



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Studi Perancangan Kapal LNG 3150 DWT Rute Pelayaran Blok Masela - Tanjung Mas

Yacob Utama Nainggolan¹⁾, Berlian Arswendo¹⁾, Utung Budiarto¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: yacobnainggolan14@gmail.com

Abstrak

Di sektor gas alam, Indonesia masih tercatat sebagai salah satu negara penghasil gas alam yang diakui dunia. Di Indonesia blok Masela adalah salah satu blok yang memiliki cadangan gas terbesar di Indonesia. Cadangannya mencapai 10,73 Trillion Cubic Feet (TCF). Begitu besarnya jumlah cadangan tersebut, hingga Blok Masela disebut lapangan Abadi. Oleh karena itu, Indonesia merencanakan pembangunan kilang terapung atau FLNG yang berada di blok Masela dikawasan laut Arafura. Maka untuk itu diperlukan suatu alat transportasi laut berupa kapal LNG yang mempermudah pendistribusian gas alam cair dan tentunya sesuai dengan karakteristik perairan wilayah tersebut. Kapal yang akan dirancang sebagai kapal pengangkut gas alam cair atau LNG dari Blok Masela -Tanjung mas harus memperhitungkan ukuran utama, rencana garis, rencana umum, analisa hidrostatis, stabilitas kapal dan analisis olah gerak kapal, serta pemilihan peralatan penyelamatan dan mesin induk berdasarkan hasil perhitungan daya mesin sesuai dengan hambatan yang dialami kapal. Metode perancangan kapal LNG ini menggunakan kapal pembanding sebagai acuannya. Setelah ukuran utama didapatkan maka analisa kelayakan lambung bisa didapatkan dari software pendukung perancangan kapal. Perancangan kapal menggunakan metode perbandingan untuk mendapatkan ukuran utama kapal, software Maxsurf dan Rhinoceros untuk pemodelan dan untuk analisa karakteristik kapal. Ukuran utama kapal didapatkan yaitu $L_{pp} = 99,00$ m, $B = 17,20$ m, $H = 10,92$ m, $T = 5,5$ m, $V_s = 13$ knot, dengan displacement 7256 ton dan $C_b = 0,73$. Kapal LNG ini menggunakan 1 buah mesin penggerak kapal dengan daya 1500 HP. Pada Tinjauan stabilitas, hasil menunjukkan kapal stabil karena sudah memenuhi *Criteria IMO*. Pada Olah gerak Kapal LNG ini hasilnya sudah memenuhi *Criteria NORDFORSK*.

Kata kunci : Blok Masela, Cargo tank LNG, Perancangan kapal LNG, Analisa LNG hidrostatis, stabilitas , seakeeping.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di sektor gas alam, Indonesia masih tercatat sebagai salah satu negara penghasil gas alam yang diakui dunia. Pada tahun 2012 jumlah cadangan gas bumi yang ada telah mencapai 150.70 Trilyun ft³ dimana terdiri atas 103.35 Trillyun ft³ cadangan terbukti dan 47.35 Trillyun ft³ cadangan potensial. Dengan tingkat cadangan dan tingkat produksi tersebut, maka diperkirakan kita akan masih bisa menikmati gas alam dan hasil penjualannya selama kurun waktu 62 tahun ke depan. Gas alam merupakan salah satu kekayaan alam Indonesia

yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai produk, salah satunya diolah menjadi LNG (Liquefied Natural Gas) yang merupakan energi bersih, bebas polusi sehingga banyak diminati oleh negara-negara industri maju seperti Jepang, Korea, dan Taiwan[1].

Indonesia juga merupakan negara yang memiliki cadangan gas alam yang sangat besar dan tersebar di berbagai daerah . Sebagai salah satu contoh daerah di miliki Indonesia yaitu pada daerah Blok Masela yang berada di wilayah pemerintah kabupaten Maluku Barat Daya provinsi Maluku, yang terletak di lepas pantai Laut Arafura mempunyai kandungan minyak dan gas

abadi.

Berhubungan dengan adanya kandungan minyak dan gas didaerah tersebut, maka pemerintah Indonesia memutuskan untuk melakukan proyek pembangunan kilang minyak dan gas atau FLNG pada kawasan laut Arafura tersebut. Dalam konsepsi pembangunan infrastruktur, Indonesia menyadari sudah waktunya berubah mengingat kenyataan kita sebagai negara maritim berbasis kepulauan. Banyak negara kontinen sudah berkonsepsi maritim dalam perencanaan infrastruktur, termasuk infrastruktur distribusi energi. Sementara kita yang merupakan negara maritim, sudah harus berpindah konsep dari konsepsi kontinen menuju konsepsi maritim[1].

