

Desain CNG *Carrier* dari Gresik ke Lombok untuk Mendukung Program Pembangkit Listrik 35000 MW

Made Dwi Ary Arjana Tusan dan Hesty Anita Kurniawati
Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh
Nopember (ITS)
e-mail: tita@na.its.ac.id

Abstrak—PLTGU Lombok *Peaker* merupakan pembangkit listrik tenaga gas dan uap yang menggunakan *Compressed Natural Gas* (CNG) sebagai bahan bakar. Di daerah Lombok tidak ada pasokan CNG untuk mendukung kebutuhan PLTGU tersebut, namun dengan adanya pembangunan CNG *Plant* di Gresik akan membantu dalam pasokan gas ke Lombok. Penelitian ini bermaksud memberikan solusi untuk menciptakan sarana distribusi gas alam seperti CNG sebagai bahan bakar pembangkit listrik khususnya di Lombok. *Payload* dari CNG *carrier* ini merupakan kebutuhan CNG yang digunakan sebagai bahan bakar PLTGU Lombok *Peaker* beserta tabung dan kontainernya. Ukuran utama kapal ditentukan berdasarkan penempatan tabung dan kontainer pada kapal. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis berupa perhitungan berat, *freeboard*, *trim* dan stabilitas. Ukuran utama yang didapatkan adalah $L_{pp} = 81.8$ m; $B = 14.7$ m; $H = 8$ m; $T = 5$ m. Tinggi *freeboard* minimum sebesar 1074 mm, besarnya tonase kotor kapal adalah 2250 GT, dan kondisi stabilitas CNG *carrier* memenuhi kriteria *Intact Stability (IS) Code Reg. III/3.1*. Biaya pembangunan sebesar Rp51,298,798,739 dan biaya operasional sebesar Rp 26,888,561,985.

Kata Kunci—CNG, CNG *Carrier*, Gresik – Lombok.

I. PENDAHULUAN

SEMAKIN berkembangnya teknologi di kehidupan ini, tentunya membuat kebutuhan listrik menjadi bertambah setiap tahunnya. Untuk menghindari krisis kelistrikan yang terjadi di Indonesia, maka pemerintah membuat program pembangkit listrik 35000 MW yang ditetapkan pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2016 Tentang Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan. Pada program ini pemerintah akan membangun banyak pembangkit listrik di berbagai daerah di Indonesia.

Dengan menipisnya cadangan minyak bumi dan tingginya harga minyak bumi membuat banyak orang yang beralih ke sumber energi lain. Dalam memenuhi program pembangkit listrik 35000 MW, pemerintah memanfaatkan gas alam sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Gas alam yang digunakan yaitu *Liquefied Natural Gas* (LNG) atau *Compressed Natural Gas* (CNG). Antara LNG dan CNG terdapat perbedaan bentuk yang mendasar yaitu LNG merupakan gas alam yang berbentuk cair sedangkan CNG adalah gas alam yang terkompresi. Secara ekonomis produksi CNG lebih murah dibandingkan LNG yang membutuhkan pendinginan dan tangki kriogenik yang mahal. Akan tetapi

tempat penyimpanan CNG lebih besar untuk jumlah *massa* yang sama dengan LNG. Murahnya produksi CNG ini membuat pemasarannya lebih ekonomis untuk lokasi-lokasi yang dekat dengan sumber gas alam.

Dari kondisi tersebut pemerintah akan memanfaatkan CNG sebagai bahan bakar untuk pembangkit – pembangkit listrik. Pembangkit listrik yang didirikan tidak selalu dekat dengan daerah penghasil gas alam sehingga kondisi seperti ini menjadi kendala yang cukup serius dalam hal pengangkutannya. Salah satu pembangunan pembangkit listrik yaitu PLTGU *Peaker* 150 MW yang akan dibangun di daerah Lombok. Akan tetapi pasokan CNG pada daerah ini belum ada, sehingga harus dilakukan suplai gas dari daerah lain. Berhubungan dengan dibangunnya fasilitas CNG atau CNG *Plant* Gresik di lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Gresik, maka pemerintah akan mengirim pasokan CNG dari Gresik ke Lombok dan nantinya akan ditransfer ke daerah PLTGU yang di bangun. Dari latar belakang tersebut, maka akan dibuat desain CNG *Carrier* dari Gresik ke Lombok untuk mendukung program Pembangkit Listrik 35000 MW.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembuatan Tabung CNG

