

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Hukum (Peraturan dan Kebijakan).

Dasar hukum digunakan untuk memperkuat landasan penulisan dan penelitian sehingga penulisan berada dalam koridor yang tepat. Dasar hukum yang diambil dimulai dari peraturan internasional hingga pada keputusan menteri.

2.1.1 Internasional Maritime Dangerous Goods Code.

Pada peraturan ini menjelaskan tentang ketentuan umum dan jenis – jenis gas didefinisikan, pada vol.1 IMDG Chapter 2.2 tentang gas dimulai definisi, efek yang di timbulkan oleh gas , kondisi dalam transportasi membawa gas serta gas yang tidak dapat dilakukan untuk transportasi.

2.1.2 Marine Pollution.

Marine Pollution atau marpol yang digunakan dalam Tinjauan Pustaka ini adalah MARPOL ANNEX III tentang Peraturan Tentang Pencegahan Pencemaran Oleh Bahan Bahan Berbahaya Yang Diangkut Melalui Laut Dalam Bentuk Kemasan, dalam peraturan ini yang digunakan ialah persyaratan dari bahan dan bentuk kemasan yang digunakan untuk membawa gas alam cair. Selain itu, penyimpanan dan pembatasan kuantitas di jelaskan karena berkategori bahan berbahaya.

2.1.3 Det Norske Veritas - Germanischer Lloyd.

“(Det norske Veritas - Germanischer Llyod) Merupakan sebuah class kapal gabungan dari class DNV dan GL menjadi DNV-GL sejak tahun 2013 yang berkantor pusat di Norwegia. Dalam peraturan atau *Class* ini menjelaskan tentang kapal yang dapat membawa, penanganan, dan syarat umum untuk kapal yang akan beroperasi nantinya.

2.1.4 UU No. 17 TAHUN 2008.

Undang – Undang No. 17 Tahun 2008 menjelaskan tentang kegiatan angkutan laut khusus yang dilakukan oleh badan usaha dalam menunjang usaha pokoknya, dalam pasal 13, 44, 45 dan pasal 46 masing -masing menjabarkan

tentang barang khusus, barang berbahaya dan juga penanganan khusus dalam pengangkutan barang khusus dan barang berbahaya.

2.1.5 PP No. 31 TAHUN 2021.

Dalam PP No. 31 Tahun 2021, pasal 1 ayat 4 menjelaskan tentang angkutan laut khusus, dan pada ayat 14 dan 15 menjelaskan terminal khusus yang terletak pada daerah lingkungan kerja dan lingkungan kepentingan pelabuhan yang akan digunakan untuk kepentingan sendiri sesuai dengan usaha pokoknya.

2.1.6 PM No. 16 TAHUN 2021.

Dalam peraturan ini merupakan turunan dari peraturan internasional yaitu IMDG atau *Internasional Maritime Dangerous Goods Codes* yang menjelaskan tentang barang berbahaya, penanganan barang berbahaya, pengangkutan barang berbahaya, serta pemuatan barang berbahaya. Selain itu, dijelaskan juga dalam pasal 10 tentang penumpukan atau penyimpanan dari muatan barang berbahaya.

2.1.7 KM No. 13 TAHUN 2020 ESDM.

KM No.13 Tahun 2020 yang dikeluarkan oleh kementerian ESDM, menjelaskan tentang pelaksanaan penyediaan pasokan dan pembangunan dari infrastruktur yang akan melayani *Liquefied Natural Gas* (LNG), dan menunjuk PT. Pertamina sebagai penyedia pasokan dan pembangun infrastruktur, serta PT. Perusahaan Listrik Negera (PLN) untuk melaksanakan kegiatan gasifikasi dari pembangkit listrik yang ada.

2.2 Kebutuhan Listrik.

Ketersediaan energi listrik merupakan aspek yang sangat penting dan juga merupakan parameter yang mendukung keberhasilan pembangunan daerah. Ketersediaan listrik yang cukup dan tepat sasaran memudahkan pengembangan pembangunan lokal seperti industri, perdagangan, pelayanan publik, bahkan kualitas hidup masyarakat, sehingga listrik dapat diakses lebih banyak warga. Hal ini secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat. (Andro Cahyo Wibowo, 2015).

Kebutuhan energi listrik akan meningkat seiring dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk di wilayah tersebut. Dengan meningkatnya

ekonomi lokal, demikian pula konsumsi energi listrik. Tentunya harus diantisipasi sedini mungkin agar pasokan energi listrik dapat disediakan dalam jumlah yang cukup dan dengan harga yang wajar. Selain pertumbuhan ekonomi, perkembangan energi listrik juga dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan penduduk yang berkaitan dengan jumlah rumah tangga yang berlistrik. (Lukita, 2018).