Oleh karena itu guna mengaplikasikan konsep maritim, Indonesia merencanakan pembangunan kilang terapung atau FLNG yang berada di blok Masela dikawasan laut Arafura. Maka untuk itu diperlukan suatu alat transportasi laut, salah satunya berupa kapal LNG, guna untuk mendukung mempercepat proses distribusi minyak pada saat kilang tersebut beroperasi.

1.1. Perumusan Masalah

Penelitian ini akan membahas mengenai beberapa permasalahan mengenai perancangan dan analisa karakteristik kapal diantaranya :

1. Berapa ukuran utama kapal, desain rencana garis, dan desain rencana umum yang bias digunakan secara optimal dan sesuai karakteristik di rute pelayaran Blok Masela - Tanjung Mas?
2. Bagaimana bentuk desain rencana umum kapal LNG 3150 DWT?
3. Bagaimana perhitungan hidrostatis, olahgerak, dan hambatan kapal LNG 3150 DWT?
4. Bagaimana perhitungan stabilitas LNG 3150 DWT pada 10 kondisi?

1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan ukuran utama dan rencana garis kapal LNG yang sesuai dengan karakteristik perairan Blok Masela - Tanjung Mas.
2. Mendapatkan design rencana umum kapal LNG.
3. Mengetahui hasil hidrostatis, hambatan, stabilitas, dan olah gerak kapal LNG pada 10 kondisi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jenis Cargo Tank Kapal pengangkut Gas cair

Kategori *Cargo Tank* dibedakan berdasarkan bentuk *Cargo Tank* tersebut. Terdapat 4 bentuk utama tangki pada *Gas Carrier* yaitu *spherical*, *cylindrical*, *bi-lobe*, dan *prismatic*. Berikut ini penjelasannya.

1. *Spherical Tank*

Keuntungannya yaitu tegangan dalam kulit tangki tersebar merata, sehingga cukup untuk melawan tekanan, tangki yang ringan dan murah. Kerugian penggunaan jenis tangki ini adalah *Cargo Hold* tidak dapat dioptimalkan dan kapasitas terbatas pada diameternya.

2. *Cylindrical Tank*

Keuntungannya adalah bentuk badan kapal lebih ideal, menghasilkan stabilitas kapal yang baik, tidak memerlukan *secondary barrier*, biaya dan konsumsi bahan bakar lebih rendah. Kekurangannya kapasitas muatan dibatasi oleh tebal maksimum kulit tangki.

3. *Bi-lobe Tank*

Bi-lobe Tank terdiri atas 2 lingkaran paralel yang sama. Keuntungannya adalah bentuk dari tangki mirip dengan bentuk *hull*. Di tengah tangki di antara 2 potongan lingkaran, terdapat sekat memanjang yang diletakkan di tengah tangki untuk mengurangi pengaruh permukaan bebas muatan cair. Kekurangannya adalah pembuatan rumit sehingga biaya pembangunan mahal.

4. *Prismatic Tank*

Dengan menggunakan tangki ini, ruang muat dapat dimanfaatkan secara optimal. Namun, ruang muat harus berada pada tekanan atmosfer, tidak boleh melebihi 0.25 kP/cm^2 , karena bentuk tangki tidak dapat melawan tekanan tinggi. Tangki ini membutuhkan *secondary barrier*

2.2. Kapal LNG

Kapal Jenis LNG merupakan kapal pengangkut gas alam cair. Berikut ini jenis kapal pengangkut Gas dan penjelasannya.

1. *Fully Pressurized (FP)*

Dapat mengangkut muatan yang memiliki tekanan $17,5 \text{ kg/cm}^2$. Keuntungannya yaitu dapat dibangun dengan baja *grade* biasa, tidak memerlukan insulasi dan *reliquefaction plant*. Sedangkan, kerugiannya penggunaan *space* di bawah geladak tidak dapat dioptimalkan, *pressure* yang tinggi mengakibatkan adanya pertimbangan ketebalan dinding tangki, akibatnya biaya dan berat displasemen meningkat.

2. *Semi-pressurized (SP/SR dan SP/FR)*

Konstruksinya berlandaskan dalam membawa propana pada tekanan 8,5 kg/cm² pada suhu 100C. Kapal ini dapat didesain untuk membawa muatan penuh dalam tangki *cylindrical* dan *spherical* dengan suhu minimum 480C dan tekanan sekitar 5 – 8 kg/cm². Keuntungan dari *semi-pressurized* diantaranya muatan yang diangkut lebih banyak pada tangki berukuran sama, mudah dan murah untuk dibangun.