CNG atau gas alam terkompresi merupakan alternatif bahan bakar selain bensin atau solar. Bahan bakar ini dianggap lebih bersih bila dibandingkan bahan bakar minyak, karena emisi gas buangnya yang ramah lingkungan. CNG dibuat dengan melakukan kompresi metana (CH_4) yang diekstrak dari gas alam. CNG disimpan dan didistribusikan dalam bejana tekan, biasanya berbentuk silinder. Gas CNG akan dimampatkan dengan tekanan antara 200 - 250 bar (2900 – 3600 psi)[1].



Gambar 1. Tabung CNG

Tabung penyimpanan CNG terbuat dari baja atau aluminium yang mampu menahan tekanan hingga lebih dari 50 bar. Pembuatannya dilakukan dengan cara ditempa, mulai dari

bentuk bongkahan baja utuh hingga terbentuk sebuah tangki tanpa sambungan. Contoh tabung yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabung yang dibuat harus lolos dari berbagai macam pengujian yang sesuai dengan code dan standar, mengingat isinya adalah gas dengan tekanan yang besar. Tiap negara memiliki code dan standar yang berbeda, misalnya di Amerika mengacu pada standar ASML, di Inggris mengacu pada standar BS dan sebagainya.

B. Transportasi CNG

Metode pengiriman CNG menggunakan *truck mounted CNG* atau *CNG trailer* telah banyak diaplikasikan secara komersial di beberapa negara maju, terutama di Amerika Serikat dan Kanada. Sedangkan jalur laut (*CNG Marine*) menggunakan kapal dengan desain khusus, sayangnya hingga saat ini aplikasi komersial *marine transportation* CNG belum beroperasi secara komersial karena risiko yang terkait dengan teknologi baru[1].

Salah satu teknologi pengangkutan CNG di perairan dangkal seperti perairan Indonesia adalah yang dikembangkan oleh Enersea *transport* yaitu *votrans (volume optimized transport and storage)* seperti pada Gambar 2. Fitur utama dari operator VOTRANS CNG EnerSea adalah bahwa hal itu dapat membawa jumlah yang sama dari gas seperti sistem lain dengan sedikit pendinginan gas dengan tekanan yang relatif rendah daripada yang lain. Lebih khusus, sistem lain berisi gas pada suhu kamar dengan tekanan dari 250 sampai 300 bar, sedangkan metode VOTRANS menyimpan jumlah yang sama dari gas pada minus 30 derajat dan tekanan 120 bar, yang kurang dari setengah dari sistem lain. Kepadatan relatif dari gas pada kondisi yang kira-kira dua kali lipat dari sistem lain. Sebagai gas dapat diangkut sekitar setengah tekanan, berat total tangki juga dapat dikurangi dengan sekitar setengah dari sistem lain [2].



Gambar 2. Pengangkutan CNG Menggunakan VOTRANS CNG

C. Tinjauan Wilayah

Pelabuhan Gresik merupakan daerah industri yang memiliki beberapa segmen di setiap wilayah, Gresik memfokuskan pelabuhannya dalam 3 kategori yang sesuai dengan rute kegiatan dari masing-masing kepentingan. Pertama Pelabuhan Utama Gresik, adalah pelabuhan yang utama untuk arus barang dan penumpang, baik yang masuk ataupun yang keluar. Kedua, Pelabuhan Nelayan Gresik, merupakan pelabuhan utama khusus bagi nelayan yang akan pergi melaut. Sedangkan, yang ketiga Pelabuhan Gresik merupakan pelabuhan yang hanya khusus digunakan untuk kepentingan industri tertentu seperti Petrokimia, Plywood dan Semen.

