



**TUGAS AKHIR - MO4804**

**PENGARUH KEDALAMAN AIR TERHADAP *TENSION* TALI TAMBAT PADA  
SISTEM *DOLPHIN MOORING* SAAT *OFFLOADING* FLNG DENGAN LNG  
*CARRIER* KONDISI *SIDE BY SIDE***

**NUGIE RAMADHAN**

**NRP. 043116 4000 0038**

**Dosen Pembimbing :**

**Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D.**

**Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

**2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH KEDALAMAN AIR TERHADAP TENSION TALI TAMBAT PADA SISTEM DOLPHIN MOORING SAAT OFFLOADING FLNG DENGAN LNG CARRIER KONDISI SIDE BY SIDE

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan,

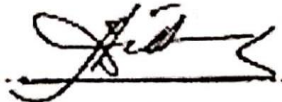
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

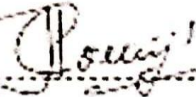
Nugie Ramadhan (NRP. 04311640000038)

Disetujui oleh :

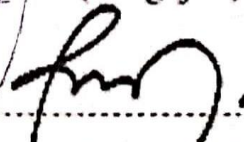
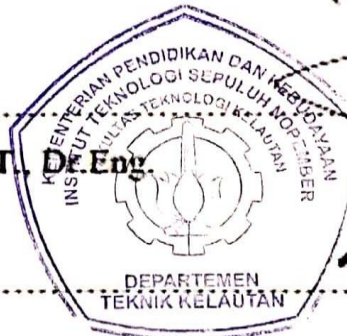
1. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing 1)



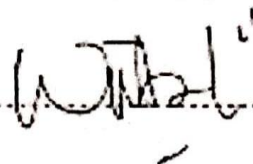
2. Ir. Murdjito, M.Sc.Eng. (Pembimbing 2)



3. Rudi Waluyo Prastianto, S.T., M.T., **Dr. Eng.** (Penguji 1)



4. Wimala L. Dhanista, S.T., M.T. (Penguji 2)



SURABAYA, 2020

**PENGARUH KEDALAMAN AIR TERHADAP *TENSION* TALI TAMBAT  
PADA SISTEM *DOLPHIN MOORING* SAAT *OFFLOADING* FLNG  
DENGAN LNG *CARRIER* KONDISI *SIDE BY SIDE***

Nama : Nugie Ramadhan  
NRP : 04311640000038  
Departemen : Teknik Kelautan FTK – ITS  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko, MSc., Ph.D.  
Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.

**Abstrak**

Guna menjaga dan menahan pergerakan FLNG (Floating Liquefied Natural Gas) dan LNG (Liquefied Natural Gas) Carrier saat offloading agar tetap dalam kondisi stabil, maka perlu dibangun fasilitas sistem tambat bangunan apung (mooring system). Pada penelitian ini, peneliti akan melakukan analisa tegangan tali tambat dengan sistem dolphin mooring saat offloading FLNG dengan Carrier pada kondisi side by side dengan pengaruh kedalaman air. Pengaruh kedalaman air sendiri membuat tegangan tali tambat akan memiliki nilai berbeda disetiap mooring line nya. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin dalam perairan, maka tension tali tambat kapal akan semakin kecil. Hal tersebut berlaku pada semua simulasi pembebanan, semua heading pembebanan, dan semua kondisi kapal. Pada penelitian ini, nilai tension maximum pada shallow water = 81.987 kN, nilai tension maximum pada intermediate water = 79.882 kN, dan nilai tension maximum pada deep water = 76.487 kN. Ditinjau dari kondisi kapal, nilai tension maksimum tali tambat terjadi pada kondisi kapal FLNG Ballast – LNGC Ballast dengan nilai sebesar 81.987 kN. Pengaruh beban gelombang pada tension tali tambat kapal memiliki nilai minimum pada perairan dangkal (shallow water), dan semakin besar pada perairan dalam. Berbanding terbalik dengan pengaruh beban arus dan angin pada tension tali tambat kapal, dimana pengaruh beban arus dan angin memiliki nilai maksimum pada perairan dangkal dan semakin kecil pada perairan dalam. Pada penelitian ini, nilai maksimum tension overall = 81.987 kN dengan SF (safety factor) = 6.27 sehingga masih memenuhi kriteria safety factor yang disarankan oleh API RP 2SK (2015) yaitu >1.67.

**Kata Kunci :** *FLNG, LNG Carrier, dolpin mooring, offloading, side by side, kedalaman, mooring tension.*

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya. Sholawat serta salam juga penulis haturkan kepada junjungan seluruh umat manusia Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini berjudul “Pengaruh Kedalaman Air Terhadap *Tension* Tali Tambat pada Sistem *Dolphin Mooring* saat *Offloading* FLNG dengan LNG *Carrier* Kondisi *Side by Side*”. Tugas Akhir ini saya persembahkan khusus untuk ibu saya, malaikat tercantik didunia, yang selalu mensupport saya dimanapun dan kapanpun saya berada.

Tugas Akhir ini secara khusus akan membahas mengenai pengaruh kedalaman perairan terhadap *tension* tali tambat kapal pada sistem dophin mooring saat offloading dua kapal kondisi side by side. Tali tambat yang dianalisa antara lain tali tambat ship to jetty dan ship to ship. Tugas akhir ini juga akan membahas seputar pengaruh muatan kapal terhadap *tension* tali tambat kapal. Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah wawasan pembaca mengenai tali tambat kapal khususnya pada sistem dolphim mooring.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran guna meningkatkan kemampuan menyusun laporan yang lebih baik lagi ke depannya. Penulis juga berharap semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 2020

Nugie Ramadhan

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak – banyaknya kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam pengerjaan Tugas Akhir hingga selesainya Tugas Akhir ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang Tua penulis yang telah memberi semangat, motivasi, doa dan nasehat yang luar biasa dalam pencapaian penulis menjalankan pendidikan tinggi.
2. Prof. Ir. Eko Budi Djatmiko., M.Sc. Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan.
3. Ir. Murdjito, M.Sc. Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan.
4. Mas dan Mbak serta Sahabat-sahabat di Lab. Hidrodinamika yang selalu memberi motivasi dan ilmunya serta selalu asik kalau diskusi.
5. Arif Windiargo sang pujaan para betina ITS selaku sobat ambyar yang pertama kali memperkenalkan konsep dasar seputar Moses Editor.
6. Arek – arek kontrakan SPR G-20 yang selalu sabar dengan kelakuan saya.
7. Teman-teman Adhiwamastya Teknik Kelautan Angkatan 2016, yang senantiasa menemani selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kelautan ITS yang telah memberikan ilmu, bantuan dan fasilitas kepada penulis selama menjalani perkuliahan.

Serta semua pihak yang telah membantu namun tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu. Terima kasih atas semua bantuan, motivasi dan doanya, semoga mendapat balasan pahala dari Allah SWT. Amin.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR ISI

COVER .....	i
Abstrak .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II .....</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1. Tinjuan Pustaka .....	5
2.1.1. <i>Floating Liquefied Natural Gas (FLNG)</i> .....	5
2.1.2. <i>Liquefied Natural Gas Carrier (LNG Carrier)</i> .....	6
2.1.3 Sistem Tambat .....	6
2.2 Dasar Teori .....	8
2.2.1 Analisa Respon.....	8
2.2.2 Analisa Dinamis.....	8
2.2.3 Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung.....	9
2.3 Faktor Non-Linear .....	10
2.3.1 Beban Gelombang <i>Second Order</i> .....	10
2.3.2 Beban Angin.....	11
2.3.3 Beban Arus .....	11
2.3.4 Perilaku Bangunan Apung Pada Gelombang Reguler .....	12
2.3.5 Perilaku Bangunan Laut Pada Gelombang Acak.....	16

