,5 kg/L, tergantung suhu, tekanan, dan komposisi. Sebagai perbandingan, air memiliki kepadatan 1,0 kg/L. LNG berasal dari gas alam yang merupakan campuran dari beberapa gas yang berbeda, sehingga tidak memiliki nilai panas yang spesifik. Nilai panasnya bergantung pada sumber gas yang digunakan dan proses yang digunakan untuk mencairkan bentuk gasnya. Nilai panas tertinggi LNG berkisar 24MJ/L pada suhu -164°C dan terendahnya 21MJ/L.

Pada tahun 1964 Inggris dan Perancis adalah pembeli LNG dalam perdagangan LNG dunia dari Aljazair, sebagai saksi dari era baru energi. Karena kebanyakan

pabrik LNG terletak di wilayah terpencil yang tidak memiliki jalur pipa, biaya perawatan dan transportasi LNG sangat besar sehingga pengembangannya melambat pada setengah abad terakhir. Pembangunan pabrik LNG menghabiskan biaya AS\$1-3 miliar, biaya terminal penerimaan AS\$0.5-1 miliar dan pengangkut LNG AS\$0,2-0,3 miliar. Dibandingkan dengan minyak mentah, pasar gas alam kecil namun matang. Pengembangan komersial LNG adalah sebuah gaya yang disebut rantai nilai, yang berarti pensuplai LNG awalnya memastikan pembeli dan kemudian menandatangani kontrak 20-25 tahun dengan isi perjanjian yang ketat. Perdagangan LNG sebagian besar dilakukan berdasarkan kontrak jangka panjang 20 tahun atau lebih. Meskipun demikian, saat ini juga telah terdapat kontrak jangka menengah 3 sampai 10 tahun. Pada tahun 2004 saja, volume kontrak jangka menengah dan jangka panjang ini mencapai 138.79 MT, dimana Asia memiliki porsi yang cukup signifikan dalam kontrak tersebut. Sebagian kecil LNG diperdagangkan pada pasar spot. Pada tahun 2003, volume LNG yang diperdagangkan di pasar spot mencapai 14,8 Bcm(10,8 MT). Meskipun baru mencapai 8,7% dari perdagangan total LNG, dengan besarnya ekspansi kapasitas produksi dan penggunaan yang lebih efektif dari kapasitas tersebut, sangat dimungkinkan bahwa perdagangan spot LNG akan meningkat pesat.

Penentuan harga LNG berbeda setiap wilayah. Di Asia, harga umumnya dikaitkan dengan JCO (Japan Crude Oil), yang mana adalah harga Cost, Insurance, Freight (CIF) rata-rata minyak mentah Jepang. Di Eropa, harga impor LNG biasanya dikaitkan dengan produk perminyakan dan harga minyak mentah Brent. Di Eropa, harga LNG juga bersaing dengan gas pipa. Di Amerika Serikat, harga lebih ditentukan oleh penawaran dan permintaan berdasarkan perdagangan perdagangan gas alam pada berbagai *hub* seperti *Henry hub* (titik yang terdapat di Louisiana di mana 17 pipa gas bertemu, sehingga menciptakan titik referensi kompetitif) ditambah faktor perbedaan geografi. Administrasi informasi Energi dan Departemen Energi Amerika Serikat memberikan perkiraan perdagangan LNG pada 2002 sebagai berikut:

Negara	Volume Ekspor		Negara	Volume Impor	
	(10 ⁹ ft ³)	(10 ⁶ t)		(10 ⁹ ft ³)	(10 ⁶ t)

Indonesia	1,100	23,0	Jepang	9,200	188,3
Aljazair	935	19,6	Korea Selatan	2,000	40,7
Malaysia	741	15,6	Perancis	511	10,7
Qatar	726	14,9	Taiwan	363	7,5
Nigeria	394	8,2	Britania Raya	356	7,3
Australia	367	7,7	Amerika Serikat	229	4,8
Oman	356	7,3	Turki	224	4,6
Brunei Darussalam	351	7,2	Portugal	146	3,3
Uni Emirat Arab	278	5,7	Spanyol	131	2,7
Rusia	234	4,8	Italia	130	2,7
Trinidad dan Tobago	189	4,0	Belgia	124	2,6
Amerika Serikat	68	1,4	India	122	2,5

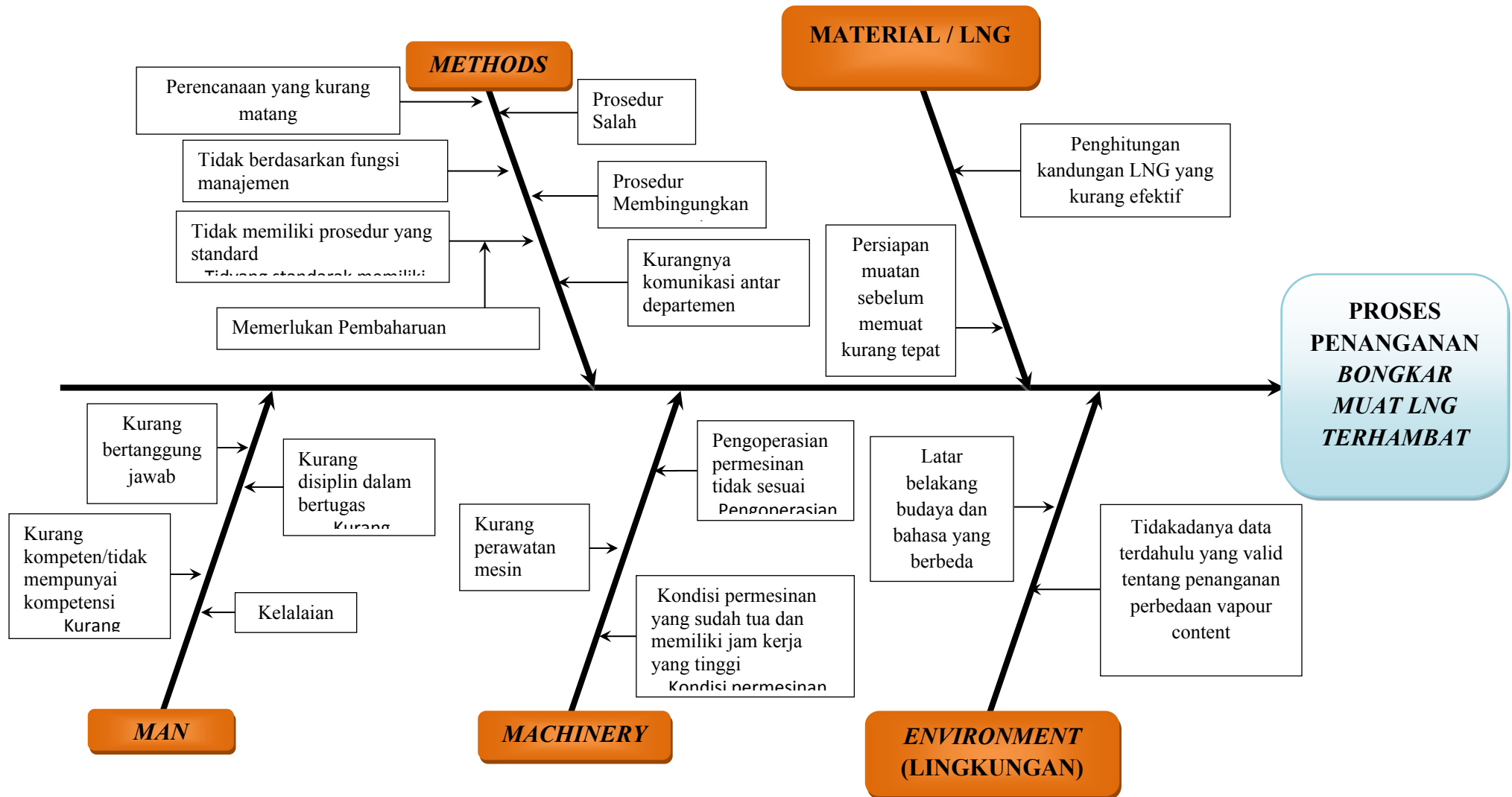
Dari data di atas tampak bahwa Indonesia adalah negara terbesar pengeksport LNG, dan Jepang adalah importir terbesar LNG. Menyadari besarnya potensi dan peluang yang dimiliki inilah, maka di Indonesia sendiri, pada saat ini telah memiliki kilang yang telah beroperasi dan menghasilkan LNG antara lain : PT.Arun Natural Gas Liquefaction di Aceh, PT. Badak Natural Gas Liquefaction di Bontang, LNG Tangguh di Teluk Bintuni Papua Barat dan LNG Donggi Senoro di Sulawesi Tengah. Dengan keberadaan kilang tersebut, tidak mengherankan bila Indonesia merupakan salah satu penghasil LNG terbesar di kawasan ASEAN.