2.3 PLTMG (Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas).

PLTMG merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas yang prinsip kerjanya dengan mengkompresikan udara dan pemanasan udara dengan penambahan bahan bakar gas panas yang digunakan untuk memutar turbin sebagai penggerak mula pemutar generator pembangkit (Lestari, 2012). Dalam pengoperasiannya, PLTMG menggunakan dua bahan bakar (dual fuel) yaitu gas alam dan minyak diesel atau HSD (High Speed Diesel), oleh karena itu sistem bahan bakar PLTMG harus dapat mengakomodir kedua bahan bakar tersebut.

Bahan bakar diesel umumnya digunakan untuk dua fungsi: bahan bakar pilot dan bahan bakar utama. Bahan bakar diesel digunakan sebagai bahan bakar awal setiap kali mesin dicoba untuk dijalankan. Bahan bakar utama dapat dialihkan dari bahan bakar solar ke bahan bakar gas (*switch-over*). Oleh karena itu, mesin PLTMG tidak dapat berjalan 100% dengan bahan bakar solar.

2.3.1 Gas Alam Cair (LNG).

Gas alam, juga dikenal sebagai LNG atau gas alam cair (Methan-CH₄), diubah menjadi cairan dengan mendinginkan gas hingga minus 162 derajat Celcius pada tekanan atmosfer, mengubah volumenya menjadi 1/600 dari keadaan gas awalnya. Oleh karena itu, dengan menggunakan LNG tanker/LNG tanker dapat mengangkut LNG dalam jumlah besar secara efisien. (Putra, 2016).

LNG tidak berwarna, transparan, tidak berbau, tidak beracun, dan tidak mengandung sulfur oksida atau abu. Ini karena melalui proses penghilangan benda asing dan tidak terpakai, desulfurisasi, dehidrasi, dan pembersihan karbon dioksida. Setelah melewati gas seperti dijelaskan di atas, gas tersebut dicairkan dengan pendinginan hingga sekitar -162°C. (Putra, 2016).

LNG (*Liquefied Natural Gas*) atau Gas Alam Cair adalah gas alam yang telah diubah menjadi cairan. Hal ini dilakukan untuk menghemat ruang, karena 610 kaki kubik gas alam dapat diubah menjadi 1 kaki kubik gas alam cair (LNG). Mengkonversi gas alam menjadi LNG membuat kita lebih mudah untuk menyimpan dan lebih mudah untuk mengangkut disaat jaringan pipa tidak tersedia (Nurlindha, 2018). Dibawah ini ada beberapa kilang minyak dan gas di Indonesia dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Komposisi LNG di Indonesia.

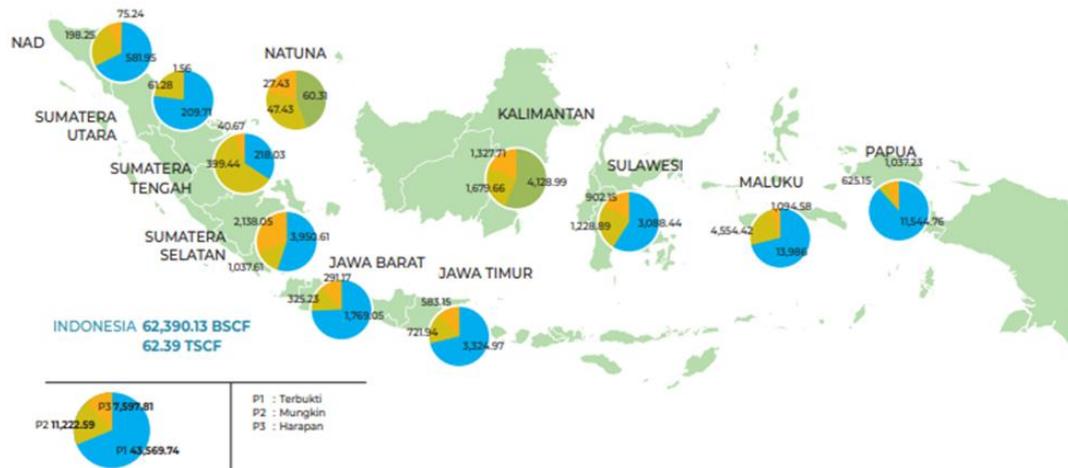
Asal	Nitrogen N2 %	Methane C1 %	Ethane C2 %	Propane C3 %	C4+ %	LNG Density Kg/m ³	Gas density kg/m ³ (n)	Expansion ratio m ³ (n) m ³ liq	Gas GCV MJ/m ³ (n)
Arun	0.2	90.7	6.2	2.0	1.0	457	0.803	569	43.9
Badak	0.0	91.2	5.5	2.4	0.9	456	0.801	568	43.9
Tangguh			2.9	0.5	0.2	432	0.744	580	41.0

Sumber: Internasional Gas Union.