<b>BAB III.....</b>	<b>22</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Metode Penelitian.....	22
3.2 Prosedur Penelitian.....	23
3.2.1 Studi Literatur.....	23
3.2.2 Pemodelan Struktur dan Kondisi Lingkungan.....	23
3.2.3 Analisa Dinamis.....	23
3.2.4 Kesimpulan dan Saran .....	24
3.3 Pengumpulan Data .....	24
3.3.1 Data Struktur Kapal FLNG.....	24
3.3.2 Data Struktur Kapal LNGC .....	24
3.4 Data Lingkungan .....	26
3.4.1 Data Gelombang .....	26
3.4.2 Data Angin.....	27
<b>BAB IV .....</b>	<b>28</b>
<b>ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
4.1 Pemodelan Kapal FLNG dan LNGC.....	28
4.1.1 Pemodelan pada <i>Maxsurf</i> .....	28
4.1.2 Pemodelan pada <i>MOSES</i> .....	32
4.1.3 Validasi Model.....	34
4.2 ANALISIS KARAKTERISTIK GERAK STRUKTUR ( <i>RAO</i> ).....	35
4.2.1 Analisis Karakteristik Respon Gerak Mengapung Bebas.....	35
4.2.2 Karakteristik Respon Gerak ( <i>RAO</i> ) Kapal FLNG Saga Down Kondisi Full Load .....	34
4.2.3 Karakteristik Respon Gerak ( <i>RAO</i> ) Kapal FLNG Saga Down Kondisi <i>Ballast</i> .....	38
4.2.4 Karakteristik Respon Gerak Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Full Load .....	42
4.2.5 Karakteristik Respon Gerak Kapal LNGC Surya Aki Kondisi <i>Ballast</i> .....	46
4.3 SKENARIO ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN AIR DAN PEMODELAN KAPAL FLNG – LNGC KONDISI <i>SIDE BY SIDE</i> .....	50
4.3.1 Skenario Analisis Pengaruh Kedalaman Air .....	50
4.3.2 Pemodelan Kapal <i>FLNG – LNG Carrier</i> Kondisi <i>Side by Side</i> .....	51
4.3.3 Arah Pembebanan Kapal <i>FLNG – LNG Carrier</i> Kondisi <i>Side by Side</i> .....	52

4.4 ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN KEDALAMAN AIR TERHADAP <i>TENSION</i> DENGAN KOMBINASI BEBAN GELOMBANG, ARUS, DAN ANGIN.....	56
4.4.1 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat pada <i>Shallow Water Wave Heading</i> 0°, 45°, 90°, 135°, 180° Kondisi <i>FLNG Ballast – LNGC Fulload</i> dengan Kombinasi Beban Gelombang, Arus, dan Angin. ....	57
4.4.2 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Ballast – LNGC Fulload</i> pada Setiap Kedalaman dengan Kombinasi Beban Gelombang, Arus, dan Angin.....	59
4.4.3 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Fulload – LNGC Ballast</i> pada Setiap Kedalaman dengan Kombinasi Beban Gelombang, Arus, dan Angin. ....	62
4.4.4 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Ballast – LNGC Ballast</i> pada Setiap Kedalaman dengan Kombinasi Beban Gelombang, Arus, dan Angin.....	65
4.5 ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN KEDALAMAN AIR TERHADAP <i>TENSION</i> DENGAN HANYA MEMAKAI BEBAN GELOMBANG .....	68
4.5.1 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Ballast – LNGC Fulload</i> pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Gelombang .....	68
4.5.2 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Fulload – LNGC Ballast</i> pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Gelombang .....	71
4.5.3 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Ballast – LNGC Ballast</i> pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Gelombang .....	74
4.6 ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN KEDALAMAN AIR TERHADAP <i>TENSION</i> DENGAN HANYA MEMAKAI BEBAN ARUS DAN ANGIN .....	77
4.6.1 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Ballast – LNGC Fulload</i> pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Arus dan Angin .....	77
4.6.2 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Fulload – LNGC Ballast</i> pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Arus dan Angin.....	80
4.6.3 Hasil <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Heading</i> 45° dan 180° <i>FLNG Ballast – LNGC Ballast</i> pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Arus dan Angin .....	83
4.7.A SHALLOW WATER.....	86
4.7.B INTERMEDIATE WATER.....	89

4.7.C DEEP WATER.....	92
4.8 Hasil Max Tension Overall pada Setiap Kondsi Kapal dan pada Setiap Kedalaman .....	95
4.9 Perbandingan Pengaruh Beban Gelombang dan Pengaruh Beban Arus & Angin terhadap <i>Tension</i> Tali Tambat Kapal.....	96
4.10 ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN AIR TERHADAP KARAKTERISTIK RESPON GERAK FLNG DAN LNG CARRIER SAAT TERTAMBAT (RAO TERTAMBAT).....	100
4.10.A) RAO TERTAMBAT KAPAL FLNG SAGA DOWN .....	100
4.10.B) RAO TERTAMBAT KAPAL LNG Carrier Surya Aki .....	112
<b>BAB V.....</b>	<b>129</b>
<b>PENUTUP.....</b>	<b>129</b>
5.1 KESIMPULAN .....	129
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>130</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>131</b>
<b>LAMPIRAN A (HIDRODINAMIKA KAPAL <i>FLNG SAGA DOWN</i>) .....</b>	<b>133</b>
<b>LAMPIRAN B (HIDRODINAMIKA KAPAL <i>LNGC SURYA AKI</i>) .....</b>	<b>152</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> FLNG dan LNG Carrier kondisi side by side .....	1
<b>Gambar 2.1</b> MODEC FLNG .....	5
<b>Gambar 2.2</b> LNG Carrier.....	6
<b>Gambar 2.3</b> Kondisi side by side Sistem Dolphin Mooring.....	7
<b>Gambar 2.4</b> Enam Derajat Kebebasan pada Struktur Bangunan Apung .....	10
<b>Gambar 2.5</b> Grafik Umum Respon Bangunan Apung.....	15
<b>Gambar 2.6</b> Superposisi anatar RAO dengan Spektra Gelombang menjadi Spektra Respon .....	16
<b>Gambar 3.1</b> Flow Chart Pengerjaan Tugas Akhir .....	23
<b>Gambar 4.1</b> Pemodelan FLNG menggunakan software Maxsurf. (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) body plan, (d) Perspective.....	29
<b>Gambar 4.2</b> Pemodelan FLNG menggunakan software Maxsurf. (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) body plan, (d) Perspective front, (e) Profile Perspective. ..	31
<b>Gambar 4.3</b> Pemodelan FLNG menggunakan software MOSES. (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) tampak isometris, (d) tampak depan. ....	32
<b>Gambar 4.4</b> Pemodelan LNGC menggunakan software MOSES. (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) tampak isometris, (d) tampak depan. ....	33
<b>Gambar 4.5</b> RAO Gerakan Tranlasi Surge, Sway, Heave Kapal FLNG Saga Down Kondisi Full Load arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180° .....	34
<b>Gambar 4.6</b> RAO Gerakan Rotasi Roll, Pitch, Yaw Kapal FLNG Saga Down Kondisi .... Full Load arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180° .....	35
<b>Gambar 4.7</b> RAO Gerakan Tranlasi Surge, Sway, Heave Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180° .....	38
<b>Gambar 4.8</b> RAO Gerakan Rotasi Roll, Pitch, Yaw Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180° .....	39
<b>Gambar 4.9</b> RAO Gerakan Tranlasi Surge, Sway, Heave Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Full Load arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180° .....	42
<b>Gambar 4.10</b> RAO Gerakan Rotasi Roll, Pitch, Yaw Kapal LNGC Surya Aki Kondisi .... Full Load arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180° .....	43
<b>Gambar 4.11</b> RAO Gerakan Tranlasi Surge, Sway, Heave Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Ballast arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180° .....	46