Dengan besarnya potensi kilang-kilang tersebut maka, semakin besar pula kebutuhan akan moda transportasi pengirim LNG tersebut ke berbagai negara

pemakai LNG ini seperti Jepang, Korea, Cina dan lain-lain. Selain itu pula, seiring dengan kebijakan pemerintah untuk menggiatkan pemakaian LNG skala domestik, maka terjadi pula kenaikan armada transportasi di dalam negeri ditandai dengan telah beroperasinya kapal FSRU (*Floating Storage and Regasification Unit*) antara lain FSRU Lampung, FSRU Jawa Barat dan terminal-terminal LNG di berbagai daerah seperti di Bontang yang *end user* nya adalah PT. Indominco Mandiri yang bergerak di bidang penambangan batubara. Seiring dengan semakin pesatnya perkembangan ilmu dan teknologi serta semakin banyaknya negara-negara maju yang diikuti oleh negara-negara berkembang seperti salah satu contohnya adalah Indonesia yang mulai menggunakan LNG sebagai bahan bakar suatu industri, pembangkit tenaga listrik dan gas rumah tangga, maka semakin besar pula jumlah LNG yang di konsumsi. Oleh karena itu, dibutuhkan alat transportasi sebagai sarana pengangkutan LNG ke negara-negara ataupun daerah-daerah di Indonesia yang membutuhkan LNG tersebut. Dalam perkembangannya, Indonesia akan memperbesar porsi pembangkit listrik dengan bahan bakar utama gas sebagaimana tertuang dalam kebijakan pemerintah yang direalisasikan oleh PT. Pertamina (Persero) sebagai BUMN yang bertanggung jawab terhadap minyak dan gas bumi sebagaimana tertuang dalam UU Nomor 22 tahun 2001. Untuk mewujudkan kebijakan pemerintah, Pertamina berencana membangun lima terminal termasuk regasifikasi untuk gas alam cair dan sisanya berada di atas laut atau berupa FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*) serta mini terminal LNG yang tersebar di seluruh penjuru tanah air Indonesia.

Proses konversi bahan bakar minyak ke gas alam cair untuk pembangkit tenaga listrik ini, selain diikuti dengan pembangunan infrastruktur terminal, regasifikasi LNG dan penambahan jaringan pipa gas, juga diikuti oleh pesatnya pertumbuhan armada transportasi laut dengan jenis LNG *tanker* yang beroperasi di wilayah perairan Indonesia yang digunakan sebagai sarana pengangkut LNG dari kilang menuju terminal atau FSRU-FSRU yang telah di tentukan. Sesuai dengan pembahasan sebelumnya, kapal merupakan alat transportasi laut yang dinilai efektif dan efisien baik ditinjau dari segi pengoperasian, waktu maupun dilihat dari kapasitas atau tempat muatan. Selain itu apabila ditinjau dari fungsi dan dari segi keamanannya kapal LNG *tanker* merupakan sarana transportasi laut yang paling tepat dan aman, karena kapal LNG didesain secara khusus sesuai dengan ketentuan atau peraturan-peraturan internasional yang berlaku dan teknologi yang canggih.

B. KERANGKA PEMIKIRAN



BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

Penanganan bongkar muat LNG yang baik sangat ditentukan oleh koordinasi yang baik antar kapal dan pihak terminal. Persiapan dan kesiapan yang baik dalam menghadapi situasi darurat selama bongkar muat juga menjadi unsur keberhasilan yang mutlak diperlukan di atas kapal. Oleh karena itu perlu diperhatikan dan sangat diperlukan definisi-definisi serta pengertian-pengertian yang berkaitan dengan bongkar muat, serta permesinan atau instrumen yang tergabung di dalamnya. Untuk memudahkan pemahaman yang berhubungan dengan penulisan makalah dan mendapatkan pokok pemikiran dalam pemecahan masalah yang timbul, maka dalam makalah ini perlu dicantumkan beberapa hal atau istilah-istilah yang berkaitan dan relevan dengan buku-buku pustaka dan buku manual.

1. Gas Alam, Tangki Muatan dan Proses Bongkar Muat

a. Pengertian Gas Alam Cair (*Liquefied Natural Gas*)

Sebelum membahas tentang pembuatan LNG, ada baiknya kita bahas terlebih dahulu apa itu LNG. Kepanjangan dari LNG adalah *Liquefied Natural Gas*, dimana artinya adalah gas alam yang dicairkan. Perbedaan antara LNG dan LPG adalah sebagai berikut: LNG merupakan gas alam yang sebagian besar senyawanya didominasi oleh methane (disebut sebagai C1) dan ethane (disebut sebagai C2), sedangkan LPG didominasi oleh propane (C3) dan butane (C4). Kemudian rantai komponen *hydrocarbon* yang lebih panjang dari butane biasa disebut sebagai *Condensate*.

Menurut ICS (*Institute of Chartered Shipbrokers*) *tanker safety guide (liquefied gas)*, gas alam cair (*Liquefied Natural Gas*) adalah gas alam yang telah diproses untuk menghilangkan ketidakmurnian dan *hydrocarbon* berat yang kemudian dikondensasikan menjadi cairan pada tekanan atmosfer

dengan mendinginkannya pada temperatur -260°F atau -160°C . Mengkonversi gas alam menjadi LNG membuat lebih mudah untuk proses penyimpanan dan pengangkutannya disaat jaringan pipa tidak tersedia. Proses pendinginan digunakan untuk mengkondensasi gas alam menjadi LNG dengan disertai proses menghilangkan air, karbondioksida, hidrogen sulfida dan bahan/unsur pengotor lainnya. Kandungan utama dari LNG adalah Gas Methane, oleh karena itu gas alam merupakan bahan bakar fosil yang paling bersih di dunia untuk saat ini sehingga telah menjelma menjadi bahan bakar ramah lingkungan yang menjadi pilihan dan telah direkomendasikan.

b. Proses Dasar Pencairan Gas Alam

LNG diperoleh dari sumur gas. Gas alam dari sumur tersebut mengandung unsur atau komponen dari C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , C_6 , dan rantai yang lebih tinggi lagi serta (biasanya) CO_2 , H_2O dan H_2S . Untuk mendapatkan LNG, hal pertama yang harus dilakukan adalah memisahkan C_1 dan C_2 dari C yang lain. Pemisahan ini didasarkan pada perbedaan titik didih masing-masing komponen. Gas alam dari sumur gas dilewatkan ke LPG Plant terlebih dahulu. Setelah terambil C_3 (propane, butane, pentane, dst) ke atas dan tersisa sebagian besar C_1 dan C_2 yang masih berupa gas, baru diproses untuk pembuatan LNG. Pembuatan LNG sebenarnya hanya mengenai pencairan gas alam C_1 dan C_2 dari yang tadinya berbentuk gas. Proses pencairan gas alam menggunakan MCR (*Multi Component Refrigeration*). MCR adalah *refrigerant* yang komponennya terdiri dari bermacam-macam *refrigerant*, seperti: methane, ethane, propane, butane dan nitrogen yang dicampur sesuai dengan ketentuan.