3. *Ethylene and Gas/Chemical Carrier*
Memiliki kemampuan mengangkut sebagian besar muatan gas yang dicairkan dan *ethylene fully refrigerated*.
4. *Fully Refrigerated (FR)*
Keuntungannya jumlah muatan yang diangkut lebih besar. Tangki didesain bertekanan 0.28 kg/cm² pada suhu 500C membuatnya *applicable* untuk butana, butadiana, VCM, amonia, propana, dan propilena.
5. *Liquefied Natural Gas (LNG) Carrier*
LNG Carrier kapal pengangkut LNG pada *boil point* -1620 C. LNG Carrier juga mampu mengangkut muatan LPG, sistem pencairan diinstal untuk meng-handle penguapan muatan LPG yang mendidih. LNG dicairkan oleh *Liquefaction Plant* di Terminal LNG.

2.3. Karakteristik Hidrostatik

Kurva hidrostatik adalah kurva yang menggambarkan sifat-sifat karakteristik badan kapal yang tercelup didalam air, atau dengan kata lain untuk mengetahui sifat-sifat karene. Kurva hidrostatik digambar sampai sarat penuh dan tidak berlaku untuk kondisi kapal trim.

2.4. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal dapat diartikan sebagai kemampuan sebuah kapal untuk dapat kembali ke posisi semula (tegak) setelah menjadi miring akibat bekerjanya gaya dari luar maupun gaya dari dalam kapal tersebut atau setelah mengalami momen temporal.

Proses analisa stabilitas yang dilakukan berdasarkan standart IMO (*International Maritime Organization*) Code A.749 (18) Ch 3- *design criteria applicable to all ships, HSC2000 Ch 2 Part B – Passenger Craft*, dan *HSC2000 Multihull* yang mensyaratkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut : *All Ship*

- a. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.1 :
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0°– 30° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.deg.

- Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 0°– 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 5,157 m.deg.
 - Luasan pada daerah dibawah kurva GZ pada sudut oleng 30°– 40° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,719 m.deg.
- b. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.2 : nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut 30°– 180° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2m.
 - c. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.3 : sudut pada nilai GZ maksimal tidak boleh kurang atau sama dengan 25 °(deg).
 - d. Section A.749 (18), Chapter 3.1.2.4 : nilai GM awal pada sudut 0° (deg) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,15 m.

2.5. Olah Gerak Kapal

Dalam kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu *rolling, heaving, pitching*.

Gerakan kapal disebabkan adanya factor dari luar terutama oleh gelombang. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu:

1. Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi: *rolling, pitching, yawing*
2. Gerakan *linear*, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi: *surgin, swaying, heaving*

General Operability Limiting Criteria for Ships (NORDFORSK, 1987)			
Description	Merchant Ships	Navy Vessels	Fast Small Craft
RMS of vertical acceleration at FP	0.275 g ($L \leq 100$ m) 0.050 g ($L \geq 330$ m)	0.275 g	0.65 g
RMS of vertical acceleration at Bridge	0.15 g	0.20 g	0.275 g
RMS of lateral acceleration at Bridge	0.12 g	0.10 g	0.10 g
RMS of Roll	6.0 deg	4.0 deg	4.0 deg
Probability of Slamming	0.03 ($L \leq 100$ m) 0.01 ($L \geq 300$ m)	0.03	0.03
Probability of Deck Wetness	0.05	0.05	0.05

Gambar 1. *General Operability Limiting Criteria for Ship (NORDFORSK, 1987)*

3. METODE PENELITIAN

3.1. Studi Literatur

Pembelajaran dengan menggunakan berbagai referensi baik berupa buku, artikel, majalah, internet dan jurnal mengenai perancangan kapal LNG dan rencana umumnya.

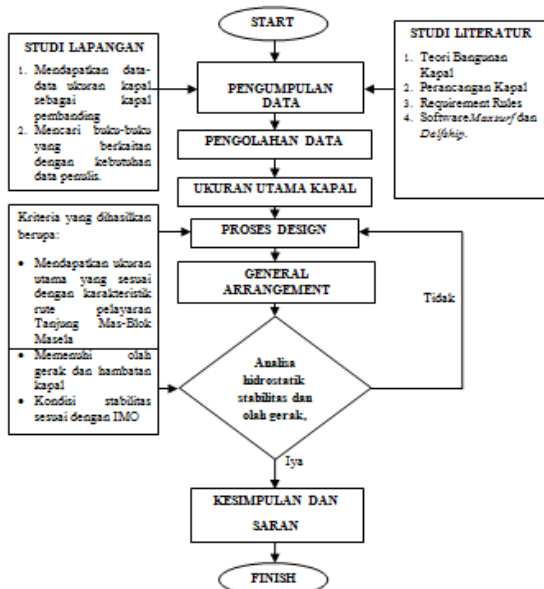
3.2. Analisa Software

Menggunakan *software* sebagai media untuk mendapatkan data-data yang valid dan dapat digunakan dalam penelitian. *Software* yang digunakan antara lain *autocad, maxsurf*.

