

# STUDI PERANCANGAN *SEMI-SUBMERSIBLE HEAVY LIFT VESSEL* DENGAN *CARRYING CAPACITY 12.000 TON*

Aloisius Truntum Dewangkoro<sup>1</sup>, Ahmad Fauzan Zakki<sup>1</sup>, Kiryanto<sup>1</sup>  
Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia  
Email: [aloisiustruntum@gmail.com](mailto:aloisiustruntum@gmail.com)

## Abstrak

Seiring dengan perkembangan dunia maritim di Indonesia, khususnya di bidang offshore, Indonesia memerlukan kapal angkut multifungsi tipe *Semi-Submerged Heavy Lift Vessel* guna mengantar struktur bangunan *offshore* atau *offshore platform* dari tempat pembuatan menuju *operation site*. Kapal multifungsi menawarkan *dry transport* untuk berbagai macam jenis *cargo* mulai dari struktur *offshore* seperti *tension leg platform*, *topside offshore platform* hingga *unfloating cargo*. Pada negara-negara maju, kapal ini digunakan untuk mengangkut muatan *oversize*. Penggunaan kapal jenis ini dapat mengurangi waktu transit, meningkatkan manajemen waktu transport, dan yang paling penting adalah keamanan yang maksimal dari *cargo* yang diangkut. Mengingat betapa berharganya muatan tersebut. Dengan menggunakan metode perancangan perbandingan optimasi dari kapal pembanding, didapatkan ukuran utama sebagai berikut  $L_{pp} = 168,39$  m,  $L_{wl} = 174,40$  m,  $B = 35,35$  m,  $H = 12,78$  m,  $T = 9,51$  m,  $Displacement = 42703$  ton,  $LWT = 10610,11$  ton,  $V = 14$  knot. Dan untuk perhitungan hidrostatis, kapal memiliki *coeffisien block* ( $C_b$ ) = 0,736, *coeffisien midship* ( $C_m$ ) = 0,828, *coeffisien prismatic* ( $C_p$ ) = 0,888 dan letak  $LCB = 80,794$  m atau  $-3,401$  m (dari *midship*). Hambatan yang dialami kapal sebesar 803,56 kN dan memerlukan *power* sebesar 7716,53 kW.

**Kata kunci:** *Heavy lift ship*, *semi-submersible*, daya dan hambatan, stabilitas, olah gerak kapal, multifungsi

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia dikaruniai sumber daya alam melimpah. Sumber daya minyak dan gas diperkirakan mencapai 87, 22 miliar barel, dan 594,43 TSCF (*Trillion Of Cubic Feet*). Untuk mengeksplorasi sumur-sumur minyak dan gas yang baru di lepas pantai, diperlukan suatu struktur ataupun bangunan yang dapat mendukung proses eksplorasi tersebut. Tidak jarang jarak antara tempat fabrikasi anjungan lepas pantai dan lokasi akhir (tempat beroperasinya) sangatlah jauh, dapat berupa lintas negara maupun lintas benua. Contohnya anjungan *TLP West Seno*. Struktur utamanya dibangun oleh perusahaan *Hyundai Heavy Industry*, bertempat di Korea Selatan. Sedangkan lokasi beroperasinya terdapat di Selat Makasar, Indonesia.

*Heavy lift vessel* merupakan kapal multifungsi yang dapat membawa muatan yang besar dan berat (*outsized cargo*). Merujuk pada penjabaran di atas, Indonesia memerlukan kapal angkut multifungsi tipe *Semi-Submerged Heavy Lift Vessel* yang menawarkan *dry transport* untuk berbagai macam jenis *cargo* mulai dari *floating cargo* hingga *unfloating cargo*, yang dapat mengurangi waktu transit, meningkatkan manajemen waktu transport, dan yang paling utama adalah keamanan yang maksimal dari muatan yang diangkut. Mengingat betapa berharganya muatan tersebut.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan ukuran utama kapal yang sesuai dengan kebutuhan.
2. Perancangan desain baru *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel* yang sesuai dengan kebutuhan.
3. Mengetahui karakteristik kapal dengan perhitungan hidrostatis, stabilitas kapal dan analisa olah gerak kapal.
4. Pembuatan rencana umum (*General Arrangement*) kapal berdasarkan ukuran utama dan fungsi dari kapal tersebut.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel*

*Semi-Submersible Heavy Lift Vessel* memiliki karakteristik *open submersible deck* yang luas. Sesuai namanya, kapal ini didesain agar memungkinkan benda muat (*cargo*) untuk float-on dan float-off.