Berikut adalah contoh tahapan utama dari proses pencairan gas alam dengan menggunakan sistem pendingin multi komponen APCI (*Atmospheric Pressure Chemical Ionization*):

- 1) Gas alam yang berasal dari sumur gas dilewatkan kedalam *knock out drum* untuk memisahkan cairan kondensat sebelum gas diproses didalam sistem selanjutnya.
- 2) Karbon dioksida (CO_2) dan H_2S dihilangkan dengan proses penyerapan kimia menggunakan proses amine.

- 3) Air dihilangkan dengan menggunakan *molecular sieve*.
- 4) Propane, butane dan kondensat dipisahkan dengan menggunakan kolom fraksinasi atau disebut juga proses pembuatan LPG.
- 5) Pendinginan LNG dengan *propane refrigeration*.
- 6) Pendinginan tahap akhir dan pencairan LNG berlangsung di MCHE (*Main Cryogenic Heat Exchanger*) dengan menggunakan multi komponen *refrigerant* sebagai media pendingin.

Untuk mempermudah proses *handling* atau penanganan gas alam, terutama dari segi transportasi, dan penyimpanan serta pendistribusiannya, gas alam tersebut dicairkan terlebih dahulu sehingga pada saat pengangkutan, volumenya relatif lebih kecil. Proses pencairan ini dilaksanakan di dalam suatu pabrik pencairan gas alam atau sering disebut dengan *NGL Plant* (*Natural Gas Liquefaction Plant*), sehingga menghasilkan gas alam cair (*Liquified Natural Gas*) yang siap untuk didistribusikan. Gas alam yang sudah dicairkan pada suhu minus 160°C akan mengalami penyusutan volume sebesar kurang lebih 1/600 kali dari volume gas mula-mula sedangkan untuk LPG akan mengalami penyusutan antara 230-260 kali dari *volume* semula.

Pencairan gas alam terdiri dari berbagai macam proses, mulai dari pemurnian/pembersihan hingga proses pencairan. Proses dasar pencairan gas alam menjadi LNG adalah sebagai berikut:

1) Proses *Treating* (pembersihan)

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan fraksi berat serta *impurities* (ketidakmurnian) lainnya, seperti O₂ dan gas-gas berat (*mercury* dan *sulfur*) serta metal-metal berbahaya seperti air raksa dengan memakai *solvent* sebagai pelarut atau penyerap.

2) *Dehydration* (Penghilangan Air)

Proses ini sering juga disebut sebagai pengeringan, yaitu proses penghilangan uap air dengan menggunakan *molecular sieve adsorption*. Seperti yang kita ketahui, air akan mudah membeku pada suhu 0°C sedangkan temperatur yang digunakan untuk mencairkan gas jauh dibawah suhu tersebut. Oleh karena itu, air tersebut perlu dihilangkan

karena dapat menyumbat pipa dan alat lainnya saat mengalami pembekuan.

3) Fraksinasi

Selanjutnya gas akan dipisahkan sesuai dengan komponen penyusunnya pada proses fraksinasi. Biasanya komponen penyusun yang dipisahkan terdiri dari metana, propana, etana, butana serta pentana. Setelah unsur-unsur senyawa tersebut terpisah, maka komponen tersebut akan menuju ke tahap prosesnya masing-masing, yaitu: metana akan didinginkan pada MHE (*Main Cryogenic Heat Exchanger*) hingga membentuk cair, butana dan propana juga akan menuju MHE sebagai pendingin gas yang akan dicairkan, butana dan propana akan diolah sebagai LPG, sedangkan pentana biasanya akan dijadikan sebagai kondensat dan dikirim ke upstream untuk diolah kembali sehingga dapat menghasilkan bahan bakar hidrokarbon berat.

4) Proses Pencairan

Pada tahap ini gas akan didinginkan hingga mencapai suhu dimana gas tersebut akan mengalami pengembunan serta menaikkan tekanan gas untuk mempermudah proses pengembunan/pencairannya. Untuk mendinginkan gas alam menjadi LNG diperlukan suhu sekitar -160°C atau sering disebut dengan *Cryogenic Temperature*. Proses treating dan dehidrasi perlu dilakukan sebelum gas alam tersebut memasuki proses pencairan supaya zat-zat yang tidak diinginkan tidak ikut terbawa ke dalam proses pencairan, karena apabila zat tersebut terikut maka dapat mengganggu proses pencairan gas alam.

c. Karakteristik atau Sifat-Sifat Fisik LNG

- 1) LNG mempunyai suhu yang sangat rendah yaitu -163°C dan akan mendidih pada suhu $-161,5^{\circ}\text{C}$.
- 2) Berat jenis LNG adalah kurang dari setengah atau lebih kecil dari berat jenis air tawar.

Pada uap yang masih sangat rendah suhunya, berat jenisnya lebih berat dari udara sehingga pada saat berada di udara bebas cenderung untuk tetap mengapung/melayang di atas permukaan tanah dalam beberapa

saat, kemudian pada suhu $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ uapnya akan lebih ringan dari udara sehingga uap dari LNG akan mengapung di udara.

- 3) LNG lebih ringan daripada air, jika LNG bercampur dengan air maka LNG dengan cepat mengapung dan berada diatas permukaan air.
- 4) Hampir tidak mempunyai daya larut dalam air.
- 5) Uap dari LNG berwarna putih dan bisa terlihat, berbeda dengan bentuk cairnya yang bening.

Apabila terjadi kebocoran ke udara, LNG akan menguap dengan cepat kemudian membentuk uap dan awan berwarna putih yang disebabkan oleh kondensasi dari kelembaban uap tersebut.

- 6) Ketika LNG dicampur dengan air akan terjadi ledakan – ledakan kecil yang tidak menimbulkan api.
- 7) LNG tidak dapat terbakar, hanya dalam bentuk uap LNG dapat terbakar.
- 8) Ketika material biasa terkena LNG maka material tersebut menjadi rapuh dan pecah. Maka dari itu untuk penyimpanannya membutuhkan material khusus yang tahan dengan suhu ekstrim dingin dari LNG.
- 9) Pada suhu penguapannya LNG sangat cepat menguap dan berkembang menjadi 618 kali *volume* cairannya.
- 10) LNG mudah terbakar dalam bentuk gas yang mempunyai konsentrasi 5% sampai dengan 15% dengan udara. Jadi apabila uap LNG terlalu banyak atau terlalu sedikit, maka tidak akan terbakar.
- 11) Mempunyai viskositas yang rendah.
- 12) *High volatility* (mudah menguap pada temperatur yang relative rendah).
- 13) Bersifat sebagai isolator dan mempunyai sifat penghantar/konduktor yang sangat kecil (*High dielectric power and extremely poor electric conductivity*).
- 14) LNG bila dibakar mempunyai nilai panas/kalor yang lebih besar dari pada bahan bakar minyak, dan sisa pembakarannya mempunyai nilai pencemaran yang sangat kecil.

International Maritime Organization (IMO) dalam hubungannya dengan *International Gas Carrier Code* telah menentukan definisi bahwa gas cair adalah cairan yang mempunyai tekanan gas di atas 2,8 bar absolute pada suhu $37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (*Mc Guire and White, Liquefied Gas Handling Principles On Ships and in Terminal*, 1996:1-2).

Pada saat pelayaran normal, *boil off gas* dikonsumsi oleh ketel uap dengan tujuan untuk memperbaiki dan mempertahankan tekanan di dalam ruang muat. Tetapi, ketika ruang muatan tertutup/terisolasi oleh sistem keamanan tangki dan tidak ada *boil off gas* yang dikirim ke kamar mesin, maka tekanan didalam ruang muat akan meningkat 5 – 10 kPa dalam kurun waktu 30 menit berdasarkan tingkatannya. Hal ini disebut sebagai proses stratification.