<b>Gambar 4.12</b> RAO Gerakan Rotasi Roll, Pitch, Yaw Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Ballast arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180° .....	47
<b>Gambar 4.13</b> Validitas Teori Gelombang. USACE, 2008 .....	50
<b>Gambar 4.14</b> Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side .....	51
<b>Gambar 4.15</b> Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side (3D).....	53
<b>Gambar 4.16</b> Pemodelan Fender Ship to Jetty .....	53
<b>Gambar 4.17</b> Pemodelan Fender Ship to Ship.....	53
<b>Gambar 4.18</b> Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG Ballast – LNGC Fulload .....	54
<b>Gambar 4.19</b> Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG Ballast – LNGC Fulload .....	54
<b>Gambar 4.20</b> Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG Ballast – LNGC Ballast.....	55
<b>Gambar 4.21</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Tali Tambat FLNG Ballast – LNGC Fulload di Shallow Water, Heading 0, 45, 90, 135, 180.....	58
<b>Gambar 4.22</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Ballast – LNGC Fulload, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) All Combined Load.....	61
<b>Gambar 4.23</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Fulload – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) All Combined Load.....	64
<b>Gambar 4.24</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Ballast – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) All Combined Load.....	67
<b>Gambar 4.25</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Ballast – LNGC Fulload, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) Hs Load Only .....	70
<b>Gambar 4.26</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Fulload – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) Hs Load Only .....	73
<b>Gambar 4.27</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Ballast – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) Hs Load Only.....	76
<b>Gambar 4.28</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Ballast – LNGC Fulload, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) Current & Wind Load Only .....	79
<b>Gambar 4.29</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Fulload – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) Current & Wind Load Only .....	82
<b>Gambar 4.30</b> Tren Grafik <i>Tension</i> FLNG Ballast – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) Current & Wind Load Only .....	85

<b>Gambar 4.31</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Shallow Water .....	86
Gambar 4.32 Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada Shallow Water.....	87
<b>Gambar 4.33</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada Shallow Water.....	88
<b>Gambar 4.34</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Intermediate Water .....	89
<b>Gambar 4.35</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada Intermediate Water .....	90
<b>Gambar 4.36</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada Intermediate Water.....	91
<b>Gambar 4.37</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Deep Water .....	92
<b>Gambar 4.38</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada Deep Water .....	93
<b>Gambar 4.39</b> Tren Grafik <i>Tension</i> Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada Deep Water .....	94
<b>Gambar 4.40</b> RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Fulload Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, Kapal FLNG Saga Down Kondisi Fulload di Shallow Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	100
<b>Gambar 4.41</b> RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Fulload Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Intermediate Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	101
<b>Gambar 4.42</b> RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Fulload Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Deep Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	102

<b>Gambar 4.43</b> Max RAO Tertambat FLNG Fulload Surge (a), Sway (b), Heave (c), Roll (d), Pitch (e), Yaw (f), di setiap Kedalaman.....	105
<b>Gambar 4.44</b> RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Shallow Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	106
<b>Gambar 4.45</b> RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Intermediate Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	107
<b>Gambar 4.46</b> RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Deep Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	108
<b>Gambar 4.47</b> Max RAO Tertambat FLNG Fulload Surge (a), Sway (b), Heave (c), Roll.. (d), Pitch (e), Yaw (f), di setiap Kedalaman.....	111
<b>Gambar 4.48</b> RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Fulload Gerakan Surge, . Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Shallow Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	112
<b>Gambar 4.49</b> RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Fulload Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Intermediate Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	113
<b>Gambar 4.50</b> RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Fulload Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Deep Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	114
<b>Gambar 4.51</b> Max RAO Tertambat LNGC Fulload Surge (a), Sway (b), Heave (c), Roll (d), Pitch (e), Yaw (f), di setiap Kedalaman.....	117
<b>Gambar 4.52</b> RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Ballast Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Shallow Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	118
<b>Gambar 4.53</b> RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Ballast Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Intermediate Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	119
<b>Gambar 4.54</b> RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Ballast Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Intermediate Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180° .....	120
<b>Gambar 4.51</b> Max RAO Tertambat LNGC Ballast Surge (a), Sway (b), Heave (c), Roll (d), Pitch (e), Yaw (f), di setiap Kedalaman.....	123



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kriteria Safety Factor Tali Tambat .....	21
<b>Tabel 3.1</b> Data Strktur Kapal FLNG 31000 DWT (Saga Down Ship).....	24
<b>Tabel 3.2</b> Data Strktur Kapal LNGC 10600 DWT (Surya Aki Ship) .....	24
<b>Tabel 3.3</b> Data Distribusi Tinggi Gelombang dan Peak Period (Metocean Pertamina, 2008) .....	26
<b>Tabel 3.4</b> Wave Return Period (Pertamina, 2008) .....	26
<b>Tabel 3.5</b> Wind Return Period.....	27
<b>Tabel 4.1</b> Hasil validasi model Kapal FLNG Saga Down.....	34
<b>Tabel 4.2</b> Hasil validasi model Kapal LNGC Surya Aki .....	34
<b>Tabel 4.3</b> RAO Maksimum Free Floating FLNG Saga Down Kondisi Fullload .....	36
<b>Tabel 4.4</b> RAO Maksimum Free Floating FLNG Saga Down Kondisi Ballast .....	40
<b>Tabel 4.5</b> RAO Maksimum Free Floating LNGC Surya Aki Kondisi Fullload.....	44
<b>Tabel 4.6</b> RAO Maksimum Free Floating LNGC Surya Aki Kondisi Ballast .....	48
<b>Tabel 4.7</b> Data Struktur Tali Tambat.....	55

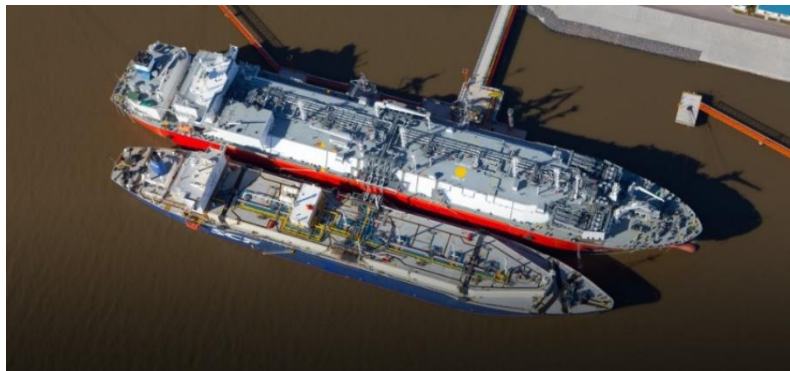
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Floating Liquefied Natural Gas* (FLNG) adalah sebuah bangunan terapung yang berfungsi sebagai terminal atau tempat penyimpanan sementara *Liquefied Natural Gas* (LNG) yang akan didistribusikan pada kapal – kapal lain seperti *LNG Carrier*. LNG sendiri adalah gas alam yang telah diproses untuk menghilangkan tidak murnian hidrokarbon berat dan kemudian dikondensasi menjadi cairan pada tekanan atmosfer dan mendinginkannya minimal dengan suhu  $-160^{\circ}$  Celcius. Keuntungan dari pemilihan LNG ialah tidak diperlukan tempat seluas gas alam dalam bentuk vapor dikarenakan gas alam sudah dimampatkan menjadi cairan yaitu LNG sehingga dalam hal biaya, tentu ini akan semakin ergonomis.

Dalam melakukan proses transfer (*offloading*) *ship-to-ship* LNG dari FLNG ke *LNG Carrier*, LNG akan ditransferkan melalui loading arm saat kondisi *side by side* ataupun *tandem*. Untuk menjaga dan menahan pergerakan FLNG dan *LNG Carrier* agar tetap dalam kondisi stabil, maka perlu dibangun fasilitas sistem tambat bangunan apung (*mooring system*). *Mooring system* yang telah banyak diaplikasikan pun beragam, antara lain jenis *spread mooring*, *turret mooring*, *tower mooring*, *boey mooring*, dan *dolphin mooring*.