PT Pelabuhan Indonesia III (PERSERO) cabang Lembar, menjadi salah satu tempat pengembangan usaha bagi PT BJTI PORT Surabaya di pulau Lombok sejak dua tahun yang lalu. Pelabuhan Lembar yang terletak di Kabupaten Lombok Barat – NTB, memiliki geografis: 080-43’-50,2” LS /1160-04’-24,20” BT. Sebagai pelabuhan kelas III, Lembar memiliki luas perairan 481 hektar dengan luas daratan 156,50 hektar. Untuk alur pelayarannya sendiri memiliki panjang 1.490 meter dan lebar 60 meter. Rintangan bawah airnya meliputi lumpur, air serta batu karang. Khusus untuk kedalaman (LWS) memiliki alur pelayaran 19 m (rata-rata), dengan kolam pelabuhan 6,5 m (rata-rata), sementara di depan dermaga 6 m [3].

Rute pelayaran kapal CNG dari Gresik ke Lombok dapat dilihat pada Gambar 3. Pelayaran tersebut melewati sebelah utara Pulau Madura untuk menghindari jembatan Suramadu. Jarak pelayaran sekitar 272 *nautical miles* atau 503744 m.

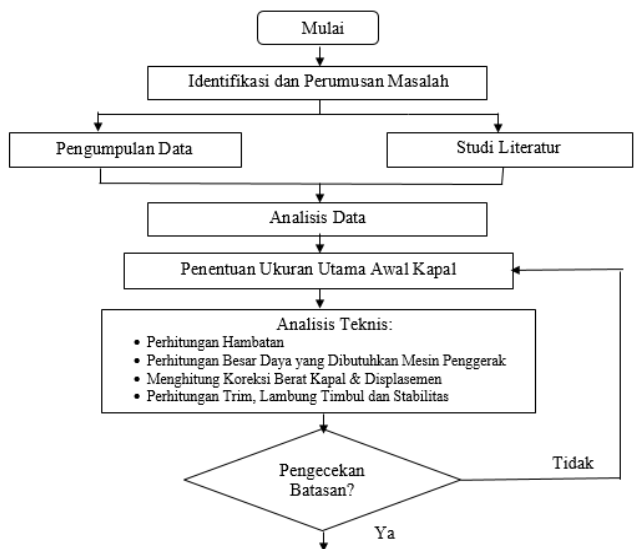


Gambar 3. Rute Pelayaran Gresik - Lombok

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir

Diagram alir pengerjaan dapat dilihat pada Gambar 4.





Gambar 4. Diagram Alir

IV. ANALISIS TEKNIS

A. Penentuan Payload

Payload diambil dari Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 5899 K/20/MEM/2016 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d 2025. Diperoleh muatan CNG yang dibutuhkan dalam sehari sebesar 5.4 bbtu.

CNG carrier ini direncanakan beroperasi dalam 3 hari sekali dengan muatan yang dibawa sebanyak 4 hari kebutuhan gas PLTGU Lombok Peaker, sehingga muatan total sebesar $5.4 \times 4 = 21.6$ bbtu.

Dari Tabel 1. diperoleh total muatan 2872.8 ton dan dilakukan pembulatan sehingga payload CNG carrier ini sebesar 2873 ton.