Zat-zat yang tersebut dalam tabel dibawah seperti methane,ethane,propane dan butane merupakan cairan yang tidak berwarna dan tidak berbau dalam kondisi pengangkutan normal,tetapi zat-zat tersebut di atas akan sangat mudah terbakar di udaraatau dalam oksigen,yang menghasilkan karbon dioksida dan uap air. Walaupun gas-gas ini tidak bereaksi secara kimia dan tidak mengakibatkan masalah kimiawi dengan material yang digunakan pada saat penanganannya,*gas engineer* dan perwira lainnya yang bertanggung jawab atas muatan dan *boil off gas* diharuskan untuk tetap waspada dan menangani hal tersebut secara optimal mengingat akan besarnya bahaya ledakan dan kebakaran yang dapat ditimbulkan oleh *boil off gas* tersebut. (*Basic Knowledge of LNG Vessel*, 2003:13-15).

d. Proses bongkar muat LNG

Diasumsikan bahwa kapal LNG yang baru dibangun dari dry dock, maka urutan-urutan operasi penanganan dari muatan adalah sebagai berikut:

1. Tank Inspection

Sebelum adanya proses bongkar muat pertama kalinya, adalah penting untuk mengadakan pemeriksaan menyeluruh mengenai kebersihan tangki dari benda benda asing berupa kotoran serta memastikan bahwa semua kondisi tangki dalam keadaan yang baik. Apabila terdapat air, maka harus dibuang. Setelah semuanya selesai, maka tangki muatan harus ditutup sehingga proses pengeringan tangki dapat dimulai.

2. Drying

Pengeringan berarti bahwa tangki harus mencapai titik embun yang tepat, berarti bahwa uap air dan air yang tersisa didalam tangki harus dihilangkan

dari sistem. Adapun metode pengeringan dapat dilakukan dalam beberapa cara sebagai berikut:

a. Pengeringan menggunakan inert gas dari darat

Pengeringan juga berfungsi sebagai bagian dari inerting prosedur bila dilaksanakan dari darat yang juga sekarang ini biasa diterapkan di atas kapal. Metode ini mempunyai dua fungsi dalam menurunkan kandungan uap air didalam tangki serta disaat yang sama menurunkan kandungan oksigen di dalam tangki.

b. Pengeringan menggunakan inert gas dari kapal

Pengeringan dapat dilakukan pada saat bersamaan dengan proses inerting bila menggunakan inert gas dari kapal, namun hasil dari pengeringan uap air yang dihasilkan kurang memuaskan, karena inert gas kapal tidak memiliki spesifikasi yang cukup untuk melakukan hal ini, karena keterbatasan dari instalasi itu sendiri.

c. Pengeringan udara menggunakan air-drying system yang secara khusus terpasang di atas kapal.

Sebuah alternative untuk mengeringkan tangki dengan menggunakan sebuah alat pengering udara khusus yang terpasang di atas kapal. Prinsip kerjanya adalah dengan menghisap udara dari tangki muatan menggunakan kompressor atau blower inert gas di atas kapal tanpa pembakaran, lalu dialirkan melalui pengering berpendingin.

3. Inerting –sebelum memuat LNG

Inerting tangki muatan, permesinan yang berhubungan dengan muatan dan pemipaan sangat penting untuk menjamin tidak adanya gas gas yang mudah terbakar ketika terjadinya gassing up dengan muatan. Untuk mencapai hal ini, konsentrasi oksigen harus dikurangi dari 21% menjadi tidak lebih dari 5% by volume. Adapun alasan lain pentingnya inerting adalah untuk mencegah reaksi kimia antara zat zat, seperti vinyl chloride atau butadiene, dengan gas yang dimuat dengan tingkat oksigen 0,1 % . Terdapat 2 prosedur yang dapat digunakan untuk melakukan inerting tangki muatan : dilution dan displacement.

a. Inerting secara displacement

BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. DESKRIPSI DATA

Dengan semakin majunya dunia dalam hal teknologi, maka saat ini kebutuhan-kebutuhan akan terus semakin meningkat. Untuk itu dituntut untuk dapat mengikuti kemajuan teknologi tersebut. Salah satu kemajuan teknologi yaitu dalam bidang perindustrian. Pendistribusian memerlukan bahan bakar yang tidak sedikit agar dapat menghasilkan suatu bentuk barang. Bahan bakar pun sangat beragam sekali macamnya. Salah satunya adalah Liquefied Natural Gas (gas alam yang dicairkan). Alternatif pemilihan L.N.G sebagai bahan bakar karena L.N.G tersebut setelah dilakukan pembakaran dan hasilnya tidak menyebabkan polusi ini yang dikenal sebagai "Bersahabat dengan Lingkungan" Sebagai contoh negara-negara pengimpor L.N.G tersebut adalah Jepang dan Korea Selatan. Kita sudah mengetahui bahwa bidang pendistribusian di negara Jepang dan Korea Selatan sudah sangat maju sekali. Untuk gambaran mengenai gas alam yang digunakan sebagai bahan bakar terdiri dari beberapa hydrocarbon seperti:

Methan : CH_4 Etylen : C_2H_4

Ethan : C_2H_6 Propilen : C_3H_6

Propan : C_3H_8 Butylen : C_4H_8

Butan : C_4H_{10}

Sehingga untuk pemenuhan akan bahan bakar L.N.G ini, negara-negara pengimpor tersebut tidak hanya mengimpor L.N.G dari Indonesia saja melainkan juga dari negara-negara pengimpor lain seperti Malaysia, Brunai Darusalam, Qatar dan lain-lain. Untuk pengiriman atau pengeksportan L.N.G diperlukan alat transportasi, yaitu menggunakan kapal. Dan kapal L.N.G itu sendiri harus dirancang khusus sesuai dengan sifat-sifat dari muatan itu. L.N.G (Liquefid Natural Gas) atau gas alam cair adalah hasil dari gas alam yang dicairkan dengan komponen utamanya adalah

methane (CH_4) dan beberapa senyawa lainnya seperti : Ethane (C_2H_6), Propane (C_3H_8), Butane (C_4H_{10}), Pentane (C_5H_{12}) Nitrogen (N_2) dan Carbon Dioxide (CO_2).

Berikut ini adalah ciri-ciri atau sifat-sifat muatan L.N.G

1. L.N.G mempunyai suhu yang sangat rendah yaitu : -162°C .
2. Berat jenisnya kurang dari berat jenis air menyebabkan uapnya melayang dan menghilang di udara dan pada L.N.G Vapour yang suhunya masih sangat dingin lebih berat dari pada udara sehingga pada saat berada di udara bebas cenderung untuk tetap mengapung dipermukaan tanah dalam beberapa saat, dan pada suhu 38°C uapnya akan lebih ringan dari udara.
3. Pada suhu penguapan, L.N.G sangat cepat menguap dan berkembang sampai menjadi 618 kali volume cairannya.
4. L.N.G tidak beracun, tidak berwarna dan tidak berbau.
5. L.N.G yang mudah terbakar adalah dalam bentuk gas yang mempunyai konsentrasi 5% sampai dengan 15% dengan udara.
6. L.N.G bila dibakar menghasilkan nilai panas yang lebih besar, dari bahan bakar minyak dan sisa hasil pembakarannya adalah bersih dalam arti tidak menimbulkan polusi udara.
7. Mempunyai daya hantar listrik yang rendah.
8. Jika terjadi kebocoran, L.N.G akan menguap dengan cepat dan akan menghasilkan asap berwarna putih.
9. Density L.N.G nilainya setengah dari density air.