**Gambar 1.1** FLNG dan LNG Carrier kondisi side by side

(Sumber : [excelerateenergy.com](http://excelerateenergy.com))

Pada Tugas Akhir ini, penulis akan melakukan analisa tegangan tali tambat jenis *dolphin mooring* saat *offloading* FLNG (*Floating Liquefied Natural Gas*) dengan LNG (*Liquefied Natural Gas*) *Carrier* pada kondisi *side by side* dengan pengaruh kedalaman air. Pengaruh kedalaman air sendiri membuat tegangan tali tambat akan memiliki nilai berbeda disetiap mooring line nya. Hal ini dikarenakan pada kondisi air dangkal (*shallow water*) gaya yang dominan berasal dari arus laut atas sedangkan pada air dalam (*deep water*) gaya yang dominan berasal dari gelombang air laut. Dalam buku *Shore Protection Manual* (SPM), Departement Of The Army Coastal Engineering Research Center 1984, menyebutkan bahwa kapal dikatakan berada pada perairan dalam (*deep water*) yaitu ketika memiliki nilai  $d/L > 1/2$ , perairan transisi (Transitional)  $d/L = 1/25 - 1/2$ , dan perairan dangkal (*shallow water*)  $d/L < 1/25$  dengan  $d$  = kedalaman laut dan  $L$  = panjang gelombang. Menurut Mare Vanttorre (Ghent University, Belgium), *Review Of Practical Methods For Assessing Shallow And Restricted Water Effects*, menyebutkan bahwa perilaku kapal sangat dipengaruhi oleh perbedaan kedalaman perairan dengan rasio antara kedalaman air dengan draft kapal. Untuk perairan dalam (*deep water*)  $d/T > 3$ , *medium deep water*  $d/T = 1.5 - 3$ , dan air dangkal (*shallow water*)  $d/T < 1.2$  dengan  $d$  = kedalaman laut dan  $T$  = draft kapal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang hendak penulis bahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik respon gerak reguler FLNG dan LNG *Carrier* saat *free floating* (RAO *free floating*) ?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan kedalaman air terhadap *tension* tali tambat antara FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat kondisi *side by side* pada sistem *dolphin mooring* dengan kombinasi beban gelombang, arus, dan angin ?
3. Bagaimana pengaruh perbedaan kedalaman air terhadap *tension* tali tambat antara FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat kondisi *side by side* pada sistem *dolphin mooring* dengan hanya memakai beban gelombang saja ?

4. Bagaimana pengaruh perbedaan kedalaman air terhadap *tension* tali tambat antara FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat kondisi *side by side* pada sistem *dolphin mooring* dengan memakai beban arus dan angin ?
5. Bagaimana pengaruh beban gelombang, beban arus, dan beban angin terhadap *tension* tali tambat antara FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat kondisi *side by side* pada setiap kedalaman air ?
6. Bagaimana pengaruh perbedaan kedalaman air terhadap karakteristik respon gerak FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat (RAO tertambat) kondisi *side by side* pada sistem *dolphin mooring* ?

### 1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah diatas, maka tujuan penulis dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan kedalaman air terhadap *tension* tali tambat antara FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat kondisi *side by side* pada sistem *dolphin mooring* dengan kombinasi beban gelombang, arus, dan angin ?
2. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan kedalaman air terhadap *tension* tali tambat antara FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat kondisi *side by side* pada sistem *dolphin mooring* dengan beban gelombang saja ?
3. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan kedalaman air terhadap *tension* tali tambat antara FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat kondisi *side by side* pada sistem *dolphin mooring* dengan beban arus dan angin ?
4. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh beban gelombang, beban arus, dan beban angin terhadap *tension* tali tambat antara FLNG dan LNG *Carrier* saat tertambat kondisi *side by side* pada sistem *dolphin mooring* disetiap level kedalaman air ?

### 1.4 Manfaat

Dari hasil penelitian ini, akan dapat mengetahui informasi mengenai perbedaan gerak relatif dan juga mengetahui perbandingan tegangan tali tambat dari sistem *dolphin mooring* dikarenakan pengaruh kedalam air. Semoga dikemudian hari dapat digunakan sebagai referensi untuk para teknisi yang akan merancang sistem tambat terutama pada kondisi *side by side* menggunakan *dolphin mooring*.

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. FLNG dan LNG Carrier dianggap sebagai rigid body, sehingga kekuatan FLNG dan LNG Carrier tidak diperhitungkan.
2. Beban yang dipakai dalam analisis yaitu beban gelombang, beban arus, dan beban angin pada kondisi terapung bebas (free floating) dan tertambat (moored).
3. Mooring sistem yang digunakan adalah jenis dolphin mooring.
4. Semua arah pembebanan adalah *collinear*.
5. Beban yang digunakan adalah kondisi operasional 25 tahun.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

#### 2.1.1. *Floating Liquefied Natural Gas (FLNG)*

FLNG digunakan sebagai bangunan terapung yang berfungsi sebagai fasilitas eksplorasi, produksi dan pencairan gas alam. LNG adalah gas alam (Metana-CH<sub>4</sub>) yang didinginkan sampai suhu -160 °C pada tekanan atmosfer yang membuatnya menjadi zat cair dan volumenya menjadi 1/600 dari kondisi semula sebagai gas. Kondisi cair ini memungkinkan pengangkutan LNG dilakukan dengan jumlah besar dengan kapal tanker LNG (Soegiono dan Artana, 2006). Untuk mencapai target produksi kapal FLNG dengan produksi kondensat mencapai 8.400 barel per hari (bph), dimana dalam setiap kegiatan transfer LNG dari kapal FLNG ke kapal shuttle tanker memerlukan proses offloading. Sistem offloading yang digunakan menggunakan *side-by-side* configuration system, dimana kapal shuttle tanker ditambatkan di sisi kapal FLNG.



**Gambar 2.1** MODEC FLNG

(Sumber : MODEC)

### **2.1.2. Liquefied Natural Gas Carrier (LNG Carrier)**

Pengangkutan gas alam dengan menggunakan pipa memiliki beberapa keterbatasan, antara lain : keterbatasan gerak, memerlukan investasi yang besar, penanganan sistem kompressor yang cukup rumit mengingat semakin jauh jarak maka semakin besar kompressor yang digunakan, penanganan terhadap keselamatan lingkungan pun cukup besar mengingat tekanan dalam jaringan pipa tersebut sangat tinggi sehingga sedikit kebocoran dapat berakibat fatal terhadap lingkungannya (Indiyono, 2003).



**Gambar 2.2** LNG Carrier

(Sumber : mes.co.jp, 2018)

Keuntungan penggunaan kapal LNG yaitu kapal dapat mengangkut gas dalam jumlah besar, sehingga kapasitas LNG yang dibawa ke tempat penampungan menjadi lebih banyak. Kapal LNG merupakan alternatif untuk moda pengangkutan gas alam dibandingkan dengan jalur pipa gas. Selain itu, untuk jarak yang jauh antar pulau, kapal LNG merupakan alternatif yang tepat.

### **2.1.3 Sistem Tambat**

Fungsi sistem tambat atau mooring pada prinsipnya adalah untuk “mengamankan” posisi kapal agar tetap pada tempatnya. Secara umum, sistem tambat dapat di kategorikan menjadi weathervaning dan non-weathervaning dimana weathervaning merupakan respon dari struktur apung yang bebas berputar tergantung dari arah mana beban lingkungan yang

terjadi. Sedangkan non-weathervaning merupakan respon dari struktur apung yang tidak dapat bergerak bebas dikarenakan ada penambat yang digunakan untuk menahan beban lingkungan yang terjadi. Salah satu yang menjadi contoh weathervaning adalah tower mooring dan untuk non-weathervaning adalah dolphin mooring.

### 2.1.3.1 Dolphin Mooring

Dolphin mooring merupakan dolphin yang digunakan untuk menambat kapal dan tidak untuk dibenturkan ke kapal. Dolphin mooring membutuhkan jetty untuk menghubungkan ke kapal. Ada dua jenis dermaga pada dolphin mooring, L-jetty dan fingerpier. Struktur dermaga dolphin mooring dikategorikan sebagai light structure (struktur ringan) karena struktur dermaga dolphin mooring direncanakan hanya untuk menerima beban – beban ringan seperti pipa penyalur minyak dan gas serta conveyors (Triatmodjo, 2010). Struktur dolphin mooring biasanya digunakan untuk dermaga ferry dan dermaga untuk bulk.



