

Desain *Small-Scale LNG Carrier* dengan *Combine Cycle Propulsion Plant* untuk Suplai Gas Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) “Flores” Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur

Muhammad Sayyid Habibie dan Hesty Anita Kurniawati
Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan n
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) 60111 Indonesia
e-mail: tita@na.its.ac.id

Abstrak— Dalam upaya peningkatan rasio elektrifikasi untuk mendukung pembangunan di Labuan Bajo, maka dibangun pembangkit-pembangkit baru salah satunya PLTMG “Flores”. PLTMG “Flores” merupakan pembangkit baru yang bersifat *mobile* serta dapat dioperasikan menggunakan bahan bakar *Liquefied Natural Gas* (LNG). Namun, cadangan minyak dan gas bumi di daerah Nusa Tenggara belum banyak diketahui. Dengan adanya rencana pengembangan Blok Masela melalui skema *onshore LNG plant* di Saumlaki akan membantu dalam pasokan LNG ke Labuan Bajo. Data rasio elektrifikasi yang rendah serta upaya PLN dalam membangun PLTMG “Flores” di Labuan Bajo melalui rencana jangka panjangnya maka diperlukan pembangunan infrastruktur pengantar suplai gas berupa LNG. Namun, letak Labuan Bajo yang cukup jauh dengan daerah pemasok LNG maka dapat dimanfaatkan sarana distribusi gas alam baru menggunakan *small-scale LNG carrier*. *Payload* dari *small-scale LNG carrier* ini berdasarkan konsumsi bahan bakar LNG untuk PLTMG “Flores” per hari. Ukuran utama didasarkan pada penempatan kontainer di ruang muat dan geladak. *Combine Cycle Propulsion Plant* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah *Combine Diesel & Steam Turbine* dimana pemilihan mesin diesel dan turbin uap sebagai penggerak berdasarkan perhitungan hambatan dan propulsi. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis berupa perhitungan berat, *freeboard*, trim dan stabilitas. Ukuran utama yang memenuhi kriteria teknis dan regulasi adalah $L_{pp} = 111.6$ m; $B = 22.4$ m; $H = 12$ m; $T = 5$ m. Tinggi *freeboard* minimum yang didapatkan yaitu 2104 mm, tonase kotor kapal mencapai 7885 ton dan kondisi stabilitas kapal dihitung serta didapatkan hasil yang memenuhi kriteria. Biaya pembangunan sebesar Rp197,331,715,056.31.

Kata Kunci—Blok Masela, *Combine Cycle Propulsion Plant*, LNG, Saumlaki, Labuan Bajo, *Small-scale LNG carrier*.

I. PENDAHULUAN

SEMAKIN pesatnya pertumbuhan penduduk, tentunya membuat kebutuhan listrik meningkat setiap tahunnya. Untuk menghindari krisis listrik maka laju pertumbuhan penduduk dengan pasokan listrik harus seimbang. Namun, kekurangan pasokan listrik masih terjadi di Labuan Bajo. Kota yang terletak di sebelah barat provinsi Nusa Tenggara Timur memiliki rasio elektrifikasi yang rendah. Kondisi yang perlu diselesaikan adalah memenuhi kekurangan pasokan daya, mengganti pembangkit BBM eksisting yang tidak efisien, dan menaikkan rasio elektrifikasi secara cepat pada daerah yang elektrifikasinya masih tertinggal.

Tindakan yang dilakukan PLN untuk menanggulangi hal tersebut yaitu dengan penambahan pembangkit baru yang bersifat *mobile* (*mobile power plant/MPP*) salah satunya yaitu PLTMG “Flores” di Labuan Bajo. Penggunaan jenis pembangkit ini adalah untuk kebutuhan mobilisasi pembangkit secara cepat ke tempat lain yang lebih membutuhkan serta dapat dioperasikan menggunakan bahan bakar gas/LNG. Pembangunan PLTMG “Flores” berkapasitas 20 MW akan memperkuat Sistem Labuan Bajo untuk membangun daerah tersebut dalam hal kecukupan listrik. PLTMG “Flores” merupakan salah satu proyek pembangkit listrik Mobile Power Plant (MPP) Paket 7 yang terdiri dari PLTMG Flores, Nabire, Ternate, dan Bontang dengan total kapasitas 100 MW.

Namun, PLTMG “Flores” yang didirikan tidak dekat dengan daerah penghasil gas alam sehingga kondisi seperti ini menjadi kendala yang cukup serius dalam hal pengangkutannya sehingga harus dilakukan suplai gas dari daerah lain. Berhubungan dengan dibangunnya fasilitas LNG Blok Masela di Laut Arafura dengan skema *onshore* di Saumlaki maka pada Tugas Akhir ini pasokan LNG akan dikirim dari Saumlaki ke Labuan Bajo dan nantinya akan ditransfer ke daerah PLTMG yang dibangun.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Liquefied Natural Gas* (LNG)

Secara definisi *Liquefied Natural Gas* (LNG) merupakan gas alam yang diubah dalam bentuk cairan dengan cara didinginkan hingga mencapai suhu minus 162°C sehingga volumenya diperkecil menjadi 1/600 dari kondisi semula [1].