*Semi-Submersible Heavy Lift Vessel* adalah tipe kapal multifungsi khusus yang dapat mengangkut muatan yang besar. Kapal tipe ini tergolong kapal angkut multifungsi, disebut multifungsi karena dengan karakteristik *open submersible deck* yang luas, kapal ini dapat mengangkut jenis *cargo* yang berukuran besar seperti struktur *offshore rig*, *yacht*, maupun beberapa kapal berukuran kecil sekaligus. *Main deck* dari *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel* ini dapat menyelam ke dalam air untuk memungkinkan *cargo* untuk float-on dan float-off (mengambang masuk dan mengambang keluar). Hal ini tentu saja mengurangi resiko kecelakaan saat on-loading maupun off-loading dibanding penggunaan *crane*. *Deck* dari kapal tipe ini dapat diturunkan hingga dibawah permukaan air dengan cara mengisi tangki *ballast*, untuk menaikannya kembali dengan membuang *ballast* (*de-ballasting*). *Bouyancy* pada haluan dan buritan, menjaga kapal agar tetap dalam keadaan *even keel* baik saat menyelam maupun saat muncul ke permukaan. Keadaan ini memungkinkan kontak yang seragam antara *cargo* dengan dek saat dek tersebut

muncul ke permukaan. *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel* dapat dibedakan menjadi dua kategori utama.

#### 2.1.1 *Open Deck Ship*

*Open Deck Ship* memuat *cargo* pada bagian *aft* (bagian belakang kapal) dan *superstructure* berada di bagian *forecastle*. Penempatan *superstructure* yang berada di bagian depan kapal (*fore*) memudahkan navigasi saat kapal pengangkut ini membawa muatan yang besar.



Gambar 1. *Open Deck Ship*

#### 2.1.2 *Tanker Shaped Ship*

Untuk kategori ini, biasanya merupakan kapal rekonstruksi dari kapal *tanker* (modifikasi dari kapal *tanker*). Dimana posisi loading *cargo* berada di tengah (seperti kapal *cargo* pada umumnya). Kerugian dari kapal *semi submersible* dengan tipe ini adalah *superstructure* yang berada di belakang kapal (*aft*). Hal ini berakibat berkurangnya pandangan untuk navigasi jika kapal tipe ini memuat *cargo* yang berukuran besar dan tinggi.



Gambar 2. *Tanker Shaped Ship*

### 3. HASIL PENELITIAN

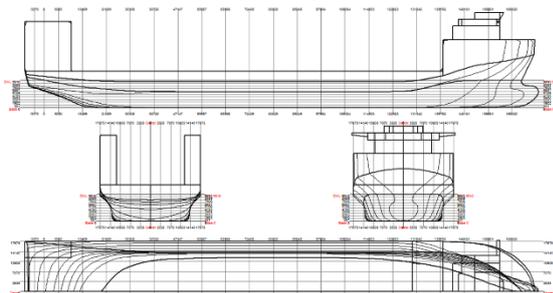
#### 3.1 Penentuan Ukuran Utama

Untuk menentukan ukuran utama kapal dalam pra perancangan ini digunakan metode kapal pembanding (*comparison method*) dengan pendekatan menggunakan metode regresi linier, dengan mengoptimasikan perbandingan ukuran utama kapal pembanding, kemudian mengambil satu komponen variabel utama dari ukuran utama kapal. Berikut hasil yang di dapat:

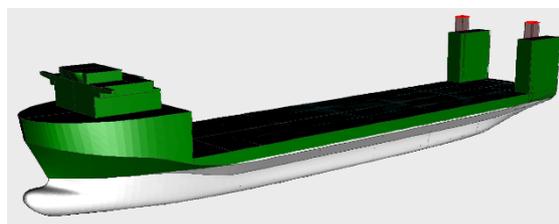
$$\begin{aligned} L &= 168,39 \text{ m} & H &= 12,78 \text{ m} \\ B &= 35,35 \text{ m} & T &= 9,51 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3.2 Rencana Garis (*Lines Plan*)

Berikut adalah penggambaran lines plan dari *semi submersible heavy lift* yang dirancang.