Mengingat sifat-sifat khusus yang dimiliki oleh L.N.G tersebut di atas maka persiapan pengangkatan dan pembongkaran L.N.G dengan menggunakan kapal sangat berbeda dengan kapal lain yang mengangkut muatan yang kosong dan suhunya di atas -163°C maka tangki muatan ini harus didinginkan terlebih dahulu (Cooling down) juga pipa-pipa muat harus didinginkan terlebih dahulu. Untuk tangki muatan sebagai indikator siap untuk dimuati adalah suhu pada Equator Temperatur-berkisar -125° . Cooling down ini bisa dilakukan oleh sisa muatan (heel) dan pelabuhan bongkar atau bila heel out (bongkar seluruhnya) maka harus disuplai dari darat. Bila cool down dengan hal maka spray pump akan memompa L.N.G tersebut lalu dialirkan ke tangki-tangki muatan melalui Spray Nozzle. Oleh sebab itu bekerja di atas kapal L.N.G sangatlah diperlukan disiplin kerja yang sangat tinggi dan koordinasi kerja yang baik antara perwira kapal, anak buah kapal, pihak darat, dan juga

diperlukan tenaga-tenaga kerja yang terdidik dan berpengalaman untuk menunjang kelancaran operasi, baik mengenai penanganan alat-alat keselamatan yang harus digunakan di atas kapal maupun tindakan-tindakan tepat yang harus diambil dalam proses pemuatan dan pembongkaran di pelabuhan maupun pada saat kapal berlayar apabila terjadi hal-hal yang tidak diinginkan. Untuk pemuatan L.N.G yaitu dengan menggunakan pompa-pompa darat lalu dialirkan melalui pipa-pipa yang sudah dalam keadaan dingin. Pada saat pemuatan L.N.G harus diperhatikan tekanan dari masing-masing tangki muatan di kapal dimana pada awal operasi tekanan akan selalu naik, pemuatan dan pembongkaran L.N.G memakai sistem tertutup yaitu tidak berhubungan dengan udara bebas. Tidak hanya tekanan tangki saja yang harus diperhatikan, faktor-faktor berikut juga harus diperhatikan dengan seksama antara lain:

1. Suhu tangki muatan
2. Level muatan (Sounding)
3. Tekanan di manifold
4. Suhu di manifold
5. Tekanan dan suhu pipa-pipa
6. Tekanan dan suhu pada High Duty Compressor
7. Arah dan kekuatan angin
8. Pasang surut air laut
9. Kebocoran-kebocoran
10. Getaran-getaran
11. System-system alat kontrol otomatis
12. E.S.D.S System
13. Tekanan Hidrolik
14. System alarm
15. Pendeteksi gas

Selanjutnya selesai memuat lalu dibawa ke tempat tujuan. Selama pelayaran harus diusahakan tekanan tangki muatan yang stabil.

1. Sesuai dengan voyage order dari pencharter yaitu PERTAMINA. Kapal tiba di pelabuhan muat dalam keadaan Ready to Load dimana tangki-tangki muatan dan pipa-pipa muatan sudah dalam keadaan dingin. Lalu dipasangkan alat-alat bantu untuk system alarm, komunikasi antara kapal dan darat, ESDS System. Di saat yang bersamaan diadakan pre Loading Meeting antara kapal dan darat yang membahas

langkah-langkah pemuatan. Setelah manifold kapal dan darat dihubungkan maka manifold ini pun harus didinginkan selama kurang lebih 1 jam 30 menit. Setelah itu kita lakukan ESDS Trip Test sebanyak 3 kali yaitu dari kapal, dari Cargo Control Room di darat dan dari Tower Shone Control.

Jika hasilnya baik di lanjutkan dengan proses pemuatan tapi bila ada salah satu yang kurang baik harus dicari dahulu dan harus diperbaiki dahulu sampai kondisinya baik agar bisa melakukan proses pemuatan. Sebelum memuat pihak kapal me-line up seluruh pipa-pipa muatan dan katub-katubnya yang menuju ke tangki muatan. Terakhir katub harus dibuka dengan ijin pihak darat yaitu Liquid Manual Valve. Setelah selesai semua pihak kapal akan meminta pihak darat untuk menjalankan pompa muatan yang pertama dengan cara sirkulasi. Lalu dijalankan pompa muatan yang pertama. Setelah diadakan pengecekan dan dilakukan koreksi barulah tekanan nilai turun dan stabil hingga bisa dilanjutkan dengan pompa muatan yang kedua, ketiga, keempat, dan kelima.

2. Pada saat kapal tiba di Taiwan. Lalu dilaksanakan prosedur-prosedur diperlukan pompa-pompa kapal dan High Duty Compressor mati atau tidak dijalankan namun untuk menjaga tekanan tangki muatan di kapal dijalankan Return Gas Blower dari darat. Saat pompa kapal pertama dijalankan dan sirkulasi pihak darat sudah mengirim Return Gas sehingga tekanan di kapal menjadi naik. Akhirnya pihak darat menutup sebagian katub gas tersebut untuk mengurangi aliran gas dari darat ke kapal.

2.a. Pada saat kapal tiba di Bontang untuk memuat L.N.G. Sesuai prosedur dan manual yang ada selesai pemuatan maka manifold kapal dan darat dilepaskan. Namun proses pelepasannya haruslah dilakukan prosedur-prosedur yang benar agar tetap safety baik bagi kapal, lingkungan maupun bagi orang-orang yang bekerja di sekitarnya. Langkah pertama adalah purging liquid yaitu dengan memberi tekanan gas N₂ hingga tekanan minimal 5 Kg/Cm² agar liquid bisa dipurging ke kapal dan harus dilakukan beberapa kali. Setelah dicek tidak ada liquid lalu dilanjutkan dengan CH₄ (Methane) Vapour Contens. Pihak darat ingin cepatnya saja lalu dicek hasil 9+ 15% by volume dan segera ingin melepas manifold. Namun pihak kapal tidak bisa terima keadaan seperti ini sehingga terjadilah selisih paham antara kedua belah pihak. Akhirnya setelah beberapa lama barulah pihak darat mengerti setelah diberi pengarahan akibat-akibat dari pengukuran yang lebih dari atau semua dengan 15% by volume tersebut.

2.b. Pada saat kapal tiba di Korea Selatan, dengan pelabuhannya INCHEON L.N.G terminal. Disinipun terjadi hal yang sama dengan kejadian saat muat di Bontang. Setelah proses membongkar muatan dan manifold kapal dan darat akan dilepaskan terlebih dahulu harus melalui prosedur yang benar-benar ketat dan akurat. Kali ini pihak darat mengukur dengan alat yang kurang bagus kondisinya sehingga pihak darat tidak terima dengan pihak kapal dan menimbulkan selisih paham. Setelah loading master memberi pengarahan yang sesuai dengan kebudayaan, cara mereka barulah bisa diatasi perselisihan paham ini. Sehingga proses pemutusan atau pelepasan manifold kapal dan darat berjalan lancar dan aman.

Berdasarkan fakta-fakta di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam kertas kerja ini adalah :

1. Kurangnya koordinasi pelaksanaan bongkar muat antara pihak terminal dengan kapal.
2. Perbedaan hasil pengukuran Methane Vapour Contents antara kapal dan darat saat selesai muat atau membongkar muatan.

L.N.G (Liquefied Natural Gas) adalah merupakan muatan yang mempunyai tingkat bahaya cukup tinggi dan untuk itu sarana pengangkutnya dirancang sedemikian rupa sehingga tangki-tangki muatannya akan dapat menampung muatan L.N.G tersebut pada suhu dan tekanan yang telah ditentukan dan dapat mempertahankan suhu dan tekanan untuk dibawa ke tempat tujuan dengan aman. Karena hal-hal tersebut maka kapal-kapal pengangkut L.N.G dilengkapi dengan sistem pengaman yang benar-benar baik, sesuai dengan sifat-sifat muatan L.N.G. Dari sekian banyak kapal L.N.G salah satunya adalah ST Ekaputra menggunakan turbin uap sebagai tenaga penggeraknya, dan dilengkapi dengan ketel uap (boiler) yang memakai fuel oil atau fuel gas sebagai bahan bakarnya. Fuel gas ini dihasilkan dari Boil of Gas (L.N.G Vapour) dialirkan ke kamar mesin dengan menggunakan Low Duty Compressor melalui pipa-pipa gas. Pipa-pipa ini dirancang sedemikian rupa agar tidak terjadi kebocoran di kamar mesin antar tempat-tempat lain di kapal karena sangat berbahaya yang dapat menimbulkan kebakaran. ST.Ekaputra di charter oleh perusahaan PERTAMINA, dimana disebutkan salah satu bagiannya untuk menggunakan fuel gas sebagai bahan bakarnya. Agar teknis pekerjaan menangani fuel gas ini berjalan baik dan lancar maka harus ada koordinasi yang baik antara bagian deck dan bagian mesin. Apabila kapal harus cepat lajunya maka Fuel gas pun perlu ditambah. Yaitu dengan menjalankan L.N.G Vaporizer. Sehingga koordinasi bagian deck dan mesin harus benar-benar nyata. Bagian mesin dipegang oleh Ir. 1 st Engineer (di kapal dikenal

dengan sebutan gas engineer) dan bagian deck langsung dipegang oleh Chief Officer diganti oleh 1 st Officer. Sedang bagian bawahan deck Chief Officer dibantu deck fas man dan bagian mesin dibantu oleh Engine gasman. Sebagai gambaran dalam pengoperasian muat bongkar di kapal L.N.G Ekaputra dibagi dalam beberapa tempat yang berbeda yang semuanya saling terkait satu sama lain dan saling mendukung. Pembagian tempat tugas kerja ini bertujuan demi keselamatan operasi muat bongkar, kelancaran operasi muat bongkar. Pembagian tempat tugas ini dapat digambarkan sebagai berikut :