B. *Small-Scale LNG Carrier*

Secara khusus pengertian dari *small LNG carrier* merupakan LNG *carrier* yang memiliki kapasitas tangki mencapai 30.000 m³ [2].

C. *Tipe-Tipe Tabung LNG*

Pada pengklasifikasian khusus, *small-scale LNG carrier* yang menggunakan tangki tipe C sesuai dengan *IGC Code*, tangki tipe C terdiri dari 2 jenis yaitu *bilobe* dan silinder yang mana berbeda sesuai dengan kapasitas dan kegunaannya masing-masing [3]. Suplai LNG juga dapat dilakukan dengan menggunakan *mobile tank container* [4]. *Mobile tank container* pertama kali dibuat pada pertengahan 1960 sebagai

cylindrical pressure vessel yang dilengkapi dengan kerangka yang menyesuaikan standar ISO (*International Standards Organization*) [5]. Secara umum, klasifikasi *mobile tank container* menurut *International Maritime Organization* (IMO) terdiri atas Tipe 1 (*hazardous*), Tipe 2 (*low hazard*), dan Tipe 5 (muatas gas).

D. Tinjauan Wilayah



Gambar 1. Tank Container Tipe 5

Mengutip pernyataan INPEX yang menyebutkan bahwa cadangan gas alam Lapangan Abadi direncanakan dikembangkan dalam skema *onshore* LNG telah dilakukan tahapan *pre-FEED (Front-End Engineering Development)* [6]. Salah satu proyek strategis nasional Republik Indonesia ini, pemanfaatan skema *onshore* LNG dengan penetapan pulau sebagai titik penempatan LNG *plant* masih dalam tahap perencanaan. Terdapat empat pulau yang dijadikan pilihan penempatan LNG *plant* tersebut antara lain Pulau Selaru, Pulau Yamdena, Pulau Babar, dan Pulau Aru [7]. Dengan mempertimbangkan berbagai faktor antara lain jarak, ancaman gempa, ancaman tsunami, tantangan *flow assurance* pipa, area daratan, sumber daya manusia (populasi), tantangan teknologi, dan biaya maka dipilih Pulau Yamdena sebagai tempat LNG *plant* proyek Abadi. Selain itu, secara rinci juga disebutkan bahwa LNG *storage* proyek Abadi akan ditempatkan di Saumlaki [1]. Pelabuhan Saumlaki sendiri terdapat fasilitas tempat sandar kapal dengan dimensi 115,2 m x 96 m dimana kedalaman alur berkisar -7 sampai -10 m [8]. Sedangkan Pelabuhan Labuan Bajo terdapat fasilitas berupa dermaga untuk melayani penumpang Pelni dan kapal kargo dengan panjang 120 m dan lebar 12 m. Kedalaman kolam -6 sampai -11 m LWS. Dermaga ini dihubungkan ke daratan dengan dua buah *trestle*, masing-masing panjangnya 134 m, dan lebar 6 m [9]. Rute pelayaran kapal *small-scale* LNG *carrier* dari Saumlaki ke Labuan Bajo dapat dilihat pada Gambar 2. Pelayaran tersebut memiliki jarak pelayaran sebesar 728 *nautical miles* atau 1349 km.

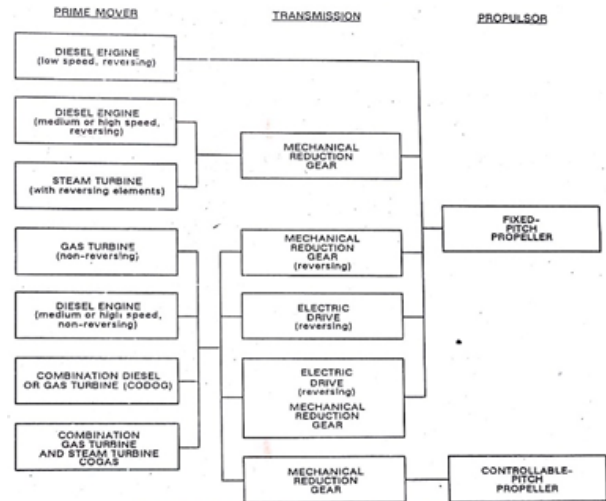
E. Combine Diesel Engine & Steam Turbine