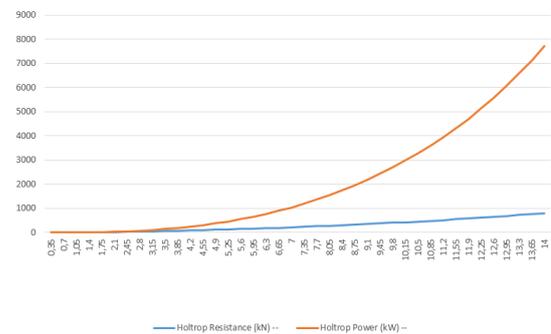
Gambar 3 Rencana Garis



Gambar 4 Hull Perspective View

#### 3.2 Hambatan dan Power Kapal

Dari hasil analisa perhitungan hambatan kapal menggunakan metode *Holtrop*, diketahui bahwa hambatan kapal ini dengan rencana kecepatan 14 knots adalah sebesar 803,56 kN dan membutuhkan *power* sebesar 7716,53 Kw.



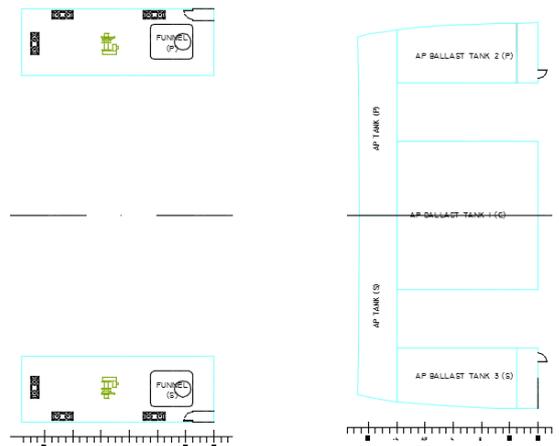
Gambar 5 Kurva Ship Resistance(kN)-Power(Kw)

#### 3.4 Rencana Umum

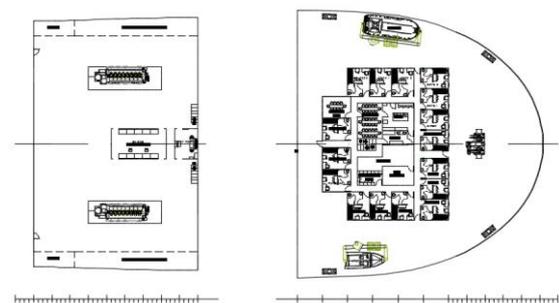
Berikut adalah desain *layout Semi Submersible Heavy Lift Vessel*.



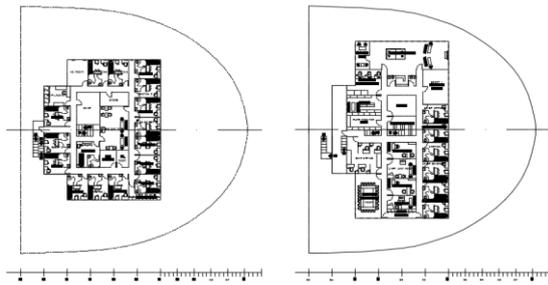
Gambar 6 General Arrangement: Side View



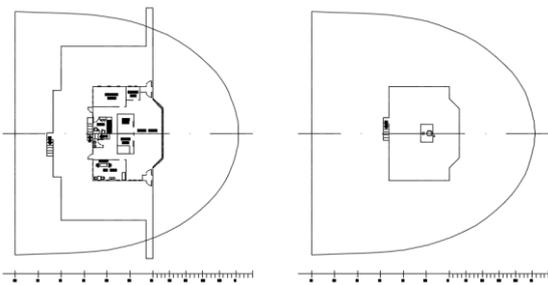
Gambar 7 Buoyancy Casings dan Tangki Ballast



Gambar 8 Engine Room dan Lower Deck



Gambar 9 Boat Deck dan Bridge Deck



Gambar 10 Navigation Deck dan Top Deck

### 3.5 Perencanaan Tangki

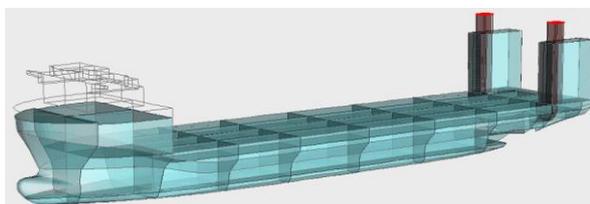
Berikut adalah data dan gambar perencanaan tangki (*Tank Arrangement*).