Tabel 1. Perhitungan Payload

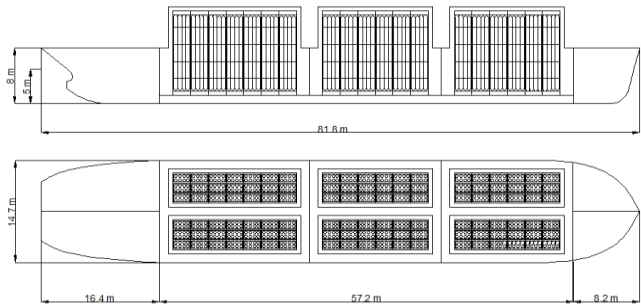
Kebutuhan Gas PLTGU Lombok			
1	scf	=	0.02831685 m3
21.6	mmscf	=	21600000 scf
		=	611643.96 m3
Tabung yg digunakan			
Type tabung	=	1	
Panjang	=	10975	mm
Diameter	=	559	mm
Tebal	=	17.3	mm
Tekanan	=	250	bar
Kapasitas CNG	=	700	m3
Dimensi Kontainer			
Panjang	=	12192	mm
Lebar	=	2438	mm
Tinggi	=	1435	mm
Kapasitas tabung	=	8	tabung
Berat 1 kontainer dan 8 tabung	=	25650	kg
Jumlah tabung yang digunakan	=	total muatan/kapasitas tabung	
	=	873.78	
	=	874	tabung
Jumlah kontainer yang digunakan	=	jumlah tabung/kapasitas kontainer	
	=	112	kontainer
Berat total muatan	=	jumlah kontainer x berat total kontainer	
	=	2872800	kg
	=	2872.8	ton

B. Penentuan Ukuran Utama

Ukuran utama ditentukan berdasarkan penempatan muatan di ruang muat kapal, sehingga diperoleh layout awal seperti pada Gambar 5.

Dengan ukuran utama kapal awal sebagai berikut:

- LPP : 81.8 m
- LWL : 85.072 m
- B : 14.7 m
- H : 8 m
- T : 5 m
- Vs : 12 knot



Gambar 5. Layout Awal

C. Perhitungan Koefisien

Setelah didapatkan ukuran utama kapal awal, selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien-koefisien kapal.

- Cb : 0.730
- Cm : 0.988
- Cwp : 0.836
- Cp : 0.739
- V : 4567.497 m³
- Δ : 4681.684 ton

D. Perhitungan Hambatan dan Propulsi

Selanjutnya dilakukan perhitungan hambatan (Holtrop) dan propulsi kapal.

- R_T = 108.97 kN
- EHP = 672.67 kW
- DHP = 1094.75 kW
- BHP = 1297.60 kW

Setelah itu dilakukan pemilihan mesin induk kapal, mesin induk yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Tipe : 6L20 Wartsila
- Daya [kW] = 1440 kW
- RPM = 1000 rpm
- Panjang = 3973 mm
- Lebar = 1756 mm
- Tinggi = 2424 mm
- Berat = 11 ton

E. Perhitungan LWT dan DWT

Pada perhitungan LWT terdapat 3 komponen yaitu berat baja, berat peralatan dan berat permesinan. Sedangkan DWT terdapat komponen crew, consumable dan payload. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

F. Perhitungan Titik Berat Kapal

- Titik berat kapal diperoleh dari titik berat LWT dan DWT.
- Titik berat LWT Titik berat DWT
- KG = 7.296 m KG = 7.015 m

LCG (FP) = 39.4 m LCG (FP) = 41.045 m
 Titik berat total kapal KG = 7.2 m, LCG dari FP = 39.97 m.

G. Perhitungan Tonase Kapal

Tonase kapal merupakan perhitungan volume semua ruangan yang terletak di bawah geladak kapal ditambah dengan volume ruangan tertutup yang terletak di atas geladak ditambah dengan isi ruangan beserta semua ruangan tertutup yang terletak di geladak paling atas (*superstructure*).

GT = 2249.99 ton
 NT = 1405.506 ton

Tabel 2.
 Hasil Perhitungan LWT dan DWT

LWT			
Berat Baja	=	1130.771	ton
Berat Peralatan	=	303.643	ton
Berat Permesinan	=	78.734	ton
Total LWT	=	1513.149	ton
DWT			
Payload	=	2873	ton
Berat Bahan Bakar	=	3.92	ton
Berat Minyak Pelumas	=	0.11	ton
Berat Air Tawar	=	5.25	ton
Berat Provision	=	0.20	ton
Berat Orang dan Bawaan	=	1.58	ton
Total DWT	=	2884.06	ton
LWT dan DWT	=	4397.206	ton
Displasemen (<i>Design</i>)	=	4681.684	ton
Margin	=	6.08	%