Gambar 2. Rute Pelayaran Saumlaki – Labuan Bajo

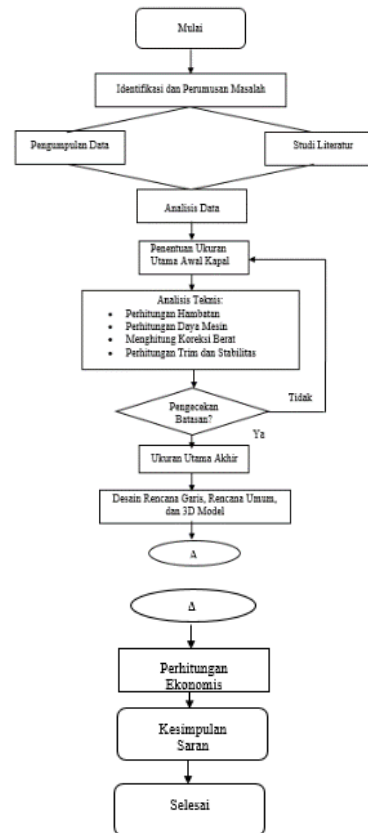
Pilihan ketika memilih penggerak utama kapal adalah mesin diesel, turbin gas atau turbin uap; namun, untuk beberapa persyaratan layanan tidak mungkin bagi penggerak utama tunggal untuk dapat memenuhi semua kondisi pengoperasian [10]. Pengaturan *Combine Diesel Engine & Steam Turbine* dapat disajikan dalam Gambar 3 dimana mesin diesel dan turbin uap (*steam turbine*) digunakan sebagai *prime mover* dan ditransmisikan melalui *mechanical reduction gear* yang dihubungkan ke *propeller* [10].

F. Diagram Alir



Gambar 3. Diagram Pemilihan Sistem Propulsi

Diagram alir pengerjaan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir

III. ANALISIS TEKNIS

A. Pemilihan Jenis Tabung

Dalam penelitian ini tabung yang akan digunakan adalah *tank container* IMO Tipe 5 (muatan gas). Pemilihan ini didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut.

1. Dapat menggunakan peralatan bongkar muat kontainer yang konvensional [11].
2. Kontainer dapat diangkut menggunakan truk melalui jalur darat ke terminal LNG terdekat untuk diisi ulang, dan kemudian dimuat di kapal.

Namun desain ini juga memiliki kekurangan, yaitu tabung paling berat dibandingkan dengan tabung lainnya karena adanya penambahan berat pada bingkai kontainer. Tabung direncanakan akan dikemas dalam kontainer dengan jumlah satu kontainer sebanyak satu tabung.

B. Penentuan Payload

Penentuan *payload* dari *small-scale LNG carrier* ini berdasarkan data dari katalog mesin Wartsila yang digunakan pada PLTMG “Bontang” yang termasuk proyek *Mobile Power Plant* (MPP) Paket 7. Berikut merupakan data konsumsi LNG dan minyak disajikan dalam Tabel 1. Dari Tabel 1 diperoleh perhitungan *payload* seperti yang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Konsumsi LNG dan Minyak

Engine	LNG Cons. [m ³ /day]	Oil Cons. [m ³ /day]	SFOC [g/kWh]	SGFC [kJ/kWh]
W16V 34DF	287,475	0,291	1,8	7438

C. Penentuan Ukuran Utama

Setelah didapat *payload* dan jumlah kontainer yang harus dibawa dari kapal ini selanjutnya menentukan ukuran utama awal kapal. Ukuran utama ditentukan berdasarkan penataan konfigurasi kontainer yang terdiri dari satuan kontainer antara lain *bay* sebagai satuan bentuk tatanan memanjang, *tier* sebagai satuan bentuk tatanan tinggi, dan *row* sebagai satuan bentuk tatanan lebar. Dalam penelitian ini juga dilakukan pengerjaan pada kontainer di atas geladak. Konfigurasi kontainer diatur sedemikian rupa sesuai area *hatch cover* yang tersedia dan tidak mengganggu pandangan terhadap permukaan laut dari posisi navigasi kapal. Sehingga didapatkan ukuran utama awal seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Ukuran Utama Awal

L _{pp}	= 111,600 m
L _{wl}	= 116,064 m
B	= 22,4 m
H	= 12 m
T	= 5 m

Tabel 2. Perhitungan Payload

Payload LNG Carrier	
Kebutuhan LNG PLTMG	= 287,475 m ³ /day × 8 day × 4 mesin “Flores” × 8 hari
	= 9199,223 m ³ LNG
Tabung yang digunakan	
Tipe tabung	= LNG ISO Container
Panjang	= 12192 mm
Diameter	= 2438 mm
Tekanan	= 5 bar
Kapasitas LNG	= 50 m ³ (100% load)
	= 47,5 m ³ (95% load)

Stacking Load = 5 container

Dimensi kontainer

Panjang = 12192 mm
 Lebar = 2500 mm
 Tinggi = 2896 mm
 Kapasitas Tabung = 1 Tabung
 Berat 1 kontainer dan 1 tabung = 30480 kg

Jumlah tabung yang digunakan

total muatan/kapasitas tabung = 9199,23/47,5 = 193,667856 Tabung = 194 Tabung

Jumlah kontainer yang digunakan

Jumlah tabung = Jumlah Kontainer = 194 Kontainer

Berat total muatan

= Jml kont × berat Kontainer & tabung = 194 × 30480 = 5913120 kg = 5913,12 ton = 5914 ton

D. Perhitungan Koefisien

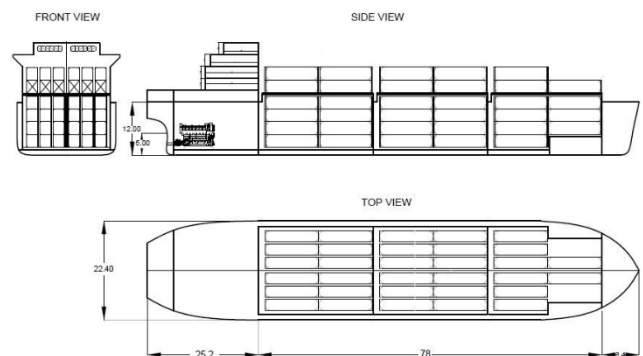
Setelah didapatkan ukuran utama awal, selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien-koefisien.