No	Tank Name	Volume (m <sup>3</sup> )	Weight (ton)
1	Fuel Oil Tank (p)	165,61	157,33
2	Fuel Oil Tank (s)	165,61	157,33
3	Lubrication Oil Tank (p)	0,955	0,859
4	Lubrication Oil Tank (s)	0,955	0,859
5	Fresh Water Tank (p)	12,743	12,743
6	Fresh Water Tank (s)	12,743	12,743
7	Bottom Ballast 1 (p)	402,51	412,57
8	Bottom Ballast 2 (p)	402,51	412,57
9	Bottom Ballast 3 (p)	402,51	412,57
10	Bottom Ballast 4 (p)	345,1	353,63
11	Bottom Ballast 5 (p)	344,9	353,53
12	Bottom Ballast 6 (p)	305,12	312,75
13	Bottom Ballast 7 (p)	184,07	188,67
14	Bottom Ballast 8 (p)	201,75	206,8
15	Bottom Ballast 9 (p)	200,96	205,98
16	Bottom Ballast 10 (p)	162,01	166,06
17	Bottom Ballast 11 (p)	117,14	120,07
18	Bottom Ballast 12 (s)	402,51	412,57

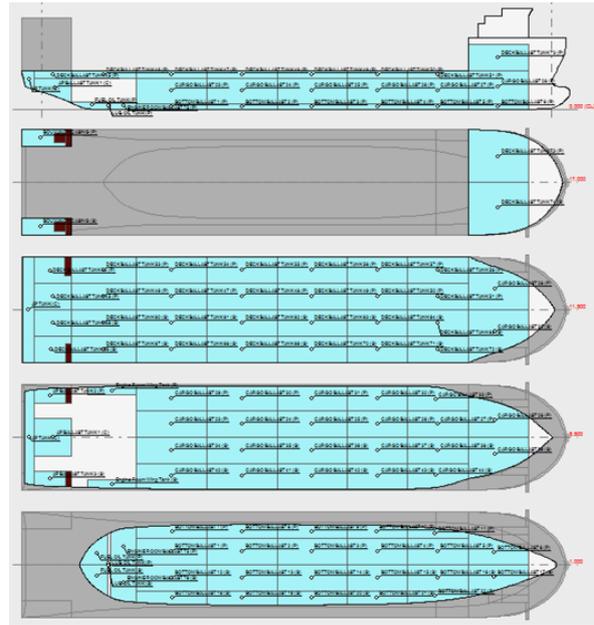
19	Bottom Ballast 13 (s)	402,51	412,57
20	Bottom Ballast 14 (s)	402,51	412,57
21	Bottom Ballast 15 (s)	345,01	353,63
22	Bottom Ballast 16 (s)	344,9	353,53
23	Bottom Ballast 17 (s)	305,12	312,75
24	Bottom Ballast 18 (s)	184,07	188,67
25	Bottom Ballast 19 (s)	201,75	206,8
26	Bottom Ballast 20 (s)	200,96	205,98
27	Bottom Ballast 21 (s)	162,01	166,06
28	Bottom Ballast 22 (s)	117,14	120,07
29	Cargo Ballast 23 (p)	1666,4	1708
30	Cargo Ballast 24 (p)	1666,4	1708
31	Cargo Ballast 25 (p)	1666,4	1708
32	Cargo Ballast 26 (p)	1428,3	1464
33	Cargo Ballast 27 (p)	1428,3	1464
34	Cargo Ballast 28 (p)	2349,3	2408
35	Cargo Ballast 29 (p)	1212	1242,3
36	Cargo Ballast 30 (p)	1211,8	1242,1
37	Cargo Ballast 31 (p)	1211,7	1242
38	Cargo Ballast 32 (p)	1036,2	1062,1
39	Cargo Ballast 33 (p)	922,56	945,63
40	Cargo Ballast 34 (s)	1666,4	1708
41	Cargo Ballast 35 (s)	1666,4	1708
42	Cargo Ballast 36 (s)	1666,4	1708
43	Cargo Ballast 37 (s)	1428,3	1464
44	Cargo Ballast 38 (s)	1428,3	1464
45	Cargo Ballast 39 (s)	2349,3	2408
46	Cargo Ballast 40 (s)	1212	1242,3
47	Cargo Ballast 41 (s)	1211,8	1242,1
48	Cargo Ballast 42 (s)	1211,7	1242
49	Cargo Ballast 43 (s)	1036,2	1062,1
50	Cargo Ballast 44 (s)	922,56	945,63
51	Deck Ballast 45 (p)	259,73	266,22
52	Deck Ballast 46 (p)	467,54	479,23
53	Deck Ballast 47 (p)	503,03	515,61
54	Deck Ballast 48 (p)	503,03	515,61
55	Deck Ballast 49 (p)	503,03	515,61
56	Deck Ballast 50 (p)	431,17	441,95
57	Deck Ballast 51 (p)	431,16	441,94
58	Deck Ballast 52 (p)	228,1	233,8
59	Deck Ballast 53 (p)	467,62	479,31
60	Deck Ballast 54 (p)	503,12	515,7