H. Perhitungan Trim

Perhitungan trim dilakukan untuk mengetahui apakah kapal mengalami trim buritan atau trim haluan, dimana kondisi kapal akan berubah secara otomatis akibat perubahan kondisi pemuatan. Pemeriksaan trim ini mengacu pada SOLAS Reg. II/7, dimana kondisi trim maksimum yang diperbolehkan adalah 0.5% Lpp. Untuk hasil perhitungan trim dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
 Rekapitulasi Batasan Trim

No	Kondisi	Batasan	Nilai	Status
1	Loadcase 1	0.409	0.220	Diterima
2	Loadcase 2	0.409	0.322	Diterima
3	Loadcase 3	0.409	0.274	Diterima
4	Loadcase 4	0.409	0.197	Diterima
5	Loadcase 5	0.409	0.308	Diterima
6	Loadcase 6	0.409	0.259	Diterima
7	Loadcase 7	0.409	0.384	Diterima
8	Loadcase 8	0.409	0.277	Diterima
9	Loadcase 9	0.409	0.241	Diterima

Berikut *loadcase* yang harus dihitung kondisi trimnya:

1. *Loadcase 1* merupakan kasus di mana muatan 100% dan bahan bakar 100%.
2. *Loadcase 2* merupakan kasus di mana muatan 100% dan bahan bakar 50%.
3. *Loadcase 3* merupakan kasus di mana muatan 100% dan bahan bakar 10%.

4. *Loadcase 4* merupakan kasus di mana muatan 85% dan bahan bakar 100%.
5. *Loadcase 5* merupakan kasus di mana muatan 85% dan bahan bakar 50%.
6. *Loadcase 6* merupakan kasus di mana muatan 85% dan bahan bakar 10%.
7. *Loadcase 7* merupakan kasus di mana muatan 0% dan bahan bakar 100%.
8. *Loadcase 8* merupakan kasus di mana muatan 0% dan bahan bakar 50%.
9. *Loadcase 9* merupakan kasus di mana muatan 0% dan bahan bakar 10%.

I. Perhitungan Freeboard

Perhitungan *freeboard* ini berdasarkan aturan yang terdapat pada *International Convention on Load Lines 1966 and Protocol of 1988 (ICLL 1966)*. Perhitungan ini disesuaikan dengan tipe kapal, dimana untuk CNG *carrier* ini merupakan kapal tipe B. Nilai *actual freeboard* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4.
 Rekapitulasi Freeboard

Rekapitulasi Freeboard			
No	Item	Hasil	Satuan
1	Tipe Kapal	Tipe B	
2	<i>Freeboard Standard</i>	933	mm
Koreksi-Koreksi			
	Koreksi <i>depth</i>	429.216	mm
3	Koreksi Cb	0	mm
	Koreksi Bangunan Atas	-290	mm
	Koreksi <i>Sheer</i>	0	mm
	<i>Freeboard Total</i>	1074	mm
	<i>Actual Freeboard</i>	3000	mm

J. Perhitungan Stabilitas

Pemeriksaan kondisi dilakukan guna mengetahui karakteristik kapal untuk setiap kondisi pemuatan yang berbeda (*loadcase*). Untuk mengetahui kriteria stabilitas dipenuhi atau tidak maka harus melebihi kriteria yang ditetapkan. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan adalah IS Code 2008. Banyaknya *loadcase* yang dihitung sama dengan *loadcase* pada perhitungan trim. Dimana hasil yang diperoleh seperti pada Tabel 5.