1. C.C.R (Cargo Control Room)

Perwira : - Chief Officer

- 1st Officer

Rating : - Deck Gasman

- Carpenter

2. Manifold

Perwira: - 2nd officer

Rating: - Bosun

- Sailor

3. Dome

Perwira : - 3 rd officer

Rating : - Able seaman 1

- Able seaman 2

- Able seaman 3

Chief Officer di Cargo Control Room (C.C.R) akan selalu mengawasi, mengamati, memberi perintah-perintah, mengadakan hubungan antara kapal dan darat. Sehingga pada saat operasi bongkar muat berjalan diharapkan hasil yang maksimal. Segala kejadian di deck maupun di *dome* dan *manifold*. Selalu dilaporkan ke *Chief Officer*. Sedang untuk Jr.1st Engineer dan Engine gas mana akan membantu dengan mempersiapkan alat-alat yang berhubungan dengan bongkar muat seperti High Duty Compressor, kerangan-kerangan otomatis dengan hydraulic atau yang lainnya. Pembagian tugas ini dilaksanakan pada saat awal dan akhir dari proses bongkar muat, sedangkan setelah fuel rate baik bongkar maupun muat tidak ada lagi hal seperti tersebut namun tetap diadakan pengecekan-pengecekan untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan. Hanya di cargo control room tetapi diawasi oleh 1 (satu) orang perwira jaga dibantu 1 (satu) orang sebagai operator ballas. Sedangkan di deck

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan solusi pemecahan masalah yang telah diuraikan, dapat penulis ambil kesimpulan bahwa kurang efisiennya penanganan bongkar muat LNG kapal ST. EKAPUTRA disebabkan oleh berbagai faktor sebagai berikut ini:

1. Kurangnya koordinasi pelaksanaan bongkar muat antara pihak terminal dengan kapal.

- a. Bahasa Inggris sebagai salah satu faktor komunikasi antara semua pihak-pihak yang terkait agar suatu pekerjaan dapat dimengerti dengan mudah oleh pihak lainnya.
- b. Koordinasi antara satu pihak dengan pihak lain yang lain adalah sangat penting untuk itu masing-masing pihak harus selalu memberi informasi kepada pihak lain untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan. Setiap akan melakukan sesuatu pekerjaan harus selalu mengkonfirmasi kepada pihak lain.

2. Kurangnya persiapan dan kesiapan oleh personil di atas kapal dalam menghadapi situasi darurat selama bongkar muat.

- a. Pengadaan suku cadang sangat perlu untuk menunjang pengoperasian pemuatan dan pembongkaran L.N.G. Disamping itu crew kapal harus melakukan preventif maintenance program dengan benar. Bisa mengacu pada instruksi buku manual atau berdasarkan ketentuan-ketentuan bukan yang ada kaitannya dengan itu.
- b. Beberapa hari sebelum kapal tiba di pelabuhan untuk melaksanakan pengecekan agar setelah kapal tiba besok semua alat-alat pendukung dalam keadaan baik dan sudah dikalibrasi.

DAFTAR PUSTAKA

D.J. Eyres, G.J Bruce, *Ships Construction*, Seventh Edition, 2012

Gas Tanker Familiarization, Cetakan Pertama, Badan Diklat Perhubungan , Jakarta 2000

Gunawan Danuasgoro, *Manajemen Perawatan*, Yayasan Bina Citra Samudra, Jakarta 2003

International Safety Guide For Oil Tanker, 4th Edition, England 1996

LNG Shipping Competency Standards, 1st Edition, Witherbys Publishing 2006

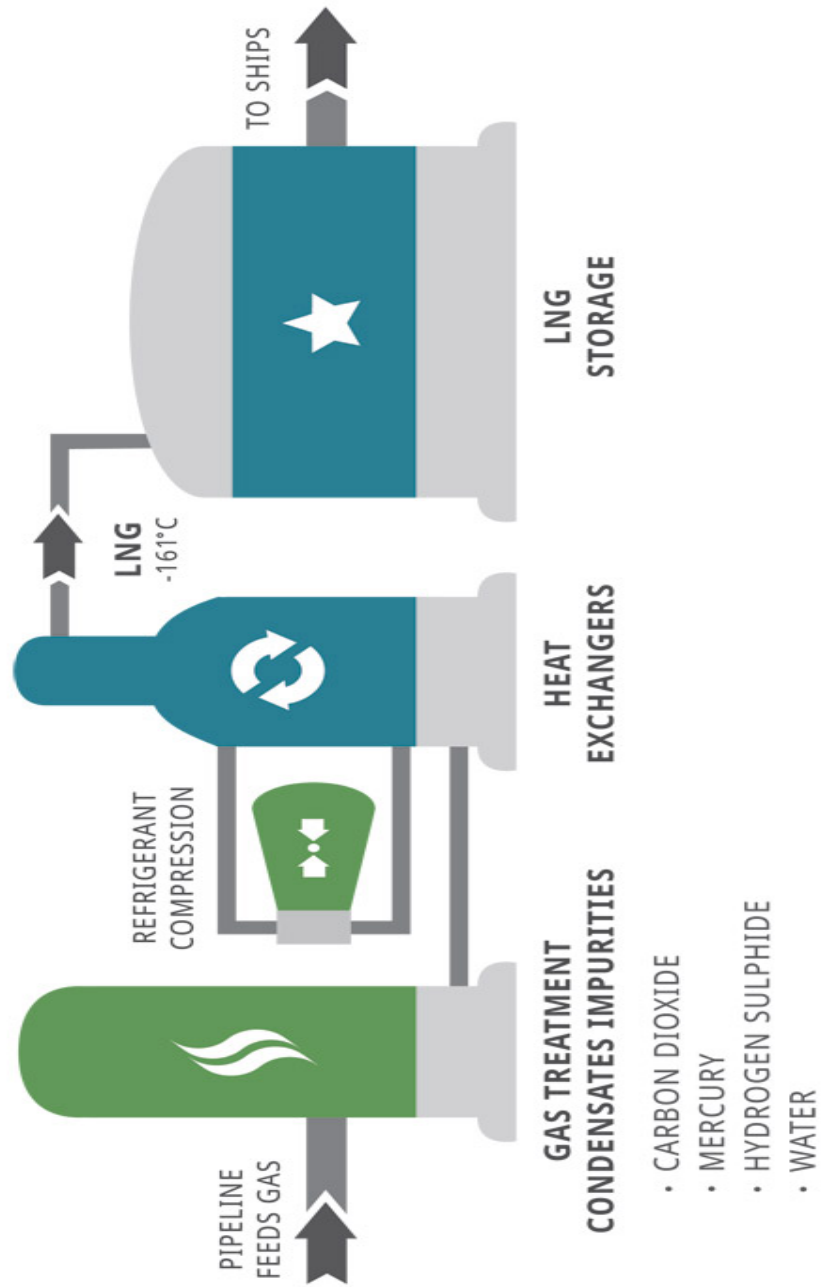
Mc Guire and White, *Liquefied Gas Handling Principles on Ships and In Terminals*, 3rd Edition, (London EC1R 0ET, England: Whiterby & Co. Lt. 2000)

Mitsubishi Heavy Industries Ltd, *Emergency Shut-Down System and Tank Protection System*, (Nagasaki Shipyard & Machinery Works, 1994)