Tabel 4. Rekapitulasi Koefisien

C _b	= 0,803
C _m	= 0,994
C _{wp}	= 0,879
C _p	= 0,807
V	= 10436,169 m ³
Δ	= 10697

E. Perhitungan Hambatan dan Propulsi

Selanjutnya dilakukan perhitungan hambatan dengan metode Holtrop dan perhitungan propulsi kapal.



Gambar 5. Layout Awal Kapal

Tabel 5. Rekapitulasi Hambatan dan Propulsi

R _t	= 200,67	kN
EHP	= 1238,71	kW
DHP	= 1961,21	kW
BHP	= 2324,60	kW

Setelah itu dilakukan pemilihan mesin induk kapal. Untuk mesin diesel yang dipilih memiliki nilai daya mesin yang lebih besar dari BHP. Sedangkan pemilihan turbin uap didasarkan pada perhitungan 50% BHP. Pemilihan ini dikarenakan agar mesin diesel dapat menanggung daya ketika turbin uap dalam keadaan malfungsi. Sehingga dipilih tipe mesin untuk *small-scale LNG carrier* ini sebagai berikut.

Mesin Diesel:

- Tipe = 8L26 Wartsila
- Daya [kW] = 2600 kW
- RPM = 900 rpm
- Panjang = 5059 mm
- Lebar = 2107 mm
- Tinggi = 2686 mm
- Berat = 21,6 ton

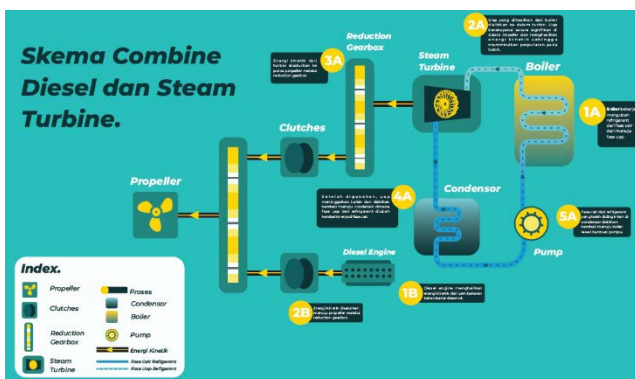
Turbin Uap :

- Tipe = Murray *Steam Turbine* RJG 2
- Daya [kW] = 1118 kW
- RPM = 5000 rpm
- Panjang = 584 mm
- Lebar = 3340 mm
- Tinggi = 2130 mm
- Berat = 18 ton

F. Skema Combine Diesel Engine & Steam Turbine

Berdasarkan Gambar 6 maka dapat dijelaskan secara rinci skema dari *Combine Diesel Engine & Steam Turbine* sebagai berikut.

1. Kapal memiliki dua mesin penggerak yaitu mesin diesel, dan turbin uap yang dihubungkan ke satu *reduction gearbox*.
2. Turbin uap bekerja dengan memanfaatkan *boiler* sebagai pengubah *refrigerant* dari fase cair menuju fase uap.
3. Kemudian uap yang dihasilkan dari *boiler* dialirkan ke turbin uap sehingga uap berekspansi secara signifikan di dalam *impeller* turbin dan menghasilkan energi kinetik sehingga menimbulkan perputaran pada turbin uap
4. Energi kinetik dari turbin uap disalurkan ke poros *propeller* melalui *reduction gearbox*
5. Pada saat yang bersamaan, mesin diesel bekerja menghasilkan energi kinetik dari hasil pembakaran bahan bakar *diesel oil*. Uap panas hasil pembakaran disalurkan ke *boiler* sebagai penambah temperatur.
6. Energi kinetik yang dihasilkan mesin diesel disalurkan menuju *propeller* melalui *reduction gearbox*.



Gambar 6. Skema Combine Diesel Engine & Steam Turbine

G. Perhitungan LWT dan DWT

Pada perhitungan displasemen kapal dilakukan perhitungan LWT dan DWT, dimana perhitungan LWT terdiri dari beberapa komponen seperti berat baja kapal, berat peralatan dan berat permesinan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6 pada halaman sebelumnya.