2.3.2 Sumber Gas Alam di Indonesia.

Indonesia memiliki sumber cadangan gas alam yang tersebar diseluruh pulau. Ada yang dipulau Sumatera, Kalimantan, Papua, dan baru-baru ini ada dipulau Natuna. Untuk di pulau Sumatera ada di daerah Arun, Aceh, di pulau Kalimantan Timur ada didaerah Bontang, di Pulau Papua ada didaerah Teluk Bintuni, Tangguh.

Dalam memenuhi kebutuhan energi gas di PLTMG Kepulauan Nias maka diambilah sumber cadangan gas alam yang dekat dengan daerah Kepulauan Nias yaitu berada di daerah Arun, Aceh. Sumber gas alam yang terdapat didaerah kota Lhokseumawe yang dikelola oleh PT. Perusahaan Gas Negara (PGN). Saat ini, Kilang Arun memiliki empat unit tangki LNG dengan masing masing unit tangki 127.000 m³ sehingga total kapasitas yang ada mencapai 508.000 m³. Indonesia pada tahun 2018 menduduki peringkat ke-11 negara penghasil gas alam terbesar di dunia dengan total produksi 73,2 Juta m³. Dapat dilihat pada gambar 2.1 letak sebaran gas bumi di Indonesia



Sumber: Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2021.

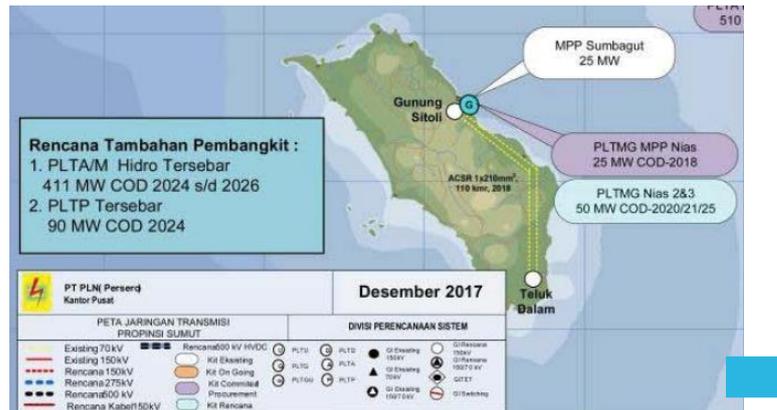
Gambar 2.1 Sebaran sumber Gas Bumi di Indonesia.

2.3.3 Kilang Gas LNG Arun.

PT. Perta Arun Gas merupakan perusahaan yang bergerak di bidang regasifikasi, dengan memiliki fasilitas yang dapat mencakup wilayah Aceh dan Sumatera bagian utara. Berlokasi di Lhokseumawe, Provinsi Aceh yang menghadap langsung ke Selat Malaka. Dengan kapasitas rata-rata *loading/discharge* 450 m³ per jam atau dapat mengisi sebanyak 11 ISO Tank berukuran 40 ft dalam 1 hari.

2.3.4 Lokasi PLTMG Nias.

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) sebagai penerima LNG di Nias berada didaerah Gunung Sitoli yaitu salah satu kota yang ada di Kepulauan Nias didalam Provinsi Sumatera Utara. PLTMG Nias ini dapat menghasilkan listrik sebesar 25 Megawatt untuk kebutuhan masyarakat yang ada di Kepulauan Nias.



Sumber: (RUPTL PLN, 2018-2027).

Gambar 2.2 Denah Pembangunan PLTMG Kepulauan Nias.

2.4 Distribusi LNG.

Agar LNG dapat digunakan oleh PLTMG maka diperlukan pendistribusian oleh pihak produsen, adapun yang perlu diperhatikan dalam hal ini ialah bagaimana rantai pasokan yang ada, bentuk penyimpanan yang digunakan dan jenis penyalurannya.