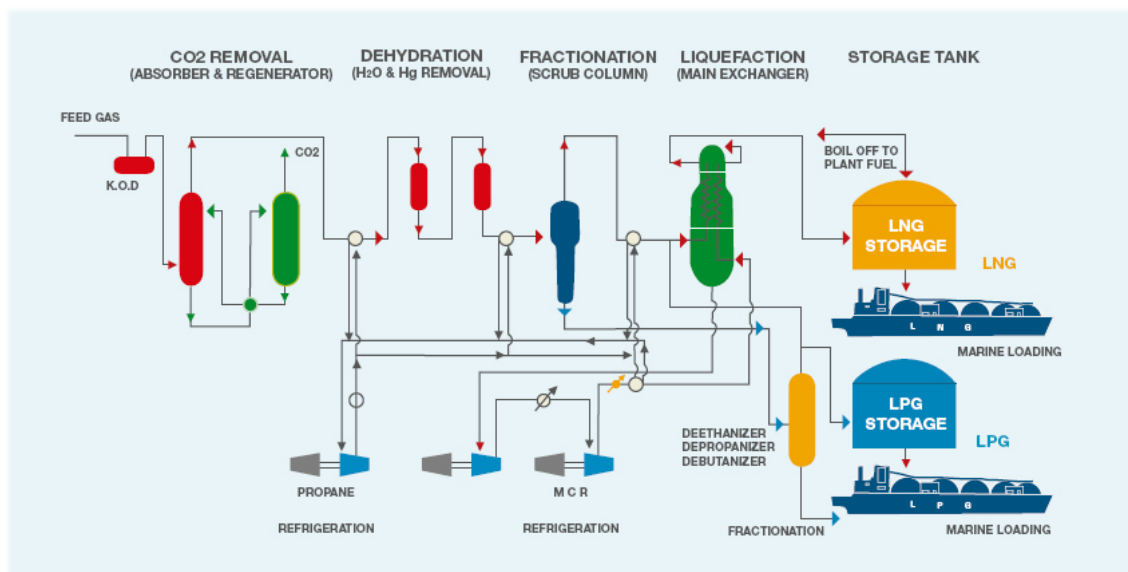
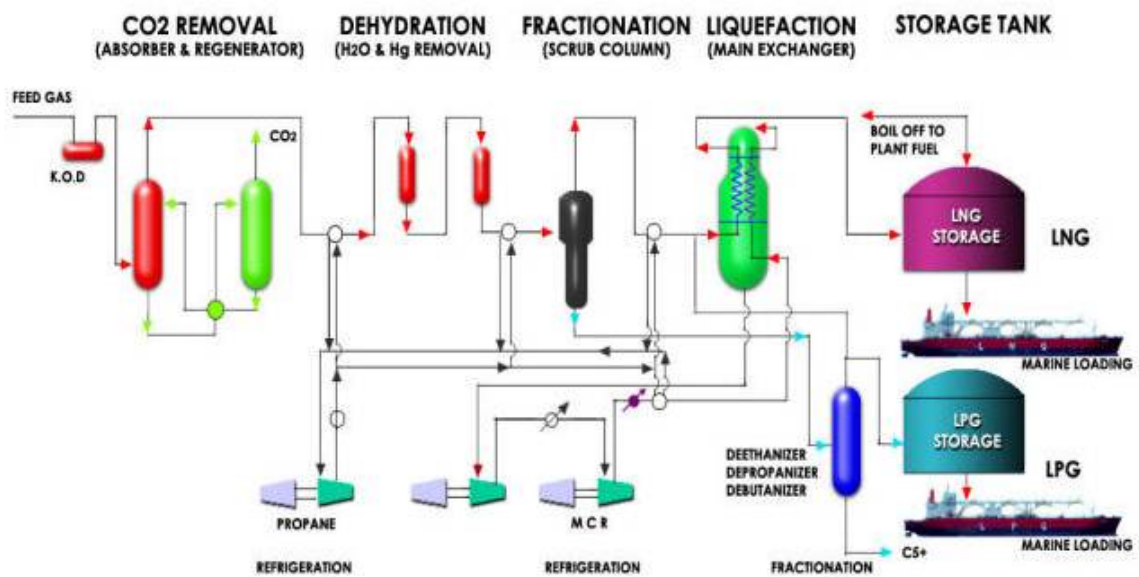
Mitsubishi Heavy Industries Ltd, *LNG Manual I*, (Nagasaki Shipyard & Machinery Works, 1994)

Mitsui O.S.K. Lines, *Basic Knowledge of LNG Vessel for Deck Trainee*, LNG Ship Management Office, 20

NSOS, *Manajemen Perawatan dan Perbaikan*, Jakarta: Badan Diklat Perhubungan, 198