Tabel 6. Perhitungan LWT dan DWT

LWT	
Berat Baja	= 3490,344 ton
Berat Peralatan	= 617,551 ton

Berat Permesinan	= 363,435 ton
Total LWT	= 4471,329 ton
DWT	
<i>Payload</i>	= 5913 ton
Berat Bahan Bakar	= 0,0381 ton
Berat Minyak Pelumas	= 0,0001 ton
Berat Air Tawar	= 19,250 ton
Berat <i>Provision</i>	= 0,0006 ton
Berat Orang dan Bawaan	= 4,2500 ton
Total DWT	= 5936,6588 ton
LWT dan DWT	= 10407,988 ton
Displasemen (<i>Design</i>)	= 10697,073 ton
<i>Margin</i>	= 2,7024 %

H. Perhitungan Titik Berat Kapal

Titik berat kapal diperoleh dari titik berat LWT dan DWT.
 Titik berat LWT KG = 9,526 m
 Titik berat DWT KG = 6,684 m
 LCG (FP) = 63,923m
 LCG (FP) = 45,821 m
 Titik berat total kapal KG = 7,91 m, LCG dari FP = 53,60 m

I. 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 atas geladak paling atas (*superstructure*). Berikut merupakan tonase *small-scale LNG carrier* ini.

- GT = 7885 ton
- NT = 2371,967 ton

J. Perhitungan Trim

Trim dibagi menjadi 2 yaitu trim haluan (sarat depan lebih besar dibanding sarat belakang), dan trim buritan (sarat belakang lebih besar dibanding sarat depan). Pemeriksaan trim berpegang pada SOLAS Reg. II/7, dimana kondisi trim maksimal sebesar 0,5% Lpp. Hasil perhitungan trim yang telah didapatkan disajikan dalam Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7.
Rekapitulasi Batasan Trim untuk Muatan 194 Kontainer

Kondisi	Batasan	Nilai	Status	Trim
Loadcase 1	0,558	0,230	Diterima	Trim by bow
Loadcase 2	0,558	0,424	Diterima	Trim by bow
Loadcase 3	0,558	0,352	Diterima	Trim by stern
Loadcase 4	0,558	0,368	Diterima	Trim by bow
Loadcase 5	0,558	0,341	Diterima	Trim by stern
Loadcase 6	0,558	0,239	Diterima	Trim by stern
Loadcase 7	0,558	0,289	Diterima	Trim by stern
Loadcase 8	0,558	0,007	Diterima	Trim by bow
Loadcase 9	0,558	0,184	Diterima	Trim by stern

Tabel 8.
Rekapitulasi Batasan Trim untuk Muatan 170 Kontainer

Kondisi	Batasan	Nilai	Status	Trim
Loadcase 1	0,558	0,101	Diterima	Trim by stern
Loadcase 2	0,558	0,089	Diterima	Trim by bow
Loadcase 3	0,558	0	Diterima	-
Loadcase 4	0,558	0,257	Diterima	Trim by bow
Loadcase 5	0,558	0,451	Diterima	Trim by stern
Loadcase 6	0,558	0,352	Diterima	Trim by stern
Loadcase 7	0,558	0,145	Diterima	Trim by stern
Loadcase 8	0,558	0,476	Diterima	Trim by stern
Loadcase 9	0,558	0,184	Diterima	Trim by stern

Dari kombinasi kondisi muatan dan bahan bakar yang ada maka ada 9 *loadcase* yang harus dihitung untuk keadaan trimnya. Berikut merupakan *loadcase* yang harus dihitung.

1. *Loadcase* 1 merupakan kasus dimana muatan 100% dan bahan bakar 100%.
2. *Loadcase* 2 merupakan kasus dimana muatan 100% dan bahan bakar 50%.
3. *Loadcase* 3 merupakan kasus dimana muatan 100% dan bahan bakar 10%.
4. *Loadcase* 4 merupakan kasus dimana ada berat kontainer dan tabung, muatan 0 % dan bahan bakar 100%.
5. *Loadcase* 5 merupakan kasus dimana ada berat kontainer dan tabung, muatan 0 % dan bahan bakar 50%.
6. *Loadcase* 6 merupakan kasus dimana ada berat kontainer dan tabung, muatan 0 % dan bahan bakar 10%.
7. *Loadcase* 7 merupakan kasus dimana tidak ada berat kontainer dan tabung, muatan 0% dan bahan bakar 100%.
8. *Loadcase* 8 merupakan kasus dimana tidak ada berat kontainer dan tabung, muatan 0% dan bahan bakar 50%.
9. *Loadcase* 9 merupakan kasus dimana tidak ada berat kontainer dan tabung, muatan 0% dan bahan bakar 100%.

K. 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 *small-scale LNG carrier* ini merupakan kapal Tipe B.

Tabel 9.
Rekapitulasi *Freeboard*

No.	Item	Hasil	Satuan
1	Tipe Kapal	Tipe B	
	<i>Freeboard Standard</i>	1549,16	mm
2	Koreksi <i>Depth</i>	1049,28	mm
	Koreksi <i>Cb</i>	0	mm
	Koreksi Bangunan Atas	-480	mm
3	Koreksi <i>Sheer</i>	0	mm
	<i>Freeboard Total</i>	2118,65	mm
	<i>Actual Freeboard</i>	7000	mm

L. Perhitungan Stabilitas

Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *software* adalah *IS Code 2008*. Dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11 pada halaman berikutnya, seluruh *loadcase* memenuhi seluruh kriteria yang ada, sehingga perhitungan stabilitas untuk kapal ini telah memenuhi persyaratan *IS Code*.