3.3. Studi Lapangan

Melakukan penelitian lapangan terkait perancangan kapal LNG. *Interview* untuk mendapatkan data-data pendukung perancangan kapal dan desain.

3.4. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Jarak Pelayaran



Gambar 3. Jarak pelayaran kapal

Pelayaran yang di tempuh kapal dari Masela ke Tanjung Mas (semarang) atau sebaliknya adalah 1157,75 mil laut.

4.2. Ukuran Utama Kapal LNG

5. Pada perancangan kapal LNG untuk perairan Blok Masela – Tanjung Mas ini menggunakan kapal perbandingan dengan tipe kapal dan bentuk lambung yang sama. Adapun data teknis kapal perbandingan yang diperoleh dari internet disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Perbandingan

No	Nama	L	B	H	T	Dwt
1	Liquefied Gas carrier 5000 LNG	94,70	18,60	10,80	5,65	3000
2	NB 803 coralius	92,21	17,97	12,06	5,70	3100
3	WSD 5 k LNG Carrier	94,50	12,20	9,30	5,00	3350
4	Liquefied Gas carrier 6500 LNG	103,10	18,60	11,75	5,60	4086
5	WSD 7.5 k LNG carrier	110,60	18,60	10,15	5,50	4100

Pengoptimasian perbandingan ukuran utama kapal perbandingan digunakan sebagai acuan dalam menentukan ukuran utama kapal. Program optimasi ini menggunakan metode regresi

Berikut ini beberapa metode yang termasuk dalam metode perbandingan diantaranya:

1. Metode regresi linier (linear regression method),
2. Cube root format
3. The geosim procedure

Dari ketiga metode yang digunakan, ukuran utama kapal baru diambil dari metode regresi linier (linear regression method).

Dari metode regresi linier (linear regression method) diperoleh data – data berikut sebagai nilai ukuran utama :

Tabel 2. Ukuran Utama Kapal

No	Value	Value	Unit
1	Lpp	99,00	m
2	B	17,20	m
3	T	5,50	m
4	H	10,92	m
5	Vd	13,00	knot

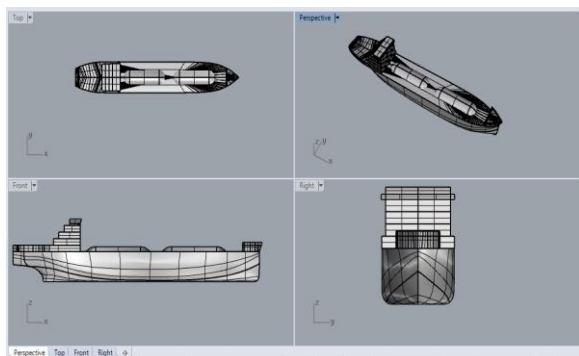
4.3. Rencana Garis

Rencana garis adalah gambar *design* kapal yang berisi informasi utama kapal seperti: panjang, lebar, tinggi. *Design* ini berupa garis irisan-irisan kapal ditinjau dari beberapa arah yaitu tampak depan, samping, dan atas kapal. Pembuatan rencana garis kapal menggunakan pemodelan dibantu *software* autocad.berikut rencana garis kapal penumpang dan barang.

Merk Mesin	Caterpillar
Tipe Mesin	3512-B
Daya Mesin	1500 bhp
RPM	1800 putaran/menit
Berat Mesin	6532 kg
Panjang	3039,4 mm
Lebar	1988 mm
Tinggi	2083,7 mm

Gambar 4. Rencana Garis Kapal LNG 3150 Dwt

Setelah didapatkan rencana garis, selanjutnya dibuatlah pemodelan 3D untuk analisa hidrostatis kapal. Pemodelan menggunakan *software* Rhinoceros dengan 4 sudut penglihatan yaitu *front*, *side*, *top*, dan *perspective*.



Gambar 5. Model 3D Rhinoceros

4.4. Analisa Hidrostatis

Data hidrostatis berfungsi untuk mengetahui sifat-sifat badan kapal di dalam air. Kondisi kapal tidak dalam kondisi trim. Data hidrostatis yang telah diperoleh digambarkan ke dalam kurva hidrostatis. Analisa menggunakan *software* Hydromax dengan pilihan analisa *upright hydrostatic*. Dari analisa hidrostatis diketahui nilai *displacement* kapal yaitu 7256 ton dengan *Cb* kapal 0,73.