61	Deck Ballast 55 (p)	503,12	515,7
62	Deck Ballast 56 (p)	503,12	515,7
63	Deck Ballast 57 (p)	431,24	442,02
64	Deck Ballast 58 (p)	429,89	440,64
65	Deck Ballast 59 (s)	259,73	266,22
66	Deck Ballast 60 (s)	467,54	479,23
67	Deck Ballast 61 (s)	503,03	515,61
68	Deck Ballast 62 (s)	503,03	515,61
69	Deck Ballast 63 (s)	503,03	515,61
70	Deck Ballast 64 (s)	431,17	441,95
71	Deck Ballast 65 (s)	431,16	441,94
72	Deck Ballast 66 (s)	231,2	236,98
73	Deck Ballast 67 (s)	467,62	479,31
74	Deck Ballast 68 (s)	503,12	515,7
75	Deck Ballast 69 (s)	503,12	515,7
76	Deck Ballast 70 (s)	503,12	515,7
77	Deck Ballast 71 (s)	431,24	442,02
78	Deck Ballast 72 (s)	429,89	440,64
79	Deck Ballast 73 (p)	2868,4	2940,1
80	Deck Ballast 74 (s)	2868,4	2940,1
81	Engine Room Ballast 75 (p)	244,16	250,26
82	Engine Room Ballast 76 (s)	244,16	250,26
83	AP Ballast 1	817,07	837,49
84	AP Ballast 2	196,15	201,06
85	AP Ballast 3	196,13	201,03
86	AP Tank (c)	654,74	671,11
87	Engine Room Wing Tank (p)	151,63	155,42
88	Engine Room Wing Tank (s)	151,63	155,42

Tabel 1 Data Perencanaan Tangki



Gambar 11 Perspective View (Tank View)

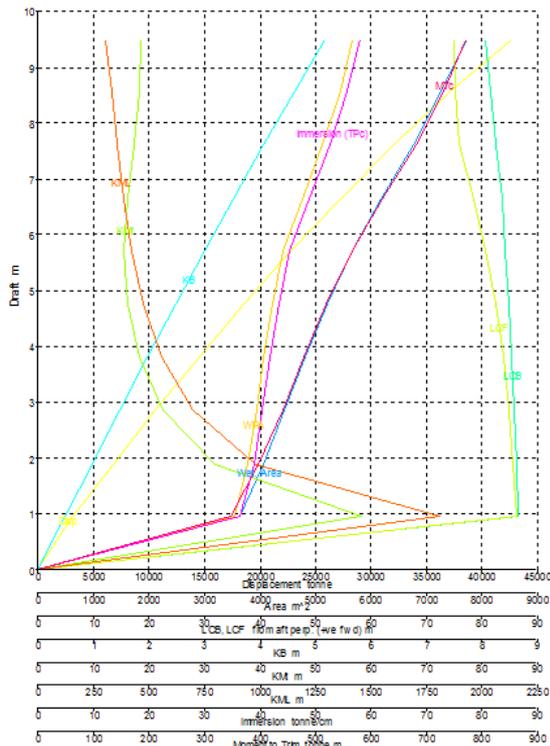


Gambar 12 Plan View (Tank View)