2.4.1 Rantai Pasokan LNG (*Supply Chain LNG*).

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

1. Produksi dan *Liquefaction* (Pencairan).

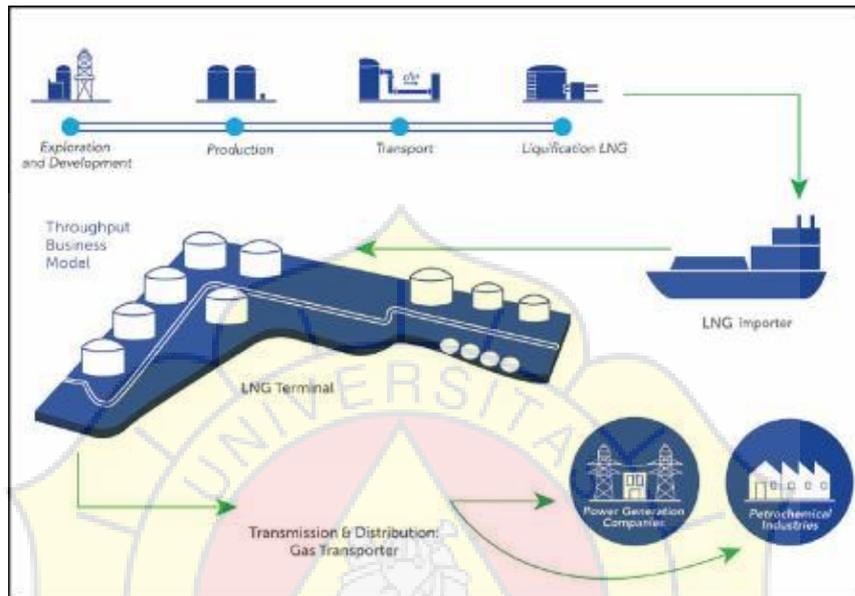
Di tahap ini gas alam diproduksi di ladang penghasil gas alam lalu dialirkan menuju *LNG Plant* untuk dikonversikan menjadi gas alam cair atau *LNG*. Dan biasanya ladang penghasil gas alam dengan *LNG Plant* ini berdekatan tempatnya.

2. Transportasi LNG.

Mengenai transportasi *LNG* ini memakai kapal-kapal pengangkut *LNG*/Tanker yang sudah dirancang khusus untuk pemuatan *LNG*. Dengan menggunakan *double hull* agar dapat mencegah kebocoran yang terjadi akibat kecelakaan. *LNG* dapat disimpan kedalam tangki dengan suhu -162 derajat celsius dengan berbagai model tangki seperti tangki membrane, tangki bola/kapsul, tangki prismatic.

3. Penyimpanan dan Regasifikasi.

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



Sumber: geologinesia.com.

Gambar 2.3 Skema Terminal Pencairan dan Regasifikasi LNG.

2.4.2 Bentuk Tanki Penyimpanan LNG.

Pada tahun 1975 IMO mengadakan sidang kesembilan tentang pembangunan dan perlengkapan kapal pengangkut gas alam cair dalam tangki, yaitu A.328(IX). Peraturan ini menetapkan standar internasional untuk kapal pengangkut gas alam cair dalam jumlah besar. Peraturan ini dibuat wajib (entry into force) pada tahun 1986 dan biasa disebut sebagai IMO International Gas Carrier Code. Persyaratan Kode ini juga termasuk dalam aturan untuk kapal yang membawa gas alam cair yang dikeluarkan oleh klas yang digunakan oleh kapal.

Aturan ini mencakup pembatasan kerusakan tangki kargo jika terjadi tabrakan atau kecelakaan, kelangsungan hidup kapal, keselamatan, penanganan kargo, bahan bangunan, pengendalian lingkungan, keselamatan kebakaran, penggunaan ruang kargo untuk bahan bakar, dan sebagainya. Dan yang menarik dalam konteks pembuatan kapal dari Kode ini adalah bagian Peraturan Kargo, yang mendefinisikan jenis ruang muat. Salah satunya adalah lapisan luar yang

menahan dan melindungi lambung kapal. Karena efek penggetasan struktural dari suhu dingin pada kargo LNG, lapisan harus dilindungi untuk mencegah kebocoran dari struktur tangki utama. Jenis-jenis lapisan keamanan dalam adalah: (International Maritime Organization, 1993).

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	≤0.025MPa
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"> •Good volume efficiency (Prismatic tank) •Complete secondary barrier 	<ul style="list-style-type: none"> •Volume efficiency Spherical: Low Prismatic: Good •Detail fatigue analysis required 	<ul style="list-style-type: none"> •Simple design & construction •Flexibility of work. pressure •Low volume efficiency 	<ul style="list-style-type: none"> •Good volume efficiency •Complete secondary barrier •Sloshing concern

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 lebih rinci yaitu sebagai berikut:

- Tangki Independen.

Tangki Independen bersifat *self supporting*. Artinya, tidak membentuk bagian lambung dan tidak menambah kekuatan lambung. Ada tiga jenis tangki independen: tangki independen tipe A, tangki independen tipe B dan tangki independen tipe C (IACS, 2016).

- Tangki Independen Tipe A

Tangki independen tipe A dirancang menggunakan teknik analisis struktur kapal masyarakat klasifikasi klasik. Tekanan uap desain P0 tangki ini kurang dari 0,07 N/mm² (0,7 bar) (IACS, 2016). Tangki independen tipe A biasanya digunakan oleh perusahaan pelayaran LPG. Gambar 2.17 adalah contoh tangki LPG yang menggunakan tangki independen prismatic tipe A.