4.5. Hambatan dan Mesin

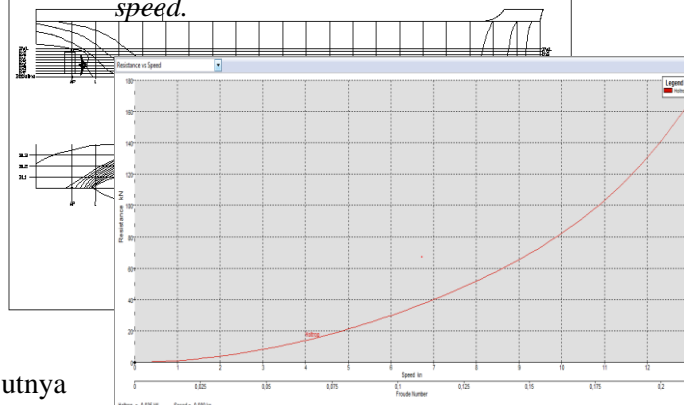
4.5.1. Perhitungan Hambatan Total (R_t) Dan Powering (Daya Mesin Kapal)

Hambatan pada kapal dianalisa menggunakan *software* hullspeed. Data yang dibutuhkan meliputi kecepatan kapal dan data hidrostatis kapal. Metode estimasi yang digunakan adalah metode holtrop dari paket perhitungan pada program Hull Speed.

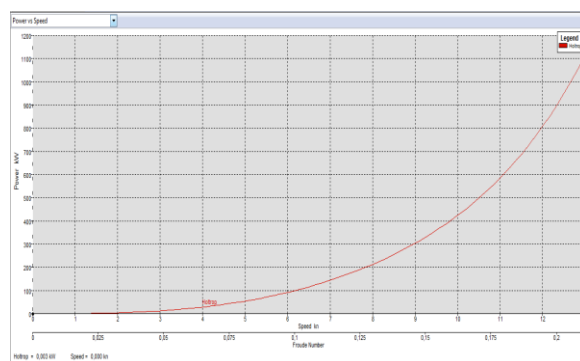
Besarnya hambatan tersebut dihitung sampai dengan kondisi kecepatan maksimum sebesar 13 knot.

Hasil analisa menunjukkan pada kecepatan maksimum 13,00 knot kapal memerlukan power

sebesar 1492,3 hp dan hambatan maksimum yang diterima kapal pada kecepatan 13,00 knot sebesar 166,4 kN. Data hasil analisa digambarkan ke dalam bentuk grafik *resistance vs speed* dan *power vs speed*.



Gambar 6. resistance vs speed



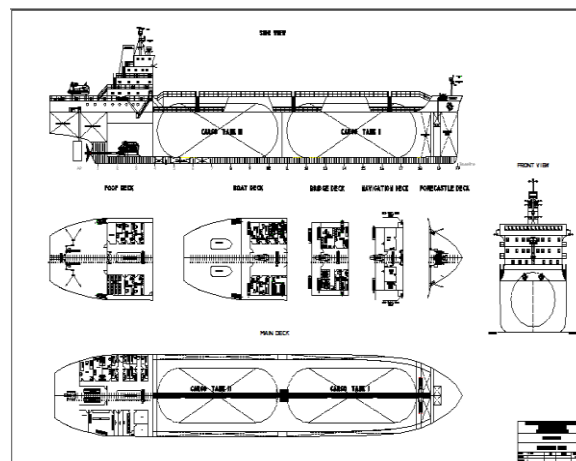
Gambar 7. power vs speed

Tabel 3. Mesin Kapal

4.6. Rencana Umum

Rencana umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. *Crew* kapal dan penumpang berjumlah 18 orang.

LWT	= 4100	ton
DWT	= 3150	ton
Payload	= 2973,47	ton



Gambar 8. Rencana Umum Kapal LNG 3150 DWT

4.7. Analisa Stabilitas

Stabilitas kapal dianalisa menggunakan *software Maxsurf Stability* dengan analisa *large angle stability*. Sebelum analisa stabilitas dihitung, komponen LWT dan komponen DWT harus diketahui. Analisa dengan variasi 10 kondisi.