**Gambar 2.3** Kondisi *side by side* Sistem *Dolphin Mooring*

(Sumber : ETKi LNG Terminal, 2018)



## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Analisa Respon

Kwan (1991) menyebutkan, respon gerakan bangunan apung terhadap gerakan frekuensi gelombang dapat diprediksi melalui dua metode yaitu:

#### 1. Analisa Kuasi-Statis

Dalam metode ini, beban dari gelombang dinamis dicatat oleh offset statis bangunan apung yang didefinisikan oleh gerakan gelombang yang diinduksi, dengan hanya menggunakan gerakan horizontal yang menjadi acuan. Sedangkan beban yang disebabkan oleh gerakan fairlead vertikal dan dinamika sistem mooring line seperti efek massa, percepatan fluida dan redaman diabaikan.

#### 2. Analisa Dinamis

Analisa dinamis dilakukan dengan memperhitungkan respon dinamis dari tali tambat. Efek variasi waktu akibat massa tali tambat, redaman dan percepatan relatif fluida diperhitungkan. Dalam metode ini, gerakan fairlead variasi waktu dihitung dari gerakan surge, sway, heave, pitch, roll dan yaw dari bangunan apung.

### 2.2.2 Analisa Dinamis

Menurut DnV OS E301 (2004), Analisis simulasi domain pada bangunan lepas pantai dibagi menjadi dua :

#### 1. Time Domain Analysis

Time Domain Analysis adalah analisa gerakan dinamis berdasarkan fungsi waktu. Metode yang digunakan dalam pendekatan menggunakan Time Domain Analysis adalah prosedur integrasi waktu dan menghasilkan time history response yang berdasarkan fungsi waktu  $x(t)$ . Metode analisa ini pada umumnya seperti program komputer yang dapat digunakan untuk melakukan analisis pada semua situasi tali tambat di bawah pengaruh dinamika frekuensi gelombang. Pada periode awal harus dimaksimalkan untuk meminimalkan efek transient, namun metode ini membutuhkan proses lebih kompleks dan waktu yang lebih lama. Pada analisis Time Domain Analisis membutuhkan simulasi time history yang akan memberikan hasil *tension* maksimum.

## 2. Frequency Domain Analysis

Frequency Domain Analysis adalah simulasi kejadian pada saat tertentu dengan interval frekuensi yang telah ditentukan. Metode analisa ini dapat digunakan untuk memperkirakan respon gelombang acak, seperti gerakan dan percepatan platform, gaya tendon dan sudut. Keuntungan dari penggunaan metode ini adalah tidak membutuhkan banyak waktu dalam proses perhitungannya. Sedangkan kekurangan menggunakan metode ini adalah harus menggunakan persamaan linier sehingga semua persamaan non-linier harus dilinierkan.

Pada Frequency Domain Analysis, keseimbangan dinamik dari sistem linear dapat diformulasikan dengan persamaan :

$$M_{(\omega)} \cdot r + C_{(\omega)} \cdot r + K_{(\omega)} \cdot r = X e^{i\omega t} \quad (2.1)$$

dengan :

$M_{(\omega)}$  = Matrik massa fungsi frekuensi (ton)

$C_{(\omega)}$  = Matrik damping fungsi frekuensi (ton/s)

$K_{(\omega)}$  = Matrik kekakuan fungsi frekuensi (kN/m)

$X$  = Vektor beban kompleks memberikan informasi pada amplitudo beban dan fase pada semua derajat kebebasan. Pola  $e^{i\omega t}$  menetapkan variasi harmonik dari contoh beban dengan frekuensi  $\omega$ .

$R$  = Vektor displacement (m)

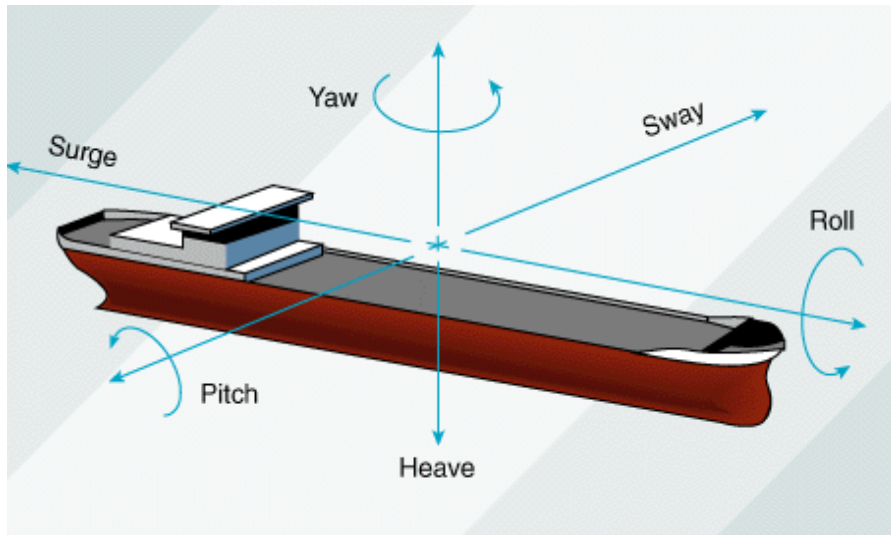
### 2.2.3 Teori Dasar Gerakan Bangunan Apung

Struktur bangunan apung enam derajat kebebasan (Six Degree of Freedom) yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu gerakan translasional dan gerakan rotasional. Keenam gerakan tersebut adalah :

1. Gerak Translasional
  - a. Surge, gerakan translasional arah sumbu x
  - b. Sway, gerakan translasional arah sumbu y
  - c. Heave, gerakan translasional arah sumbu z
2. Gerak Rotasional
  - a. Roll, gerak rotasional arah sumbu x
  - b. Pitch, gerak rotasional arah sumbu y

c. Yaw, gerak rotasional arah sumbu z

Dengan memakai konversi sumbu tangan kanan, tiga gerakan translasi pada arah sumbu x, y dan z adalah masing – masing surge ( $\zeta_1$ ), sway ( $\zeta_2$ ) dan heave ( $\zeta_3$ ), sedangkan untuk gerakan rotasi pada arah sumbu x, y dan z adalah roll ( $\zeta_4$ ), pitch ( $\zeta_5$ ), dan yaw ( $\zeta_6$ ).



**Gambar 2.4** Enam Derajat Kebebasan pada Struktur Bangunan Apung

(Sumber : marinerspotted, 2017)

### 2.3 Faktor Non-Linear

Dalam analisis struktur patut mempertimbangkan faktor – faktor non – linier untuk dapat menggambarkan kondisi yang hampir mendekati kondisi nyata. Faktor – faktor non-linear tersebut antara lain :

#### 2.3.1 Beban Gelombang *Second Order*

Pengaruh dari beban gelombang second order akan sangat signifikan terutama pada struktur apung yang tertambat. Pada gelombang reguler, cara paling mudah mendefinisikan pengaruh non linear adalah dengan persamaan Bernoulli. Hasil dari persamaan Bernoulli tersebut dapat diklasifikasikan menjadi tiga komponen penyusun yaitu mean wave, beban osilasi variasi frekuensi dan beban osilasi dari penjumlahan frekuensi yang akan mendeskripsikan spektrum gelombang.