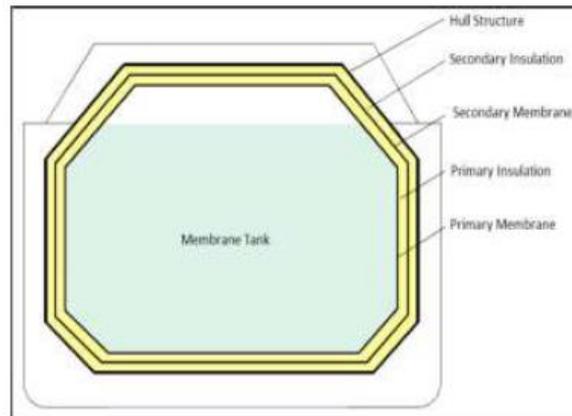
- Tangki Independen Tipe B.

Tangki Independen Tipe B dirancang menggunakan uji model, alat analisis, dan metode untuk menentukan tingkat tegangan, umur kelelahan, dan karakteristik perambatan retak. Tekanan uap desain P_0 tangki ini kurang dari $0,07 \text{ N/mm}^2$ (0,7 bar) (IACS, 2016). Tank independen Tipe B dikembangkan oleh Moss Rosenberg menggunakan Kugeltanks (tangki bulat) dan oleh Ishikawajima Heavy Industries (IHI) menggunakan tangki prismatik berdiri bebas. Tangki independen tipe B biasanya digunakan pada kapal pengangkut LNG

- Tangki independen tipe C

Tangki independen tipe C adalah tangki yang memenuhi kriteria bejana tekan dan memiliki desain tekanan uap minimal P_0 (IACS, 2016). Tangki independen Tipe C biasanya digunakan pada tanker LNG kecil dan kapal yang membawa LPG, etana, etilena, propilena, dan petrokimia lainnya.

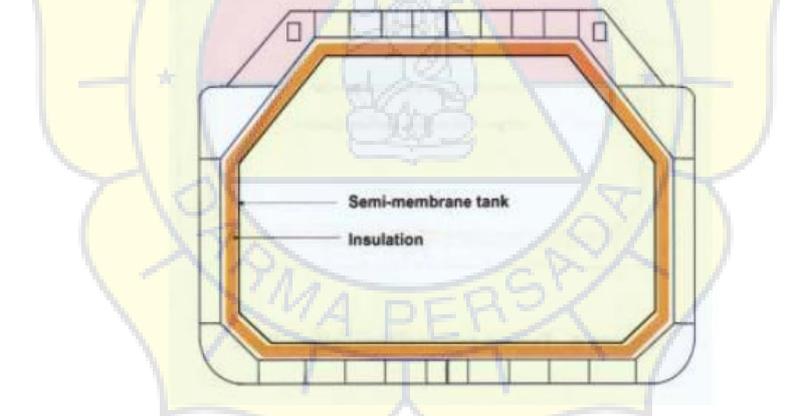
- Tangki membran adalah tangki tanpa penyangga yang terdiri dari lembaran tipis yang disangga oleh insulasi dari lambung yang berdekatan dengan struktur. Membran dirancang untuk mengkompensasi ekspansi atau distorsi termal dan lainnya tanpa perlu mengompresi membran. Tangki membran terutama digunakan pada kapal tanker LNG.



Sumber: IMO,1993

Gambar 2.4 *Membrane Tank*.

- Tangki Semi-Membran adalah tangki yang tidak didukung di bawah beban. Bagian datar tangki mendukung transmisi beban dan gaya dinamis melalui lambung, tetapi sudut dan tepi yang membulat tidak, yang dapat membatasi tangki yang dipompa dan Kempis. Tangki ini dirancang untuk transportasi LNG, tetapi digunakan untuk mengangkut sejumlah kecil kapal LPG.



Sumber: IMO,1993

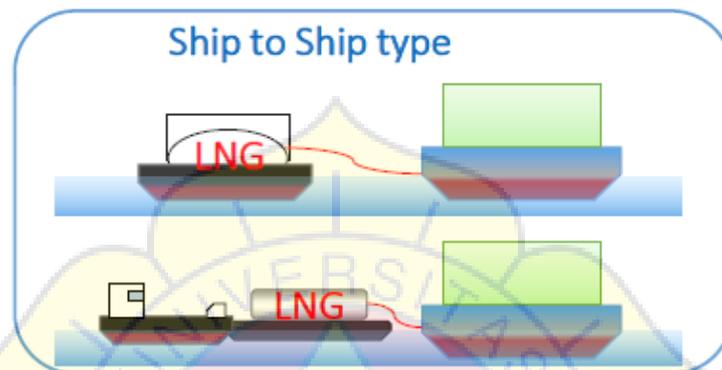
Gambar 2.5 *Semi Membrane Tank*.