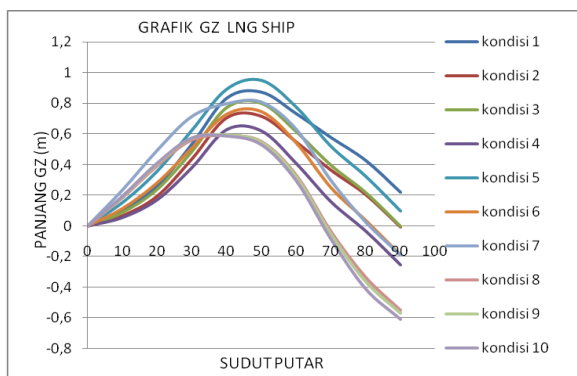
Tabel 4. Hasil Analisa Stabilitas Kondisi I-V

NO	Code	IMO Minimum	Actual				
			KI	KII	KIII	KIV	KV
1	Area 0° to 30°	3,15 m.deg	6,0729	4,6327	5,5629	3,9798	8,0831
2	Area 0° to 40°	5,16 m.deg	13,0222	10,458	11,968	9,1256	15,7646
3	Area 30° to 40°	1,72 m.deg	6,9492	5,8248	6,4049	5,1458	7,6815
4	Max GFZ 30%/Grtr	0,20 m	0,89	0,743	0,825	0,66	0,96
5	Angle max GZ	25,0 deg	46,4	45,5	45,5	44,5	47,3
6	GFM0	0,15 m	0,518	0,333	0,46	0,257	0,81

Tabel 5. Hasil Analisa Stabilitas Kondisi V-X

NO	Code	IMO Minimum	Actual				
			KVI	KVII	KVIII	KIX	KX
1	Area 0° to 30°	3,15 m.deg	6,3812	10,946	8,6294	8,9107	9,0689
2	Area 0° to 40°	5,16 m.deg	12,6615	18,615	14,454	14,828	14,9824
3	Area 30° to 40°	1,72 m.deg	6,2803	7,6692	5,8247	5,9173	5,9135
4	Max GFZ 30%/Grtr	0,20 m	0,768	0,821	0,589	0,597	0,596
5	Angle max GZ	25,0 deg	45,5	46,4	37,3	36,4	35,5
6	GFM0	0,15 m	0,594	1,302	1,008	1,054	1,085

Analisa kriteria pada tabel 4 dan 5 menunjukkan bahwa hasil analisa stabilitas kapal tersebut sudah memenuhi standar persyaratan yang ditetapkan IMO.



Gambar 9. Grafik GZ Pada kondisi I-X

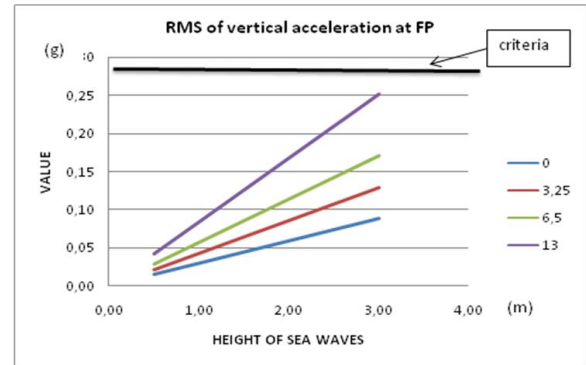
4.8. Analisa Olah Gerak Kapal

Olah gerak kapal dianalisa menggunakan *software seakeeper*. Data yang dibutuhkan meliputi kondisi perairan yang akan ditempuh kapal. Menurut data BMKG ketinggian gelombang rata-rata perairan Blok masela – Tanjung Mas mencapai 3 m dengan kecepatan angin 25 knot.

Berikut hasil analisa olah gerak berdasarkan *Rules General Operability Limiting Criteria for Ship (NORDFORSK, 1978)*

Tabel 6. Hasil Perhitungan *RMS of ver. acceleration at FP 180°*

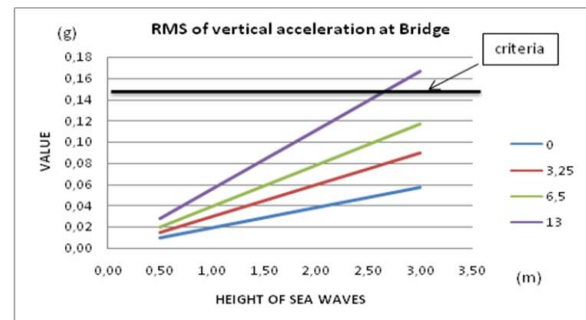
Speed	Variasi Ketinggian Gelombang					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09
3,25	0,02	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13
6,5	0,03	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17
13	0,04	0,08	0,13	0,17	0,21	0,25