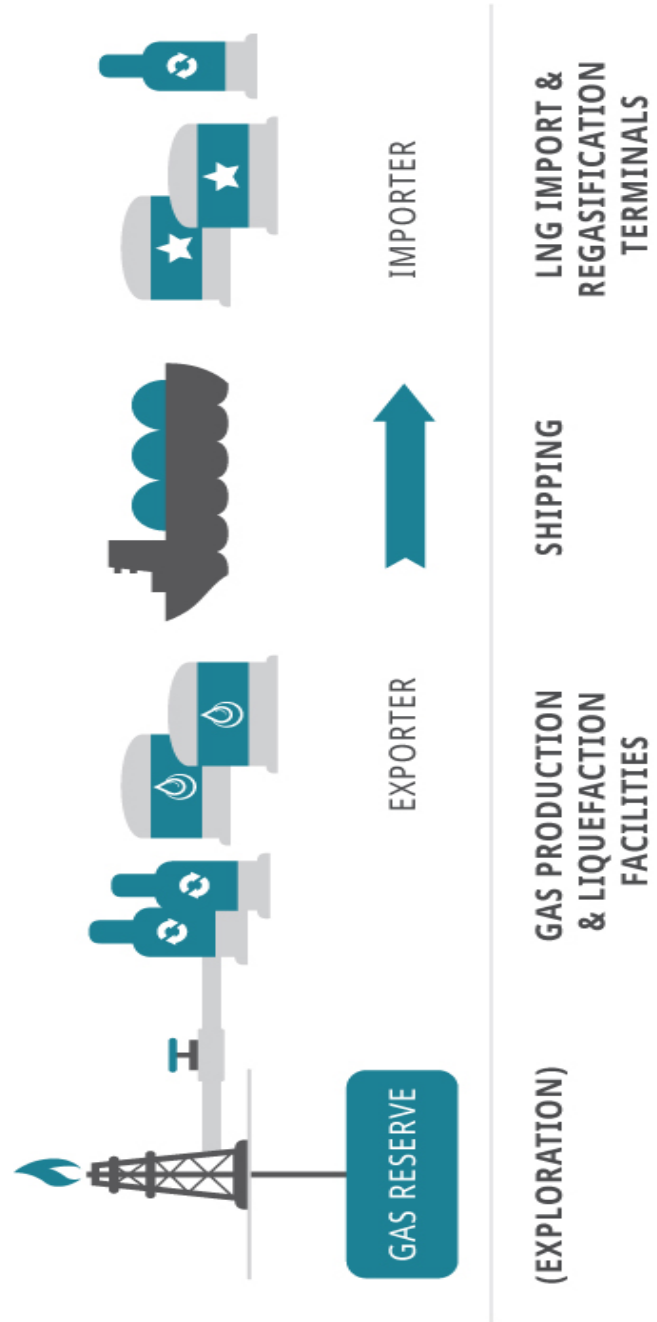
Lampiran 1
Ilustrasi Proses LNG



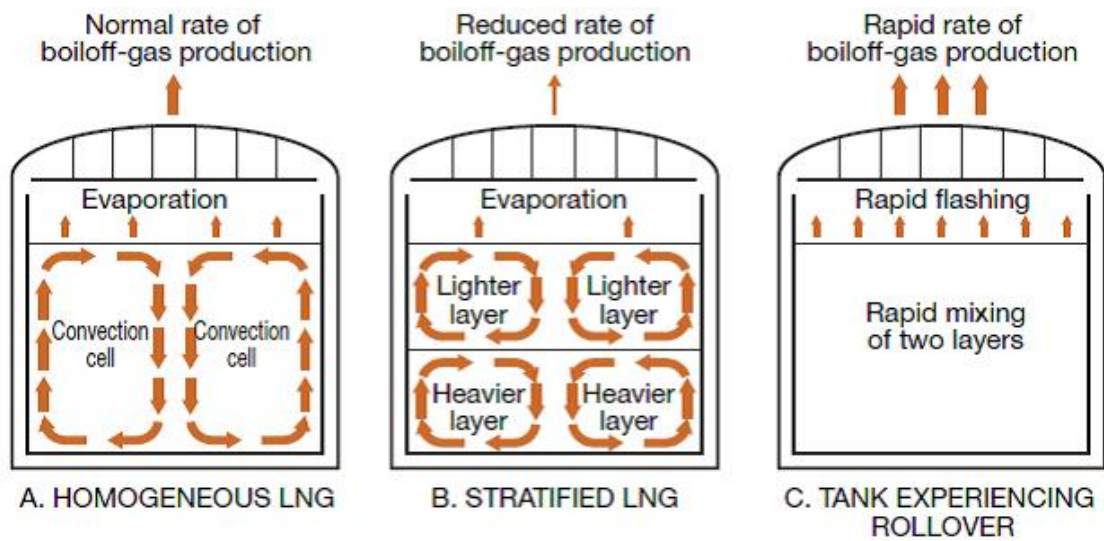
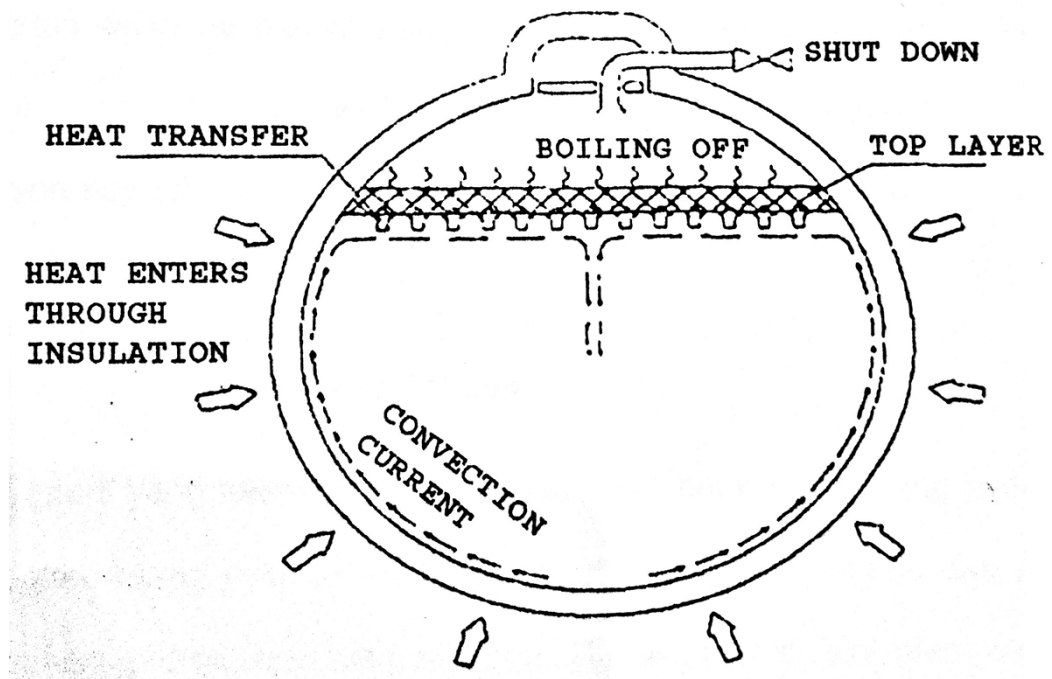
Lampiran2

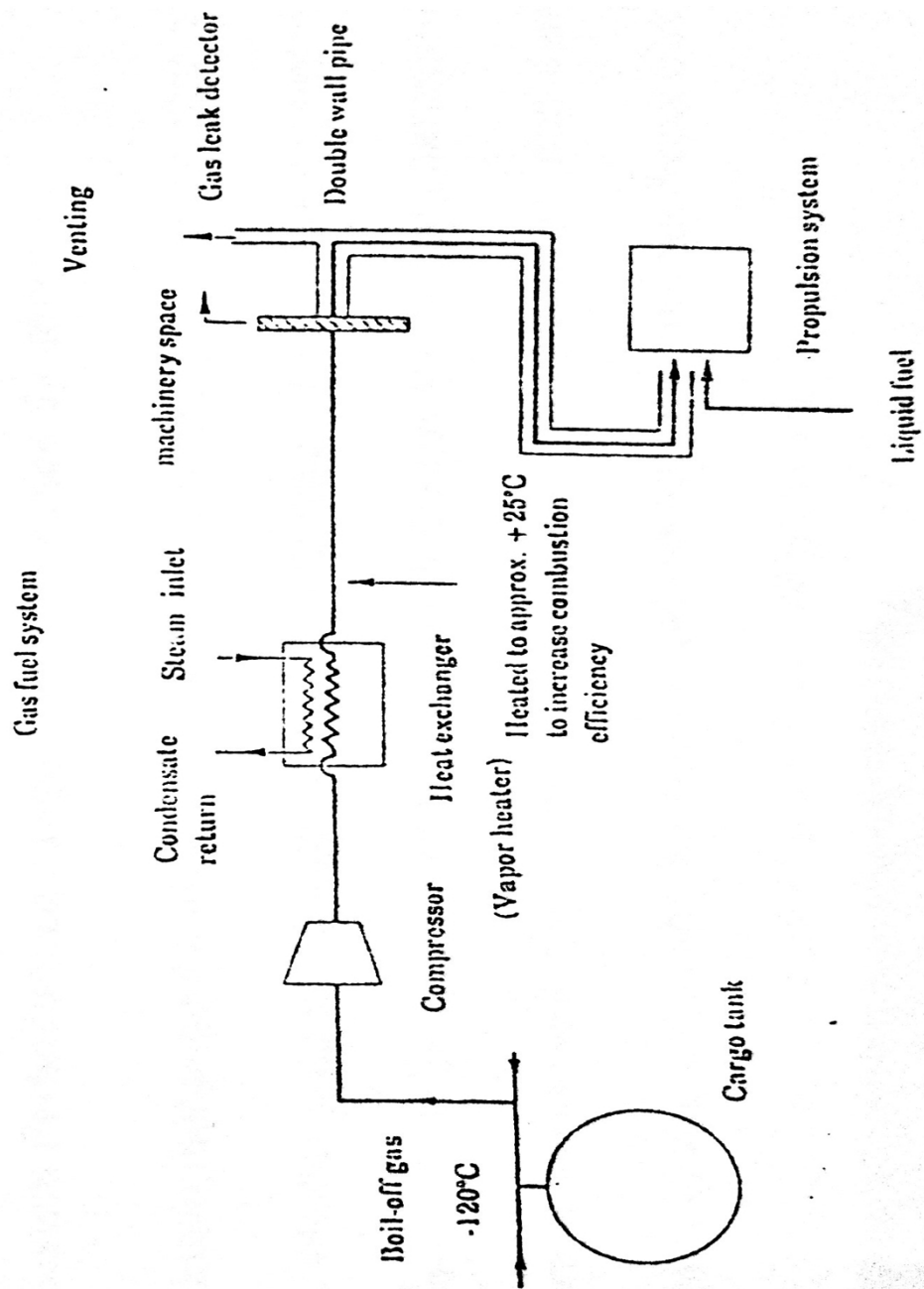
Proses Pencairan Gas Alam Dengan Menggunakan Sistem Pendingin Multi Komponen

APCI



Lampiran3
Proses Penanganan LNG





Lampiran5

Sistem Terbentuknya Boil off Gas LNG