Tabel 10.

Rekapitulasi Batasan Trim untuk Muatan 194 Kontainer

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	15,330	28,901	13,571	1,843	74,500	1,488
2	12,606	24,078	11,471	1,175	37,300	1,005
3	99,110	18,766	8,854	0,913	34,500	0,637
4	29,644	49,515	19,871	2,023	38,600	3,359
5	28,440	44,996	16,556	1,681	31,800	3,416
6	29,229	44,531	15,302	1,605	28,600	3,717
7	38,110	60,968	22,858	2,298	116,40	4,770
8	39,043	58,782	19,739	2,047	115,90	5,377

9	43,135	62,859	19,725	2,099	115,50	6,401
Kriteria	$\geq 3,15$	$\geq 5,15$	$\geq 1,71$	$\geq 0,2$	≥ 25	≥ 0.15

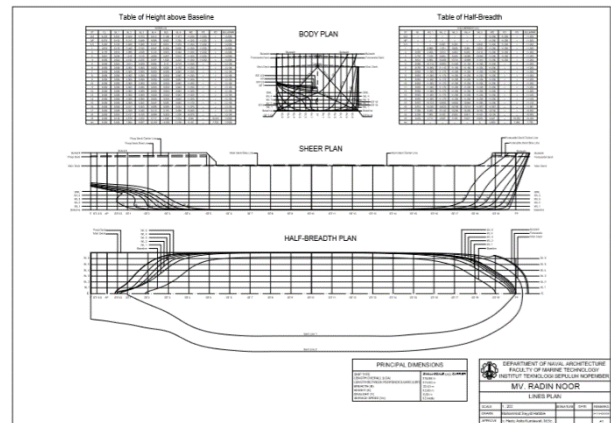
Tabel 11.

Rekapitulasi Batasan Trim untuk Muatan 170 Kontainer

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	14,706	27,311	12,605	1,291	36,400	1,261
2	14,228	26,042	11,814	1,209	35,500	1,196
3	17,967	32,972	15,005	1,542	37,300	1,682
4	29,006	49,254	20,248	2,078	39,100	3,250
5	30,177	47,393	17,216	1,751	31,400	3,700
6	31,090	47,050	15,960	1,678	28,600	4,045
7	37,163	57,007	19,844	2,029	116,40	4,923
8	42,107	65,466	23,359	2,354	115,50	5,582
9	43,135	62,859	19,725	2,099	115,50	6,401
Kriteria	$\geq 3,15$	$\geq 5,15$	$\geq 1,71$	$\geq 0,2$	≥ 25	≥ 0.15

M. Pembuatan Lines Plan

Langkah berikutnya yaitu membuat Rencana Garis (*Lines Plan*). *Lines Plan* menyatakan bentuk potongan badan kapal yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *sheer plan* (secara memanjang) dan *half-breadth plan* (dilihat dari atas). Berikut merupakan *Lines Plan* dari *small-scale LNG carrier* ini disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Lines Plan Small-Scale LNG Carrier

N. Pembuatan General Arrangement

General Arrangement atau Rencana Umum merupakan perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Rencana Umum dibuat berdasarkan Rencana Garis yang telah dibuat sebelumnya. Berikut merupakan *General Arrangement* dari *small-scale LNG carrier* ini disajikan dalam Gambar 8.