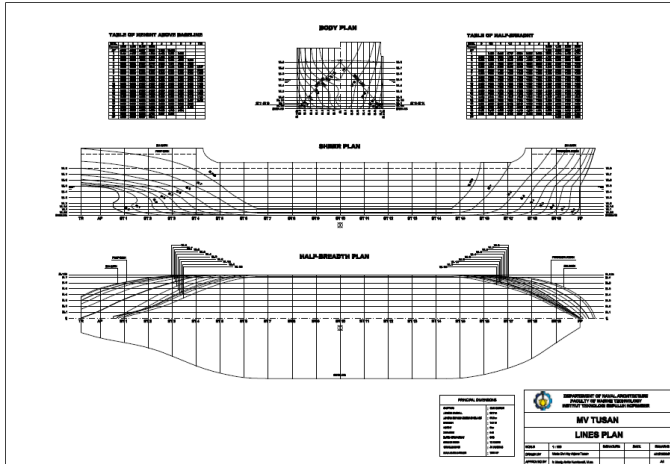
Tabel 5.
 Rekapitulasi Stabilitas Kapal

Data	e_{0-30° (m.deg)	e_{0-40° (m.deg)	e_{30-40° (m.deg)	h_{30° (m.deg)	θ_{max} (deg)	GM ₀ (m)
1	14.47	26.75	12.27	1.40	45.60	1.55
2	13.97	25.71	11.73	1.32	44.70	1.48
3	15.36	27.97	12.61	1.42	45.60	1.66
4	13.21	24.06	10.84	1.20	44.70	1.39
5	13.20	23.73	10.52	1.15	43.80	1.39
6	13.67	24.32	10.65	1.16	44.70	1.46
7	24.81	43.52	18.70	2.19	50.90	2.92
8	24.48	42.87	18.39	2.14	50.90	2.88
9	24.80	43.40	18.59	2.17	50.90	2.92
Criteria	≥ 3.15	≥ 4.87	≥ 1.71	≥ 0.2	≥ 15	≥ 0.15

Kondisi	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

K. Pembuatan Lines Plan

Setelah semua perhitungan selesai dilakukan, selanjutnya adalah membuat Rencana Garis (*Lines Plan*). *Lines Plan* merupakan gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dilihat dari tampak depan (*body plan*), tampak samping (*sheer plan*) dan tampak atas (*half breadth plan*). Setiap proyeksi menggambarkan badan kapal yang terpotong-potong pada arah tertentu dengan jarak yang secara umum konstan. *Lines Plan* dapat dilihat seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. *Lines Plan* CNG Carrier