Gambar 10. Grafik *RMS of vertical acceleration at FP 180°*

Tabel 7. Hasil Perhitungan *RMS of ver. acceleration at Bridge 180°*

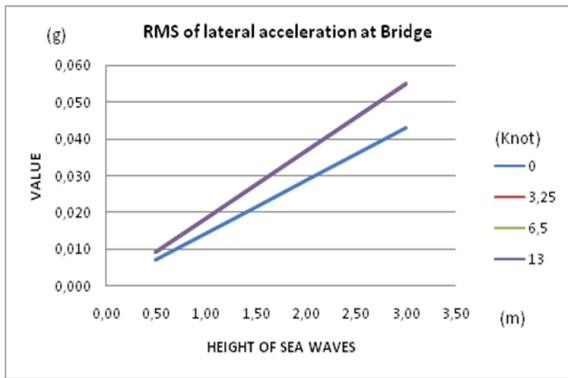
Speed	Variasi Ketinggian Gelombang					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
3,25	0,01	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09
6,5	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12
13	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17



Gambar 11. Grafik *RMS of vertical acceleration at BRIDGE 180°*

Tabel 8. Hasil Perhitungan *RMS of lat. acceleration at Bridge 90°*

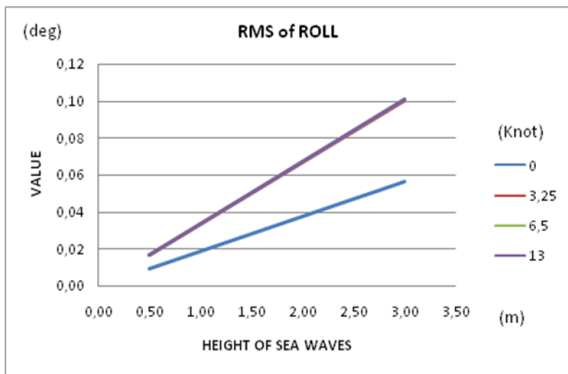
Speed	Variasi Ketinggian Gelombang					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0	0,007	0,014	0,021	0,029	0,036	0,043
3,25	0,009	0,018	0,027	0,037	0,046	0,055
6,5	0,009	0,018	0,027	0,037	0,046	0,055
13	0,009	0,018	0,027	0,037	0,046	0,055



Gambar 12. Grafik RMS of lateral acceleration at BRIDGE 90°

Tabel 9. Hasil Perhitungan RMS of Roll 90°

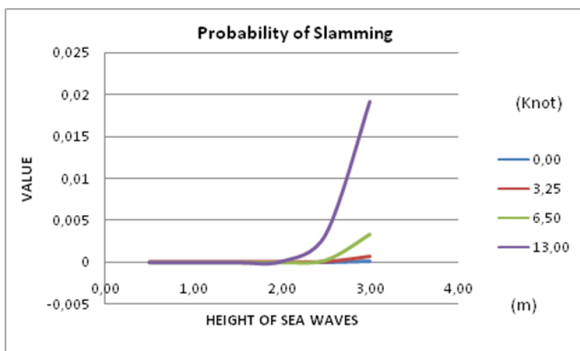
Speed	Variasi Ketinggian Gelombang					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
3,25	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,1
6,5	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,1
13	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08	0,1



Gambar 13. Grafik RMS of Roll 90°

Tabel 10. Hasil Perhitungan Probability of Slamming 180°

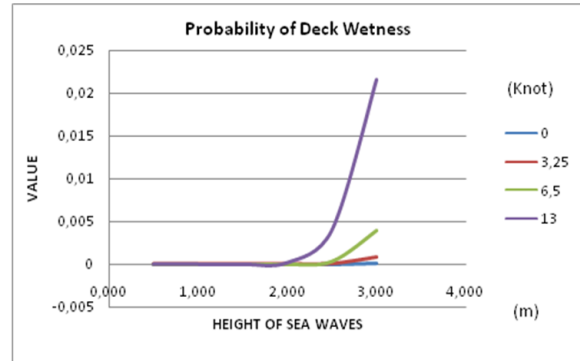
Speed	Variasi Ketinggian Gelombang					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0	1,74E-153	1,07E-38	1,30E-17	3,22E-10	8,38E-07	6,04E-05
3,25	5,75E-116	2,07E-29	1,76E-13	6,62E-08	2,55E-05	0,00065
6,5	1,04E-90	4,54E-23	1,15E-10	2,57E-06	0,00026	0,00327
13	1,07E-62	3,50E-16	1,37E-07	0,000138	0,00337	0,01919