### 2.3.2 Beban Angin

Beban angin merupakan beban dinamis dimana pada kebanyakan struktur akan meresponnya pada model statis yang paling mendekati. Pada perancangan struktur bangunan lepas pantai, perhitungan beban angin berdasarkan besarnya kecepatan ekstrim dengan periode ulang 50 atau 100 tahunan. Berdasarkan OCIMF (1997) Mooring Equipment Guidelines, perhitungan beban angin didefinisikan sebagai berikut :

Longitudinal wind force

$$F_{xw} = C_{xw} \cdot \left(\frac{\rho w}{7600}\right) \cdot V_w^2 \cdot A_T \quad (2.2)$$

Lateral wind force

$$F_{yw} = C_{yw} \cdot \left(\frac{\rho w}{7600}\right) \cdot V_w^2 \cdot A_L \quad (2.3)$$

dengan,

$F_{xw}$  = gaya angin longitudinal (kN)

$F_{yw}$  = gaya angin lateral (kN)

$C_{xw}$  = koefisien gaya angin longitudinal non dimensional

$C_{yw}$  = koefisien gaya angin transversal non dimensional

$\rho w$  = densiti udara = 1.223 Kg/m<sup>3</sup> pada 20°C

$A_T$  = luas penampang transversal diatas air (m<sup>2</sup>)

$A_L$  = luas penampang longitudinal diatas air (m<sup>2</sup>)

### 2.3.3 Beban Arus

Selain beban gelombang dan beban angin, beban arus memberikan gaya terhadap struktur bangunan laut. Arus akibat pasang surut memiliki kecepatan yang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman sesuai dengan fungsi non linear. Untuk arus yang disebabkan oleh angin memiliki karakter yang sama hanya saja memiliki fungsi linear. Arus permukaan di sekitar kapal dibangkitkan dari angin lokal, pasang surut, stokes drift, massa jenis arus lokal, dan fenomena set-up (Faltinsen, 1990). Berdasarkan OCIMF (1997) Mooring Equipment Guidelines, perhitungan beban arus didefinisikan sebagai berikut :

Longitudinal current force

$$F_{xc} = C_{xc} \cdot \left(\frac{\rho c}{7600}\right) \cdot V_c^2 \cdot T \cdot L_{PP} \quad (2.4)$$

Lateral current force

$$F_{yc} = C_{yc} \cdot \left(\frac{\rho c}{7600}\right) \cdot V_c^2 \cdot T \cdot L_{PP} \quad (2.5)$$

dengan,

$F_{xc}$  = gaya arus longitudinal (kN)

$F_{yc}$  = gaya arus lateral (kN)

$C_{xc}$  = koefisien gaya arus longitudinal non dimensional

$C_{yc}$  = koefisien gaya arus transversal non dimensional

$\rho c$  = densiti air laut = 1025 Kg/m<sup>3</sup> pada 20°C

$V_c$  = kecepatan arus (knot)

$T$  = draft kapal (m)

$L_{PP}$  = length between perpendicular (m)

### 2.3.4 Perilaku Bangunan Apung Pada Gelombang Reguler

#### 2.3.4.1 Teori Gelombang Reguler

Teori gelombang Airy adalah teori gelombang yang banyak digunakan untuk menghitung beban gelombang yang terjadi pada struktur. Teori gelombang Airy adalah teori gelombang amplitudo kecil, yang mengasumsikan bahwa tinggi gelombang sangat kecil dibandingkan dengan panjang gelombang atau kedalaman laut. Pada teori gelombang Airy, periode gelombang diasumsikan sebagai variabel konstan yang tidak berubah terhadap waktu.

Berikut merupakan beberapa parameter – parameter penting dalam gelombang reguler, pada setiap level perairan.

**Tabel 2.1** Parameter – Parameter Gelombang Reguler

Parameter	Perairan dangkal ( $d/\lambda_w < 1/20$ )	Perairan Menengah ( $1/20 < d/\lambda_w < 1/2$ )	Perairan Dalam ( $d/\lambda_w > 1/2$ )
Potensial Kecepatan	$\Phi = \frac{\zeta_0 g \cosh(k_w(z+d))}{\omega \cosh(k_w d)} \cos(\omega t - k_w x)$	$\Phi = \frac{\zeta_0 g \cosh(k_w(z+d))}{\omega \cosh(k_w d)} \cos(\omega t - k_w x)$	$\Phi = \frac{\zeta_0 g}{\omega} e^{k_w z} \cos(\omega t - k_w x)$

Hubungan Dispersi	$\omega^2 = g k_w^2 d$	$\omega^2 = g k_w \tanh k_w d$	$\omega^2 = g k_w$
Panjang Gelombang	$\lambda_w = T \sqrt{gd}$	$\lambda_w = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi d}{\lambda_w}$	$\lambda_w = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1.56 T^2$
Peiode Gelombang	$T = \frac{2\pi}{\omega}$	$T = \frac{2\pi}{\omega}$	$T = \frac{2\pi}{\omega}$
Angka Gelombang	$k_w = \frac{2\pi}{\lambda_w}$	$k_w = \frac{2\pi}{\lambda_w}$	$k_w = \frac{2\pi}{\lambda_w}$
Kecepatan Partikel Horizontal	$u = \frac{\omega \zeta_0}{k_w d} \sin(\omega t - k_w x)$	$u = \omega \zeta_0 \frac{\cosh(k_w(z+d))}{\sinh(k_w d)} \cos(\omega t - k_w x)$	$u = \omega \zeta_0 e^{k_w z} \sin(\omega t - k_w x)$
Kecepatan Partikel Vertikal	$w = \omega \zeta_0 \frac{z+d}{d} \cos(\omega t - k_w x)$	$w = \omega \zeta_0 \frac{\sinh(k_w(z+d))}{\sinh(k_w d)} \cos(\omega t - k_w x)$	$w = \omega \zeta_0 e^{k_w z} \cos(\omega t - k_w x)$

(Sumber : *Perilaku Dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak.* Djatmiko, 2012)

dengan,

$\zeta_0$  = amplitudo gelombang

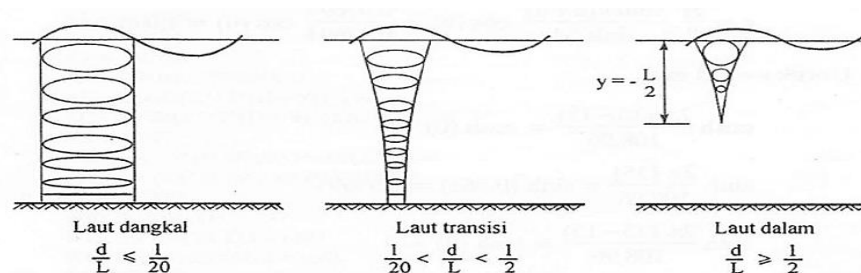
$\omega$  = frekuensi gelombang

k = nomor gelombang

d = kedalaman laut

### 2.3.4.2 Orbit Partikel Gelombang

Karakteristik perairan memiliki perbedaan berdasarkan kedalamannya, hal ini dibuktikan dengan teori Orbit Partikel Gelombang (Djatmiko, 2012). Orbit Partikel Gelombang ini memiliki bentuk elips untuk perairan dangkal dan perairan menengah, sedangkan untuk perairan dalam memiliki bentuk lingkaran. Untuk perairan dangkal dan menengah, semakin ke bawah bentuk dari orbitalnya akan semakin pipih hingga ke dasar perairan. Sedangkan untuk perairan dalam orbitalnya tidak sampai ke dasar laut perairan.



### 2.3.4.3 Response Amplitude Operator (RAO)

Response Amplitude Operator (RAO) merupakan fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi tertentu yang mengenai struktur. RAO merupakan suatu alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerak dinamis struktur. Pada RAO, terdapat informasi tentang karakteristik gerakan struktur yang disajikan dalam bentuk grafik dimana pada absis merupakan parameter frekuensi, sedangkan pada ordinat adalah rasio amplitudo gerakan pada mode tertentu  $\zeta_{k0}$ , dengan amplitudo gelombang  $\zeta_0$ . Menurut Djatmiko (2012), persamaan RAO dapat dicari dengan rumus :

$$\text{RAO}(\omega) = \frac{\zeta_{k0}(\omega)}{\zeta_0(\omega)} \quad (\text{m/m}) \quad (2.9)$$

dengan,

$\zeta_{k0}(\omega)$  = amplitudo struktur (m)

$\zeta_0(\omega)$  = amplitudo gelombang (m)

k = 1,2,3 untuk surge, sway, heave

Respon gerakan RAO untuk gerak translasi (surge, sway, heave) merupakan perbandingan antara amplitudo gerakan dibandingkan dengan amplitudo gelombang insiden (dalam satuan panjang) (Djatmiko, 2012). Persamaan RAO untuk gerakan translasi sama dengan persamaan 2.9 diatas.