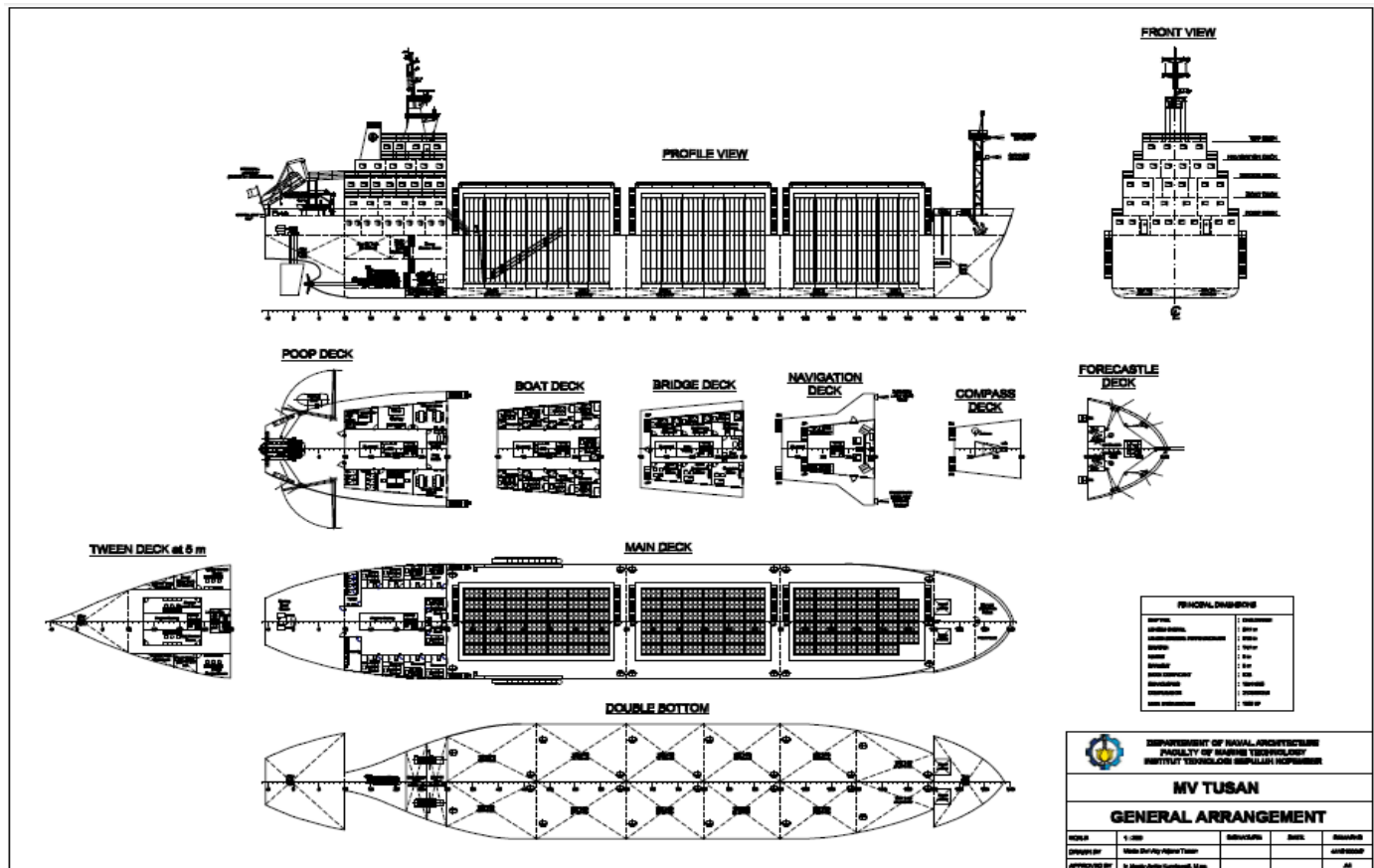
L. Pembuatan General Arrangement

Rencana Umum adalah pembagian ruangan untuk semua kebutuhan dan perlengkapan. Ruang yang dimaksud adalah ruang muat, ruang kamar mesin dan akomodasi atau disebut *superstructure* (bangunan atas).

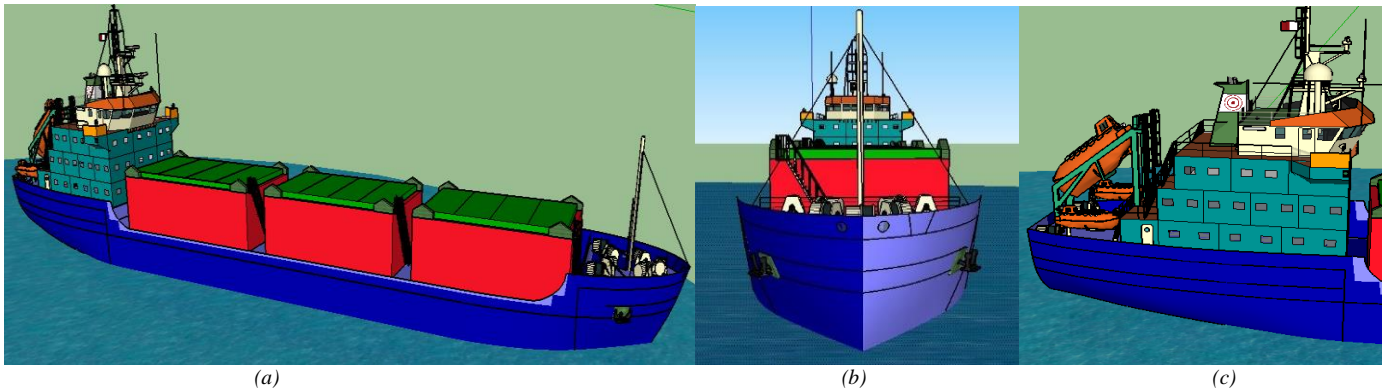
Gambar Rencana Umum dibuat menggunakan gambar Rencana Garis yang ada, diambil bagian terluar dari Rencana Garis. Disamping itu juga didesain penempatan peralatan-peralatan, sistem-sistem dan perlengkapan bantu kapal sehingga diperoleh hasil seperti pada Gambar 7.