#### 4. HASIL ANALISA

##### 4.1 Hasil Analisa Hidrostatik Kapal

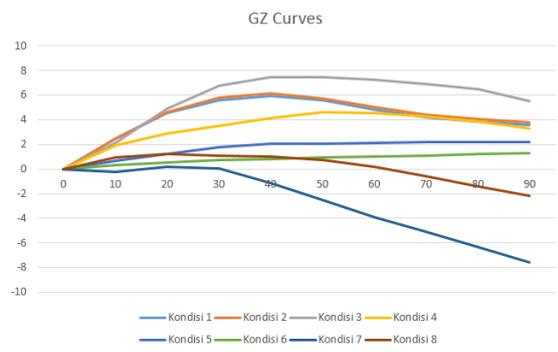
Hasil dari perhitungan hidrostatik pada *Semi Submersible Heavy Lift Vessel* dengan *software* perkapalan memiliki *displacement* = 42693 ton,  $C_b = 0,736$ ,  $C_m = 0,829$ ,  $C_P = 0,888$ ,  $LCB = 80,742$  m (dari AP),  $WL\ length = 174,402$  m,  $WL\ beam = 35,35$  m,  $Wetted\ Area = 7727,217$  m<sup>2</sup>.



Gambar 13 hasil Kurva Hidostatik

#### 4.2 Stabilitas Kapal

Kapal yang berlayar akan mengalami gaya akibat pengaruh gelombang. Gaya ini akan menyebabkan kapal oleng (*heel*) pada sudut tertentu. Salah satu keadaan ini dipengaruhi oleh nilai GZ pada sudut tertentu.



Gambar 14 Kurva GZ tiap kondisi

#### 4.3 Analisa dan Perhitungan Stabilitas Dengan Standard Kriteria IMO

Salah satu otoritas di bidang maritim yang telah diakui adalah *International Maritime Organisation* (IMO). Standar stabilitas yang ditetapkan IMO adalah mengenai lengan stabilitas (GZ). Berikut ini adalah kriteria IMO yang digunakan:

1. *Section A.749 (18), Chapter 4.5.6.2.1*

Luasan pada daerah di bawah kurva GZ pada sudut oleng  $0^{\circ}$ – $30^{\circ}$  (*deg*) tidak boleh kurang atau sama dengan 3,151 m.*deg*.

2. *Section A.749 (18), Chapter 4.5.6.2.2*  
Luasan pada daerah di bawah kurva GZ pada sudut oleng  $30^{\circ}$ – $40^{\circ}$  (*deg*) tidak boleh kurang atau sama dengan 1,718 m.*deg*.
3. *Section A.749 (18), Chapter 4.5.6.2.3*  
Nilai GZ maksimum yang terjadi pada sudut  $30^{\circ}$ – $180^{\circ}$  (*deg*) tidak boleh kurang atau sama dengan 0,2 m.
4. *Section A.749 (18), Chapter 4.5.6.2.4*  
Nilai Sudut pada maximum GZ tidak boleh kurang dari  $15^{\circ}$  (*deg*).
5. *Section A.749 (18), Chapter 4.5.6.2.5*  
Nilai GMt tidak boleh kurang dari 0,150 m.

#### 4.4 Olah Gerak Kapal

Dalam analisa olah gerak kapal ini menggunakan *software* perkapalan dengan gelombang JONSWAP tipe *slight water* (data tinggi gelombang maksimum di Laut Arafuru sebesar 3,5 m). Berdasarkan dari hasil yang didapatkan pada semua *wave heading* (0,45, 90,180 *deg*), nilai amplitudo yang didapat dari *software* perkapalan tidak ada yang menyebabkan kapal tersebut mengalami *deck wetness*.

Item	Wave Heading (deg)	Result		
		Amplitudo	Velocity	Acceleration
Heaving	0	1,835 m	0,598 m/s	0,200 m/s <sup>2</sup>
	45	1,835 m	0,779 m/s	0,336 m/s <sup>2</sup>
	90	1,817 m	1,148 m/s	0,763 m/s <sup>2</sup>
	180	1,374 m	1,701 m/s	0,861 m/s <sup>2</sup>
Rolling	0	20,44 deg	0,01511 Hz	0,02488 Hz/s
	45	20,44 deg	0,02340 Hz	0,01075 Hz/s
	90	18,50 deg	0,05317 Hz	0,05982 Hz/s
	180	13,89 deg	0,04019 Hz	0,04625 Hz/s
Pitching	0	1,34 deg	0,00124 Hz	0,00043 Hz/s
	45	1,34 deg	0,00157 Hz	0,00067 Hz/s
	90	1,34 deg	0,00224 Hz	0,00140 Hz/s
	180	0,67 deg	0,00144 Hz	0,00122 Hz/s