Untuk respons gerakan RAO gerakan rotasi (roll, pitch, yaw) merupakan perbandingan antara amplitudo gerakan rotasi (dalam radian) dengan kemiringan gelombang, yang merupakan perkalian antara gelombang ( $k\omega = \omega^2/g$ ) dengan amplitudo gelombang insiden (Djatmiko, 2012) :

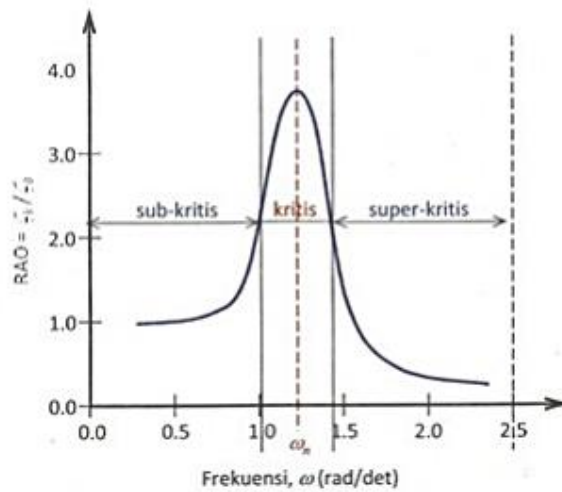
$$\text{RAO}(\omega) = \frac{\zeta_{k0}(\omega)}{\zeta_0(\omega)} = \frac{\zeta_{k0}}{(\omega^2 / g) \zeta_0} \quad (\text{rad/rad}) \quad (3.0)$$

dengan,

$\zeta_{k0}(\omega)$  = amplitudo struktur (m)

$\zeta_0(\omega)$  = amplitudo gelombang (m)

k = 4, 5, 6 untuk roll, pitch, yaw



**Gambar 2.5** Grafik Umum Respon Bangunan Apung

(Sumber : Djatmiko, 2012)

Kurva respon bangunan apung diatas dibagi menjadi tiga bagian :

1. Frekuensi rendah atau gelombang dengan periode panjang yang disebut daerah sub-kritis. Di daerah ini bangunan laut akan bergerak mengikuti elevasi gelombang sehingga amplitudo gerakan akan ekuivalen dengan amplitudo gelombang atau disebut dengan *contouring*. Dalam korelasi persamaan hidrodinamis, di daerah frekuensi rendah atau  $\omega^2 < k/(m+a)$ , gerakan akan didominasi oleh faktor kekakuan.
2. Daerah kritis, yaitu meliputi wilayah pertengahan kurva di sisi frekuensi rendah sampai dengan puncak kurva dan diteruskan hingga pertengahan kurva di sisi frekuensi tinggi. Puncak kurva terdapat pada frekuensi alami yang merupakan daerah resonansi sehingga respon gerak mengalami magnifikasi, atau amplitudo gerakan akan lebih besar dari pada amplitudo gelombang. Di daerah frekuensi alami, yakni  $k/(m+a) < \omega^2 < k/a$ , gerakan akan didominasi oleh faktor redaman.
3. Daerah super kritis, yaitu daerah dengan frekuensi tinggi dimana terdapat gelombang dengan periode pendek. Pada daerah ini respon bangunan apung terhadap gelombang akan semakin mengecil karena semakin rapat puncak – puncak gelombangnya, maka akan memberikan efek seperti bangunan laut bergerak diatas air yang relatif datar. Dalam hal korelasi hidrodinamis,



gerakan di daerah frekuensi tinggi ini, dimana  $\omega^2 < k/a$ , gerakan akan didominasi oleh faktor massa (Djatkiko, 2012).

### 2.3.5 Perilaku Bangunan Laut Pada Gelombang Acak

#### 2.3.5.1 Respon Bangunan Apung di Atas Gelombang Acak

Gelombang acak adalah superposisi dari komponen pembentuknya yang berupa gelombang sinusoidal dalam jumlah yang tak hingga. Tiap komponen gelombang memiliki tingkat energi tertentu yang dikontribusikan kemudian secara keseluruhan diakumulasikan dalam bentuk spektrum energi (Djatkiko, 2012).

Respon struktur pada gelombang acak dapat dilakukan dengan cara mentransformasikan spektrum gelombang menjadi spektrum respon dimana spektrum respon dapat didefinisikan sebagai respon kerapatan energi pada struktur akibat gelombang. Hal ini dapat dilakukan dengan mengalihkan harga pangkat kuadrat dari Response Amplitude Operator (RAO) dengan spektrum gelombang pada daerah struktur bangunan apung tersebut akan beroperasi. Persamaan dari respon struktur secara matematis dapat dituliskan :

$$S_R(\omega) = [RAO]^2 \cdot S(\omega) \quad (3.1)$$

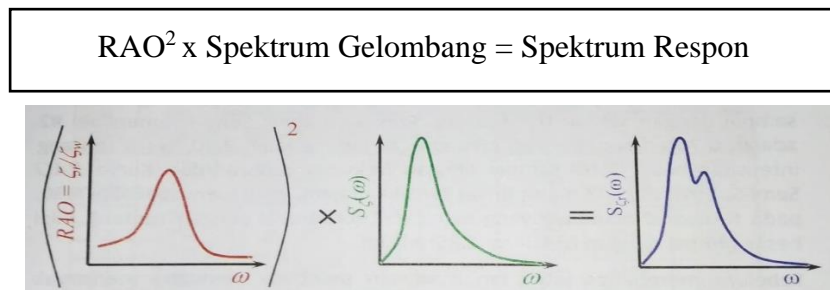
dengan,

$S_R(\omega)$  = Spektrum respon  $\{m^2 / (rad/s)\}$

$S(\omega)$  = Spektrum gelombang  $\{m^2 / (rad/s)\}$

RAO = transfer function (m/m)

$\omega$  = frekuensi gelombang (rad/s)



**Gambar 2.6** Superposisi anatar RAO dengan Spektra Gelombang menjadi Spektra Respon

(Sumber : Djatkiko, 2012)

### 2.3.5.2 Spektrum Gelombang

Pemilihan spektrum energi gelombang yang akan digunakan dalam proses analisa harus disesuaikan dengan lokasi dimana struktur tersebut akan beroperasi. Apabila suatu wilayah tersebut tidak memiliki catatan spektrum energi gelombang, maka dapat menggunakan model spektrum yang dikeluarkan oleh berbagai institusi dengan mempertimbangkan kesamaan fisik lingkungan. Dalam analisis spektrum energi gelombang dapat menggunakan beberapa teori yang telah ada sebelumnya antara lain spektrum JONSWAP, ISSC, ITTC, Pierson-Moskowitz, Bretsneider dan lain – lain. Model matematik spektrum didasarkan pada lebih dari satu parameter yaitu tinggi gelombang signifikan, periode gelombang, faktor permukaan dan lain – lain.

Model spektra yang banyak digunakan adalah model spektra yang diajukan oleh Pierson-Morkowitz (1964). Aplikasi dari suatu parameter spektrum gelombang Pierson-Morkowitz dibatasi oleh kondisi laut fully developed dan juga dibatasi oleh fetch. Setelah itu, mulai banyak teori spektra untuk berbagai macam tipe perairan dengan batasan fetch tertentu seperti spektra Joint North Sea Wave Project atau biasa dikenal sebagai spektra JONSWAP.

Pada tugas akhir ini, penulis akan menggunakan spektra JONSWAP. Pemilihan spektra JONSWAP karena karakteristik perairan di North Sea yang relatif sama dengan perairan dimana penulis akan melakukan analisa yaitu di perairan Tapi karena sama – sama merupakan perairan tertutup dengan terlebih dahulu melakukan modifikasi pada nilai  $\gamma$ .