Gambar 14. Grafik Probability of Slamming 180°

Tabel 11. Hasil Perhitungan Probability of Deck Wetness 180°

Speed	Variasi Ketinggian Gelombang					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0	4,48E-149	1,34E-37	4,00E-17	6,05E-10	1,26E-06	8,00E-05
3,25	1,22E-112	1,39E-28	4,11E-13	1,07E-07	3,46E-05	0,0008
6,5	4,13E-88	2,01E-22	2,24E-10	3,72E-06	0,00033	0,00386
13	6,62E-61	9,79E-16	2,16E-07	0,000178	0,00397	0,02151



Gambar 15. Probability of Deck Wetness 180°

Dari semua hasil yang di dapatkan maka dapat disimpulkan,

1. Nilai RMS of vertical acceleration at FP sudah memenuhi kriteria pada kecepatan maksimal 13 Knot mampu melewati ketinggian gelombang laut 3 meter.
2. Nilai RMS of vertical acceleration at Bridge tidak memenuhi kriteria pada kecepatan maksimal 13 Knot dengan ketinggian gelombang laut 3 meter, kriteria memenuhi pada kecepatan maksimal 6,5 Knot pada ketinggian gelombang laut 3 meter .
3. Nilai RMS of lateral acceleration at Bridge, sudah memenuhi kriteria pada kecepatan maksimal 13 Knot pada ketinggian gelombang laut 3 meter .
4. RMS of Roll, sudah memenuhi kriteria pada kecepatan maksimal 13 Knot pada ketinggian gelombang laut 3 meter. 6° (deg) = 0,105 radian.
5. Probability of Slamming, sudah memenuhi kriteria pada kecepatan maksimal 13 Knot mampu melewati ketinggian gelombang laut 3 meter.
6. Dan Probability of Deck Wetness sudah memenuhi kriteria pada kecepatan maksimal 13 Knot mampu melewati ketinggian gelombang laut 3 meter.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan penulis yaitu Studi perancangan kapal LNG untuk pelayaran Blok masela – Tanjung Mas, maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut :

1. Ukuran utama L = 99,00 m, B = 17,20 m, H = 10,92 m, T = 5,50 m, Vd = 13 knot, Cb = 0,73. Displacement 7256 ton.
2. Hasil hidrostatik menunjukkan bahwa kapal mempunyai LCB = 49,676 , WPA = 1440,016, TPC = 132,018 . Hambatan kapal 166,4 kN dengan daya mesin max 1492,3 hp. Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal mempunyai stabilitas yang baik karena mampu memenuhi semua standar criteria IMO.
3. Criteria NORDFORSK, 1987 pada olah gerak kapal ini rata-rata sudah memenuhi, kecuali pada RMS of vertical acceleration at Bridge 1800 tidak memenuhi kriteria pada kecepatan maksimal 13 Knot dengan ketinggian gelombang laut 3 meter, kriteria memenuhi pada kecepatan maksimal 6,5 Knot pada ketinggian gelombang laut 3 meter

5.2. Saran

1. Adanya penelitian tentang perhitungan pressure cargo tank type cylinder
2. Adanya penelitian lebih lanjut untuk menganalisa secara teknis mengenai kekuatan dan getaran kapal.
3. Diperlukan perhitungan pembebanan pada Cargo Tank, baik Cargo Tank maupun muatan yang diangkut didalam Cargo Tank tersebut, misalnya akibat sloshing.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonym. (2015). "Blok Masela: Ini Kajian Teknis FLNG dari Konsorsium Maritim." Diakses tanggal 03 desember 2015 : <http://www.jurnalmaritim.com/2015/12/blok-masela-ini-kajian-teknis-flng-dari-konsorsium-maritim>.
- [2] Caprace, J. D, Bair, F, Rigo, P, 2010." Scantling multi-objective optimisation of a LNG carrier". Marine Structures 23 (2010) 288–302.
- [3] DAMEN."Liquefied Gas carrier Product sheet". <http://www.products.damen.com/en/ranges/liquefied-gas-carrier> (diakses tanggal 3 maret 2017).
- [4] DNV-GL.2017.*Rules for classification : Liquefied gas tankers*.DNV-GL : Part 5 ship types chapter 7

- [5] International Maritime Organization. 2009. *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases In Bulk*, IMO: London.
- [6] Munko,Bjorn.2011.*Small sacale LNG carries*.Seoul :TGE Marine Gas Engineering
- [7] NORDFORSK, 1987. Seakeeping Criteria. Nordic co-operative project.
- [8] WARTSILA."Product LNG carriers data sheet". <http://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/ship-design/merchant/gas-carriers> (diakses tanggal 3 maret 2017).
- [9] Yao,Yao.2015.*The Structure design of type –C independent tank on LNG ship*. Incheon: Advances in Structural Engineering and mechanics (ASEM15).