M. Pemodelan 3 Dimensi

Setelah rencana umum dibuat, selanjutnya pemodelan 3D dapat dilakukan dengan pemroyeksian sesuai dengan Rencana Umum. 3D Model kapal ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. *General Arrangement* CNG Carrier



Gambar 8. 3D Model CNG Carrier

V. ANALISIS EKONOMIS

A. Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan diperoleh menggunakan ‘Pedoman Pembuatan Perkiraan Biaya (Cost Estimate), Direktorat Pengolahan, PERTAMINA’. Total biaya pembangunan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Biaya Pembangunan

Detail	%	Cost (\$)
Hull Part	35.3	1,357,151.76
Machinery Part	23.0	884,263.19
Electric Part	8.2	315,259.05
Construction	20.0	768,924.51
Launching and Testing	1.0	38,446.23
Inspection, Survey and Certification	1.0	38,446.23
Design	3.0	115,338.68
Order	3.5	134,561.79
Margin	5.0	192,231.13
Total	100	3,844,622.55

Biaya total pembangunan sebesar Rp 51,298,798,739.

B. Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya yang harus dikeluarkan pemilik kapal secara rutin setiap tahunnya. Untuk biaya operasional CNG carrier ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya Operasional

TOTAL OPERATIONAL COST		
Biaya	Nilai	Masa
Gaji Komplemen	Rp 5,664,000,000	per tahun
Biaya Perawatan	Rp 5,129,879,874	per tahun
Asuransi	Rp 769,481,981	per tahun
Biaya Kebutuhan Bahan Bakar	Rp 13,253,091,871	per tahun
Biaya Kebutuhan Air Bersih	Rp 83,324,292	per tahun
Biaya Perbekalan dan Perlengkapan	Rp 1,988,783,967	per tahun
Total	Rp 26,888,561,985	per tahun

VI. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis maka didapat kesimpulan:

- Berdasarkan data dari Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 5899 K/20/MEM/2016 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara

(Persero) Tahun 2016 s.d 2025. Dari data tersebut mengenai pasokan CNG yang dibutuhkan untuk pengoperasian PLTGU Lombok Peaker diperoleh payload sebesar 2873 ton.

- Ukuran Utama CNG Carrier yang didesain yaitu:

- Lpp (Panjang) = 81.8 m
- B (Lebar) = 14.7 m
- H (Tinggi) = 8 m
- T (Sarat) = 5 m

Desain Rencana Garis dan Rencana Umum sudah dibuat dan dilampirkan pada lampiran.

- Desain 3D Model sudah dibuat dan dilampirkan pada lampiran.
- Berdasarkan analisis ekonomis yang dilakukan, didapat biaya estimasi pembangunan CNG carrier ini sebesar Rp 51,298,798,739. Sedangkan untuk biaya operasional setiap tahunnya sebesar Rp 26,888,561,985.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Fathurahim, “Perancangan Barge Untuk Angkutan CNG (Compressed Natural Gas) Di Perairan Dangkal: Jalur Pelayaran Sembakung – Nunukan,” *Publ. Ilm. Online Mhs.*, vol. 1, no. 1, 2013.
- [2] Enersea, “CNG Technology,” *Enersea*, 2000. [Online]. Available: <http://enersea.com/cng-technology/>.
- [3] K. E. dan S. D. M. (ESDM), *Potensi dan Peluang Investasi Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral*. 2014.