2.4.3 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* tidak menggunakan sistem tambat, sistem *ship-to-ship* yang biasa digunakan dalam proses bongkar muat, menggunakan tali yang ditembakkan dari pengangkut LNG ke FSRU kemudian melilitkan tali ke drum untuk mendapatkan selang fleksibel yang nantinya terhubung ke FSRU (Floating Storage Refification Unit). Pengangkut LNG berkapasitas lebih kecil umumnya menggunakan jenis peralatan ini untuk mempercepat waktu bongkar muat LNG. (Ryadenata, 2016).

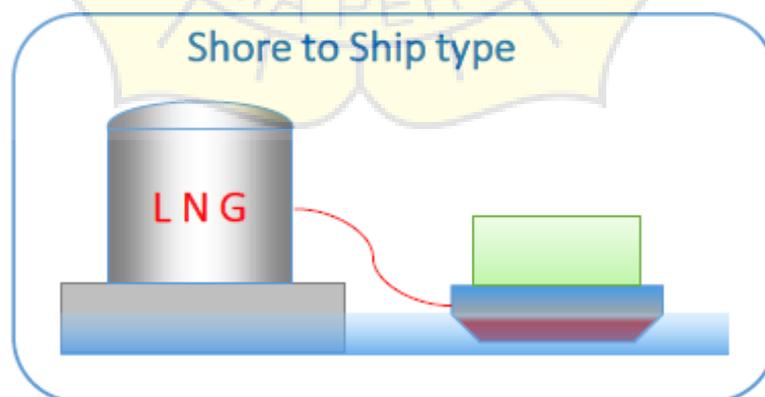


Sumber: NKK, *Alternative Fuels and Energy Efficient* (2018).

Gambar 2.6 Ilustrasi Bongkar Muat Tipe *Ship to Ship*.

2. Shore to Ship Type.

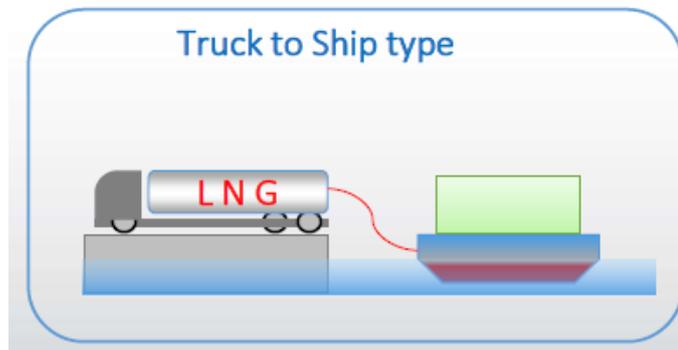
Tipe *Shore to Ship* adalah tipe penyaluran LNG yang disalurkan melalui (*Pipeline*) dari kapal LNG langsung dihubungkan ke *Storage Tank* LNG yang ada di Terminal penerima.



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

Gambar 2.7 Ilustrasi Bongkar Muat Tipe *Shore to Ship*.

3. Truck to Ship Type.



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

Gambar 2.8 Ilustrasi Bongkat Muat Tipe Truck to Ship.

4. Tank Container Type.



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

Gambar 2.9 Ilustrasi Bongkat Muat Tipe Tank Container.

2.5 Kapal Pengangkut Gas Alam Cair.

Liquefied Natural Gas Carrier atau yang dikenal dengan sebutan *LNG Carrier* adalah kapal dengan wadah berdinding ganda yang dirancang khusus untuk mengangkut gas alam cair pada suhu rendah. Tanker LNG adalah jenis kapal tanker yang disesuaikan dengan kebutuhan likuidasi dan regasifikasi gas alam cair. (Wikipedia, 2022).

Ada beberapa jenis kapal pengangkut *LNG* yang sudah ada saat ini yaitu *LNG Carrier*, *Medium LNG*, *Mini LNG*. Untuk memenuhi kebutuhan pengangkutan *LNG* ini maka Kapal *LNG Carrier* ini dibagi menjadi beberapa kapasitas muat tangki yang menjadi standar pembagian kapasitas muat tangki sebagai berikut:

- Kelompok kapal sangat besar:

- 200.000 m³
- 160.000 m³



Sumber: fleetmon.com

Gambar 2.10 Al Thumama *LNG Carrier*, Tank Capacity 216.235 m³

- Kelompok kapal besar:

- 145.000 m³
- 138.000 m³
- 125.000 m³



Sumber: fleetmon.com

Gambar 2.11 Al Bidda *LNG Carrier*, Tank Capacity 137.339 m³

- Kelompok kapal sedang (*Medium LNG*):

- 20.000 m³

- Kelompok kapal kecil (*Mini LNG*):

- < 20.000 m³



Sumber: fleetmon.com

Gambar 2.12 Coral Methane *LNG Carrier*, Tank Capacity 7.500 m³

Dibawah ini adalah beberapa jenis kapal LNG yang digunakan untuk memilih mana kapal yang tepat untuk melakukan distribusi *LNG* menuju pembangkit yang ada di Kepulauan Nias:

2.5.1 *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 terbatas dalam mengangkut *LNG* yang berada dipulau dan daerah terpencil.