Tabel 2 Heaving, Rolling, Pitching result

### 5. PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian *Semi Submersible Heavy Lift Vessel* dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut

1. Menggunakan metode perancangan perbandingan optimasi dengan metode regresi linier dari kapal pembanding, didapatkan ukuran utama kapal yaitu  $L_{pp} = 168,39$  m,  $L_{wl} = 174,40$  m,  $B = 35,35$  m,  $H = 12,78$  m,  $T = 9,51$  m, ,  $LWT = 10610,11$  ton ,  $V = 14$  knot
2. Dalam perancangan *Lines Plan Semi Submersible Heavy Lift Vessel* menggunakan model yang serupa dengan kapal pembanding berbagai macam kapal *Semi Submersible Heavy Lift Vessel*. Dan untuk hasil perhitungan hidrostatik, kapal memiliki *coeffisien block (Cb)* = 0,736, *coeffisien midship (Cm)* = 0,828, *coeffisien prismatic (Cp)* = 0,888 dan letak  $LCB = 80,794$  m atau  $-3,401$  m (dari *midship*). *Displacement* = 42703 ton
3. Hasil perhitungan hambatan dengan analisa *software* perkapalan dengan kecepatan  $V = 14$  knot didapatkan nilai *resistance* dan *power* dengan metode *Holtrop*. Besarnya hambatan yang dialami kapal pada kecepatan maksimum sebesar 803,56 kN dan membutuhkan daya mesin sebesar 7716,53 kW. Setelah perhitungan Hambatan kapal didapat, maka dipilihlah *marine diesel engine MAK M 32 C (8 cylinder Diesel Engine)* sebanyak dua buah dengan *power* masing-masing sebesar 4000 kW (5440 hp).
4. Hasil analisa stabilitas menunjukkan bahwa kapal memiliki nilai  $GZ$  maksimum = 7,493 m pada sudut oleng kapal 44,5°.
5. Kapal saat mengalami MG terpanjang terjadi pada kondisi 1 sepanjang 14,21 m dan mengalami waktu untuk kembali posisi tegak dengan waktu 10,97 detik. Waktu tercepat untuk kembali ke posisi semula terjadi pada kondisi 4 dengan waktu 7,79 detik.

## 5.2 Saran

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam tugas akhir ini.. Untuk itu, penulis mengajukan beberapa saran:

1. Adanya penelitian yang menggunakan model secara fisik dan diuji dengan fasilitas kolam uji,
2. Adanya penelitian lebih lanjut untuk menganalisa secara teknis mengenai kekuatan dan getaran kapal, dan
3. Adanya perhitungan rencana anggaran pembuatan kapal dan nilai ekonomis kapal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika. 2015. *Berita Prakiraan Cuaca Maritim Untuk Pelayaran Di Sebagian Perairan Indonesia Bagian Barat*. BMKG. Indonesia.
- [2] Brodie, Peter. 2013. *Dictionary Of Shipping Terms*. Informa Law From Routledge; 6 Edition.
- [3] Hoorn, Frank Van. 1991. *Design Criteria For Self-Propelled-Heavy Lift Transports- And How Theory Correlates With Reality*. The Society Of Naval Architects And Marine Engineers Design Criteria And Codes Symposium.
- [4] Hoorn, Frank Van. *Heavy Lift Transport Ship-Overview Of Existing Fleet And Future Development*. Argonautics Marine Engineering, Inc.
- [5] International Maritime Organization. 2002. *Code On Stability For All Types Of Ships*. International Maritime Organization. London.
- [6] Mohanasundaram, Prakash. 2009. *Semi Submersible Heavy Lift Vessel. Structural Analysis Of A heavy Lift Vessel*. University of Stuttgart.
- [7] Rowell, Maura and Mattias Frosing. 2012. *Heavy Cargo Ship*. Chalmers University of Technology.

- [8] Suhardjito, Gaguk. 2006. *Desain Rencana Garis*. Archimedia. Indonesia.