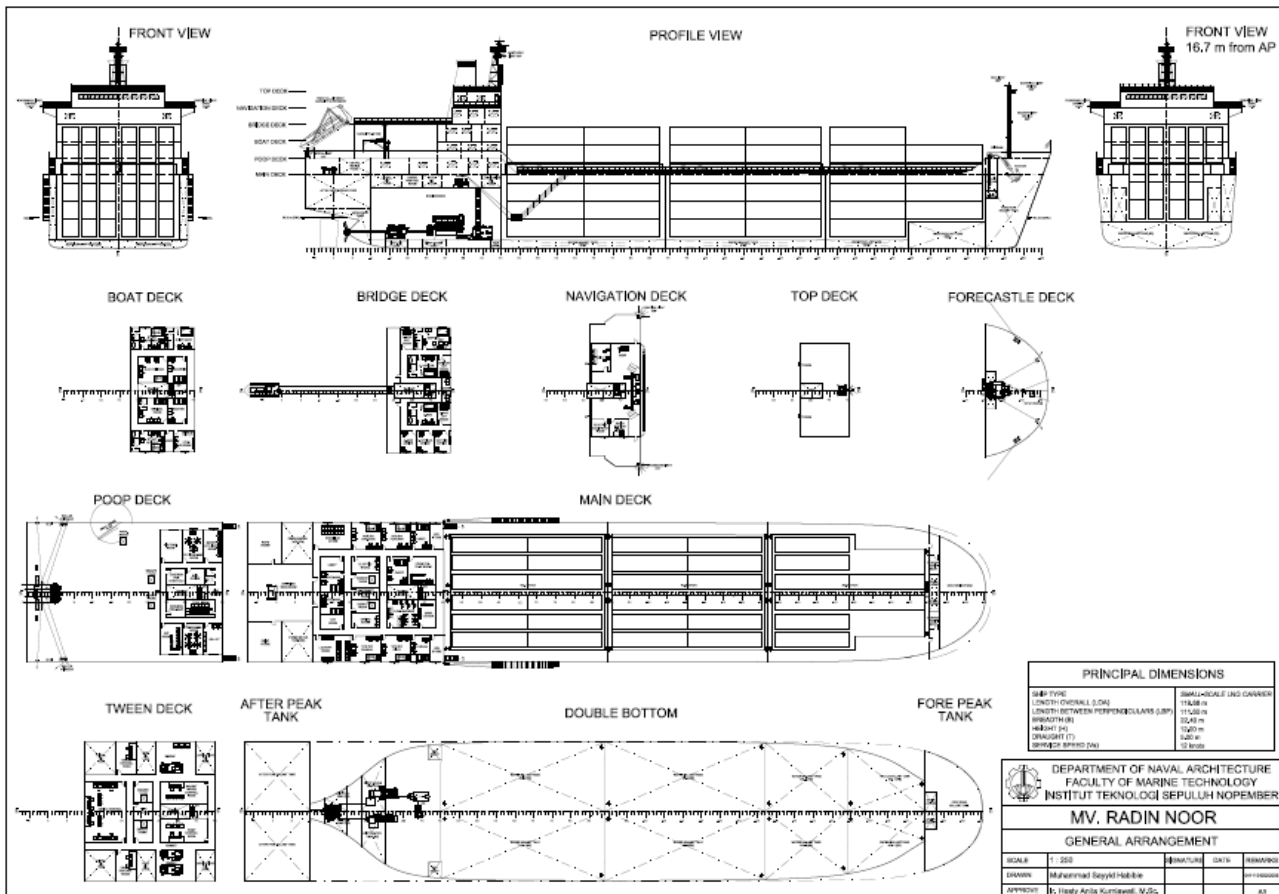
O. Pemodelan 3 Dimensi

Langkah selanjutnya setelah pembuatan *General Arrangement* adalah pemodelan 3 dimensi. *General Arrangement* yang telah dibuat dijadikan sebagai referensi utama pemodelan 3 dimensi ini. Pemodelan 3 dimensi kapal dapat dilihat pada Gambar 9 (a), (b), dan (c).

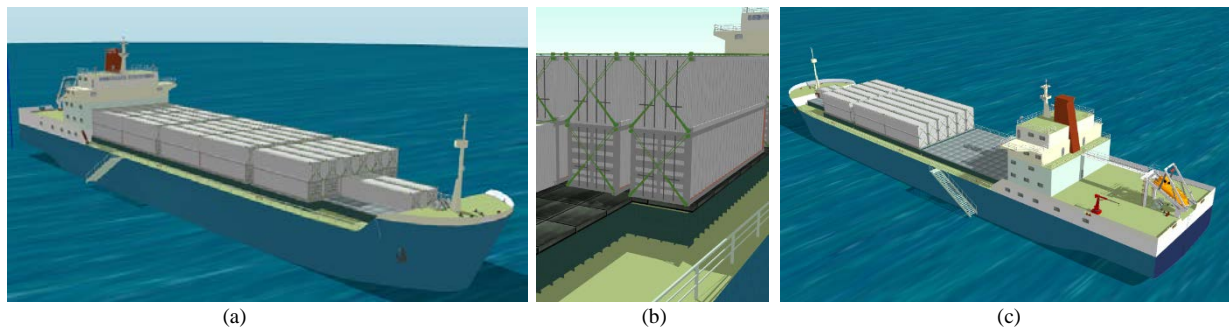
IV. ANALISIS EKONOMIS

A. Biaya Pembangunan

Dalam penelitian ini biaya pembangunan kapal dihitung berdasarkan harga tiap-tiap *item* di pasaran. Data hasil rekapitulasi harga tiap-tiap *item* di pasaran disajikan dalam Tabel 12.



Gambar 8. General Arrangement Small-Scale LNG Carrier.



Gambar 9. 3D Model Tampak Samping (a), Detail Kontainer 3D (b); dan Tanpa Kontainer di Atas Geladak (c).

Tabel 12. Rekapitulasi Biaya Estimasi Pembangunan Kapal

No.	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal & Elektroda	8.901.213,68	USD
2	Equipment & Outfitting	156.665,00	USD
3	Tenaga Penggerak	1.249.190,00	USD
	Total Harga (USD)	10.307.069,00	USD
	Kurs Rp – USD	14.504	Rp/USD
	Total Harga (Rupiah)	149.493.723.527,51	Rp

Dimana kurs Rupiah-USD yang digunakan per tanggal 12 Desember 2018 menurut Bank Indonesia (BI) sebesar Rp 14405. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan perhitungan koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah [12]. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan tersebut disajikan dalam Tabel 13.