Kapal *LNG* umumnya menggunakan turbin uap sebagai mesin utama karena *LNG* di dalam tangki selalu menghasilkan *BOG (boiled-off gas)* saat suhu naik. Turbin uap digunakan sebagai mesin utama untuk menggunakan *BOG*. Selain itu, ciri khas kapal *LNG* adalah menggunakan baja ringan karena suhu *LNG* sangat rendah. Loading, unloading dan docking juga sangat hati-hati, karena *LNG* diklasifikasikan sebagai cairan kriogenik dan harus ditangani oleh mesin cairan khusus. (Ryadenata, 2016).



Sumber: *Reliability Engineering and System Safety 93* (2008)

Gambar 2.13 *LNG Carrier Moss Spherical Tank dan Membrane Tank.*

Pada kapal *LNG* yang menggunakan tipe tangki *Moss Spherical Tankers* 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 bisa antar negara dan benua.

2.5.2 Kapal LCT.

Landing Craft Tank (LCT) adalah jenis kapal yang awalnya dirancang untuk mengangkut kargo berat, bulldoser, ekskavator, truk, loader, dan alat berat lainnya. Selain itu, bahan bangunan besar seperti pipa besi, pelat baja, dan tangki air juga dapat diangkut oleh LCT, dan LCT digunakan untuk mengangkutnya lebih efisien daripada tongkang, terutama di pulau-pulau dan daerah terpencil. (Gafur, 2016).

Pada awalnya kapal LCT ini digunakan untuk keperluan militer yaitu membawa kendaraan taktis dan pasukan ke dalam pulau-pulau. Kapal ini mulai muncul pada saat Perang Dunia II dan digunakan oleh Angkatan Laut Inggris dan Amerika Serikat pada saat itu. AL Amerika Serikat kemudian menggunakannya untuk tujuan-tujuan lainnya selama Perang Korea dan Perang Vietnam. Selama Perang Dunia II, kapal-kapal ini biasanya dikenal dengan singkatan namanya, Kapal pendarat tank. (Wikipedia, 2019).



Sumber: maritimeworld.web.id

Gambar 2.14 *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. LNG ini nantinya akan disimpan didalam ISO tank container agar dapat diangkut dengan mudah.

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 (Cahyo, 2021).



Sumber: pertagasniaga.pertamina.com

Gambar 2.15 ISO Tank LNG.

2.5.3 Kapal SPB (Self-Propelled Barge).

Kapal Self propelled Barge (SPB) adalah kapal berbentuk tongkang yang menggunakan tenaga pendorong sendiri. Kapal SPB ini mempunyai kemampuan maneuverability dan stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan tongkang dorong (tug barge), biaya pembangunannya secara signifikan lebih rendah dibanding dengan kapal jenis *bulk carrier* (Karana, 2016).



Sumber: zhouyangmarine.com

Gambar 2.16 Self propelled Barge (SPB).

Serupa dengan kapal LCT yang disebutkan di atas, kapal SPB juga perlu dilengkapi dengan wadah ISO Tank agar dapat mengangkut LNG ke pengguna. Wadah ISO Tank yang digunakan biasanya adalah tangki portabel yang dapat dipindahkan dari kapal ke pantai.

2.5.4 Kapal Supply.

Merupakan kapal yang dipergunakan untuk dapat mengangkut semua jenis peralatan yang dibutuhkan pada rig atau *offshore platform*. Memiliki ciri khas

berupa *wheelhouse* berada di bagian depan dengan cargo atau muatan dapat diletakan dibelakang bangunan utama kapal.

Serupa dengan kapal LCT yang disebutkan di atas, kapal *Supply* juga perlu dilengkapi dengan wadah ISO Tank agar dapat mengangkut LNG ke pengguna. Wadah ISO Tank yang digunakan biasanya adalah tangki portabel yang dapat dipindahkan dari kapal ke pantai.

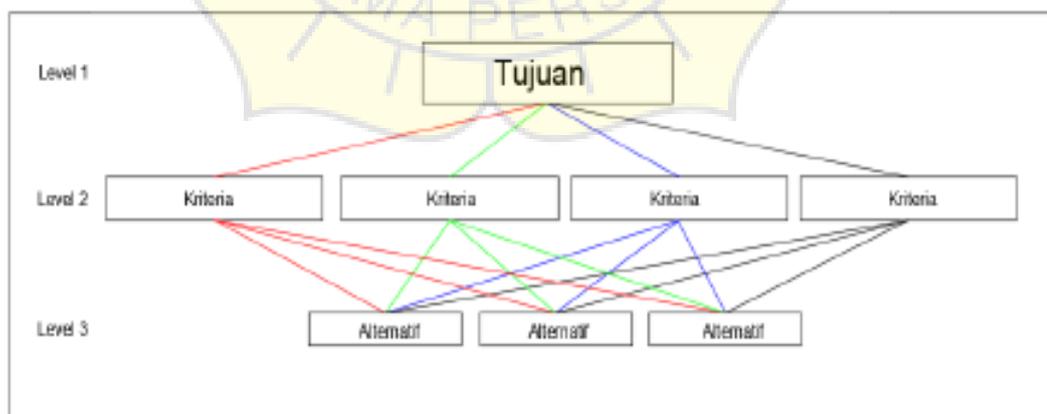


Sumber: mmaoffshore.com

Gambar 2.17 *Supply Vessel*.

2.6 Analytic Hierarchy Process (AHP).

Analytic Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Prof. Thomas L. Saaty pada tahun 1970, berfungsi membantu memecahkan masalah kompleks dimana data, informasi dan statistik sangat kecil. AHP merupakan bentuk model pengambilan keputusan multi kriteria, AHP merupakan metode pengambilan keputusan yang menggunakan beberapa kriteria dan alternatif yang dipilih berdasarkan semua kriteria yang terkait dengannya. (Salmon, 2019).



Sumber: (Saaty,1986)

Gambar 2.18 Struktur Analytic Hierarchy Process.

Penyusunan hirarki masalah dikarenakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan, dengan mempertimbangkan semua faktor keputusan yang terlibat dalam sistem. Sebagian besar masalah sulit dipecahkan karena proses pemecahannya berlangsung tanpa memikirkan masalah sebagai suatu sistem dengan struktur tertentu. (Sipangkar, 2018)

A. *Comparative Judgement.*

Comparative judgement dilakukan dengan menilai kepentingan relatif dua item pada satu level dibandingkan dengan level di atasnya. Evaluasi ini penting untuk AHP karena mempengaruhi prioritas elemen. Hasil evaluasi ini lebih mudah dinyatakan dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan, yaitu matriks perbandingan berpasangan yang berisi tingkat preferensi dari beberapa alternatif untuk setiap kriteria. Skala preferensi yang digunakan berkisar dari 1 untuk level terendah (Sama Pentingnya) hingga 9 untuk level tertinggi (Sangat Penting) (Sasongko, 2017).

B. *Synthesis of Priority.*

Synthesis of priority merupakan penilain ditingkat yang lebih darisebelumnya dimana dalam *Synthesis of priority* dicari *Local Proirity* atau *Total Priority Value (TPV)*. Sehingga untuk mendapatkan *Global Priority* harus dilakukan sintesis diantara *Local Priority*.

C. *Logical Consistency.*

Konsistensi logis adalah fitur penting dari AHP. Ini dicapai dengan menggabungkan semua vektor eigen yang diperoleh dari tingkat hierarki yang berbeda untuk mendapatkan vektor komposit berbobot..

2.7 Perhitungan Biaya Transportasi.

Pengoperasian sebuah kapal merupakan salah satu bentuk usaha yang menghasilkan produk berupa jasa transportasi. Untuk melakukan kegiatan tersebut, operator atau pemilik kapal yang terlibat harus mengorbankan banyak sumber daya. Sumber daya yang dikorbankan untuk operasional kapal adalah biaya operasional kapal. (Rahman, 2019).

Elemen biaya terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel serta biaya langsung dan tidak langsung. Intinya adalah untuk menemukan perbandingan antara kelompok biaya, seperti yang dijelaskan di bawah ini (Jinca, 1997):

- A. kelompok biaya tetap dan variabel. Skala klasifikasi biaya ini merupakan respon terhadap perubahan yang terjadi di tingkat pabrik/produksi. Setiap tingkat produksi memiliki elemen biaya yang nilainya berubah seiring dengan perubahan tingkat produksi.
- B. Kelompok biaya langsung dan tidak langsung, indikator yang digunakan dalam klasifikasi biaya ini, adalah dari sudut pandang operasional, terlepas dari apakah elemen biaya tersebut terkait langsung atau tidak langsung dengan proses produksi.