Tabel 13. Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

No.	Item	Value	Unit
1	Keuntungan Galangan	29.898.744,705.5022.989.874.470,55	Rp
2	Biaya Inflasi	14.949.372.352,75	Rp

3	Biaya Pajak Pemerintah	47.837.991.528,80	Rp
4	Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi		Rp
5	Biaya Pembangunan + Koreksi Ekonomi	197.331.715.056,31	Rp

B. Perbandingan Harga Pembangunan

Setelah didapatkan estimasi biaya pembangunan kapal dari *small-scale LNG carrier* ini maka dilakukan perbandingan harga dengan *small-scale LNG carrier* pada umumnya untuk menentukan apakah *small-scale LNG carrier* yang dibangun lebih murah atau tidak. Dalam Tugas Akhir ini didapatkan harga pembelian bangunan baru untuk *small-scale LNG carrier* MT. Donata Schulte. Berdasarkan perhitungan dalam Tabel 14 didapatkan bahwa biaya pembangunan untuk *small-scale LNG carrier* dalam penelitian ini lebih murah 44% dari *small-scale LNG carrier* pada umumnya. Dalam hal ini, pembelian kontainer tidak termasuk biaya pembangunan kapal melainkan biaya investasi dan nilai 1 USD = Rp 14.504,00 per 12 Desember 2018.

Tabel 14.
Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah.

Nama	DWT	Harga (USD)	Harga (Rp)
MV. Radin Noor	5.936,66	-	Rp197.331.715.056,31
MT. Donata Schulte	6	\$31.000.000,00	Rp449.624.000.000,00
Rasio Harga			= 0,438
Rasio Harga (%)			= 0,44

V. KESIMPULAN

Berdasarkan spesifikasi mesin pembangkit yang digunakan untuk pengoperasian PLTMG "Flores" didapatkan perhitungan konsumsi LNG mesin pembangkit perhari sebesar 1149,9 m³/day LNG yang dijadikan sebagai acuan untuk penentuan *payload*. Dalam penelitian ini didapatkan *payload* kapal sebesar 5914 ton atau 194 kontainer LNG.

Ukuran Utama *small-scale LNG carrier* yang memenuhi kriteria teknis dan regulasi sebagai berikut.

- Lpp (Panjang) : 111,6 m
- B (Lebar) : 22,4 m
- H (Tinggi) : 12 m
- T (Sarat) : 5 m

Desain Rencana Garis dan Rencana Umum disajikan pada Lampiran C dan Lampiran D. Pemodelan 3D disajikan pada Lampiran E.

Berdasarkan perhitungan ekonomis yang dilakukan, didapatkan biaya estimasi pembangunan *small-scale LNG carrier* ini sebesar Rp197.331.715.056,31.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. S. D. Putra, "Desain rantai pasok gas alam cair (LNG) untuk kebutuhan pembangkit listrik di Indonesia bagian timur," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 75–80, Dec. 2016.
- [2] P. van den Ouden, "Small Scale LNG Carriers," Paris, 2015.
- [3] R. Andrian and T. W. Pribadi, "Analisa teknis dan ekonomis pembangunan galangan kapal pengangkut LNG ukuran kecil (small scale LNG carrier) untuk perairan Indonesia," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. G81–G87, Mar. 2018.
- [4] E. Lisowski and W. Czyycki, "Transport and storage of LNG in container tanks," *J. KONES Powertrain Transp.*, vol. 18, no. 3, pp. 193–201, 2011.
- [5] Inland Marine Underwater Association (IMUA), "Guide to cargo carrying conveyances tank containers," *IMUA*, 2006. [Online]. Available: https://www.imua.org/Files/reports/GUIDE_TO_CARGO_CARRYING_CONVEYANCES_TANK_CONTAINERS.html#desc.
- [6] INPEX, "Annual Report," 2018.
- [7] A. H. Astari, "Integrated Evaluation of Masela Block Development Concepts," University of Stavanger, Norway, 2017.
- [8] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, *KEPMEN154 Th. 2016, Tentang Rencana Induk Pelabuhan Saumlaki Provinsi Maluku*. 2016.
- [9] *PERMEN No. 183 Tahun 2015 Tentang Rencana Induk Pelabuhan Labuan Bajo Provinsi Nusa Tenggara Timur*.
- [10] W. G. Bullock, *Marine Engineering*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1992.
- [11] M. D. A. A. Tusan and H. A. Kurniawati, "Desain CNG carrier dari Gresik ke Lombok untuk mendukung program pembangkit listrik 35000 MW," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. G87–G92, Sep. 2017.
- [12] A. Julianto, "Desain Dual Fuel LNG Carrier sebagai Sarana Distribusi LNG di Perairan Kepulauan Riau," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.