Kriteria yang ada di DNV RP-C205 (2010), bahwa spektrum JONSWAP dapat diaplikasikan untuk perairan dengan :

$$2.3 < T_{api} / (H_s)^{1/2} < 5$$

Berikut adalah persamaan spektrum JONSWAP (DNV RP-C205) :

$$S_j(\omega) = A\gamma S_{PM}(\omega) \gamma^{\exp(-0.5 \{ \frac{\omega - \omega_p}{\sigma \omega_p} \}^2)} \quad (3.2)$$

dengan,

$$A\gamma = \text{normalizing factor} = 1 - 0.287 \ln(\gamma)$$

$\gamma$  = peakedness parameter

(Djarmiko, 2012) untuk perairan Tapi,  $\gamma = 2 - 2.5$

$\sigma$  = spectral width parameter  
 = 0.07 jika  $\omega \leq \omega_p$   
 = 0.09 jika  $\omega > \omega_p$   
 $\omega_p$  = angular spectral peak frequency (rad/s)  
 =  $2\pi/T_{api}$   
 $\omega$  = wave frequency (rad/s)

$S_{PM}(\omega)$  = Spektrum Pierson-Moskowitz, dengan persamaan :

$$S_{PM}(\omega) = \frac{5}{16} \cdot H_s^2 \cdot \omega_p^2 \cdot \omega^{-5} \cdot \exp \left[ -\frac{5}{4} \left( \frac{\omega}{\omega_p} \right)^4 \right] \quad (3.3)$$

dengan,

$H_s$  = tinggi gelombang signifikan (m)

$T_{api}$  = periode puncak (s)

### 2.3.5.3 Gerak Relatif untuk Dua Struktur Terapung

Gerakan relatif merupakan salah satu pertimbangan utama dalam desain yang menggunakan sistem lengan dan memiliki hubungan dengan operabilitas pada sistem offloading dalam kondisi lingkungan tertentu. Gerakan relatif antara dua benda mengambang terjadi di sekitar daerah frekuensi rendah dan ditambah frekuensi resonansi daerah tersebut. Pengaruh interaksi hidrodinamika antara dua benda mengambang berasal dari hamburan dan refleksi gelombang serta resonansi *standing wave* karena adanya dua struktur yang berdekatan. Resonansi puncak ini dapat terjadi karena *standing wave* diantara FLNG dan LNG Carrier. Maka dari itu, terdapat gerakan sway dan roll dalam kondisi side by side.

### 2.3.5.4 Tali Tambat antar Kapal

Sistem tambat digunakan untuk mengurangi dampak akibat beban lingkungan ketika proses pemindahan muatan (offloading) dilakukan. Ketika FLNG dan LNG Carrier berada pada posisi side by side, kemungkinan FLNG dan LNG Carrier akan mengalami tabrakan sangat besar akibat beban lingkungan yang terjadi di daerah lepas pantai. Akibat adanya beban lingkungan, maka akan diketahui besar pergerakan struktur dan tegangan tali tambat kapal pada konfigurasi side by side yang dapat mempengaruhi

offloading. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis tegangan tali tambat kapal. *Safety factor* tegangan tali tambat berbeda – beda, tergantung dari jenis material tali tambat yang dipakai, seperti yang tersajikan pada tabel 2.1. Biasanya untuk tali tambat kapal konfigurasi *side by side* menggunakan *fibre mooring line*. Berdasarkan OCIMF “Mooring Equipment Guidelines” fibre mooring lines terbuat dari *synthetics*, material yang umum digunakan adalah polyester, nylon, polypropylene, dan polyethylene.

Untuk Dry nylon sedikit lebih kuat dari polyester. Sedangkan wet nylon memiliki kekuatan yang sama dengan wet polyester, karena ketika basah kekuatan nylon fibre dapat berkurang. Nylon memiliki elastisitas yang paling bagus dibandingkan dengan material lain, oleh karena itu nylon cocok digunakan sebagai tails dengan wire hawser, seperti operasi *ship to ship* dan saat bersandar.

Gaya yang terjadi, bergantung pada kekuatan (*stiffness*) yang dinotasikan sebagai  $k$  dan panjang regangan yang dinotasikan sebagai  $\Delta$ . Regangan terjadi akibat beban, dalam hal ini adalah akibat gerakan bangunan apung. Persamaan yang dipakai mengacu pada Hukum Hooke, yaitu :

$$F = k \cdot \Delta x \quad (3.4)$$

OCIMF telah menetapkan safety factor setiap tali tambat dilakukan. Dikarenakan setiap tali tambat memiliki kekuatan yang berbeda – beda. Untuk itu diperlukan pemilihan tali tambat yang tepat yang sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan agar dapat dipilih jenis tali tambat yang benar – benar efektif dari sisi performance dan juga ekonomi. Jenis – jenis tali tambat dan juga batasannya telah di tetapkan seperti pada tabel 2.2 sebagai berikut :

**Tabel 2.2** Safety factor tegangan tali tambat kapal

<b>FITTING</b>	<b>SWL</b>	<b>SF ON DRY MBL</b>	<b>NOTES</b>
Mooring lines	Highest load calculated for adoped standard environmental criteria	Steel : 1.82 Nylon : 2.2 Other synth : 2.0	The safety factors for ropes quoted should only be applied to primary mooring lines with the swl defined. For general application,
Tails for Mooring Lines	As above	Polyester : 2.3 Nylon : 2.5	

			safety factors of ropes must be higher.
Chafing chain for emergency towing	Up to 50.000 DWT : 10.000 kN. Over 50.000 DWT : 2.000 kN. When bent 900 through chock.	2.0 on ultimate strength	Up to 50.000 DWT : 54mm B.L = 2265 kN Over 50.000 DWT : 76mm B.L = 4295 kN Length outboard : 3.0m Required forward; aft requirement depends on design.
<b>FITTING</b>	<b>SWL</b>	<b>SF ON DRY MBL</b>	<b>NOTES</b>
Towing Pennat	Up to 50.000 DWT : 10.000 kN. Over 50.000 DWT : 2.000 kN.	2.0 on ultimate strength	Up to 50.000 DWT : 58mm Over 50.000 DWT : 76mm Length outboard = 2 x freeboard at chock + 50m
Pick-up Gear	225 kN	2.0 on ultimate strength	Size 7 polypropylene line 56mm Length = 120m

(sumber : OCIMF Mooring Equipment Guidelines – 1997)

### 2.3.5.5 *Tension* pada Tali Tambat

Gerakan pada Vessel karena pengaruh beban lingkungan menyebabkan adanya tarikan pada mooring line. Tarikan (*tension*) yang terjadi pada mooring line dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

#### a. Mean *Tension*

*Tension* pada mooring line yang berkaitan dengan mean offset pada vessel.

#### b. Maximum *Tension*

Mean *tension* yang mendapat pengaruh dari kombinasi frekuensi gelombang dan low-frequency *tension*. Menurut Faltinsen (1990), perhitungan *tension* maksimum tali tambat dapat menggunakan persamaan di bawah ini:

$$T = TH + wh \quad (2.23)$$

dengan :

T = *tension* maksimum tali tambat (ton)

TH= *tension* horizontal (ton)

w = berat chain di air (ton/m)

h = kedalaman perairan (m)

Untuk mengetahui apakah desain sistem tambat pada suatu struktur telah memenuhi batas aman atau tidak, maka harus dilakukan pengecekan terlebih dahulu. Pengecekan tersebut salah satunya didasarkan pada nilai *tension* yang dihasilkan oleh masing-masing tali tambat. Nilai *tension* pada tali tambat harus sesuai dengan kriteria/batasan yang memenuhi safety factor. Kriteria safety factor tersebut berdasar pada suatu rule. Dan yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah mengacu pada rule API RP 2SK (2015), yakni sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Kriteria *Safety Factor* Tali Tambat

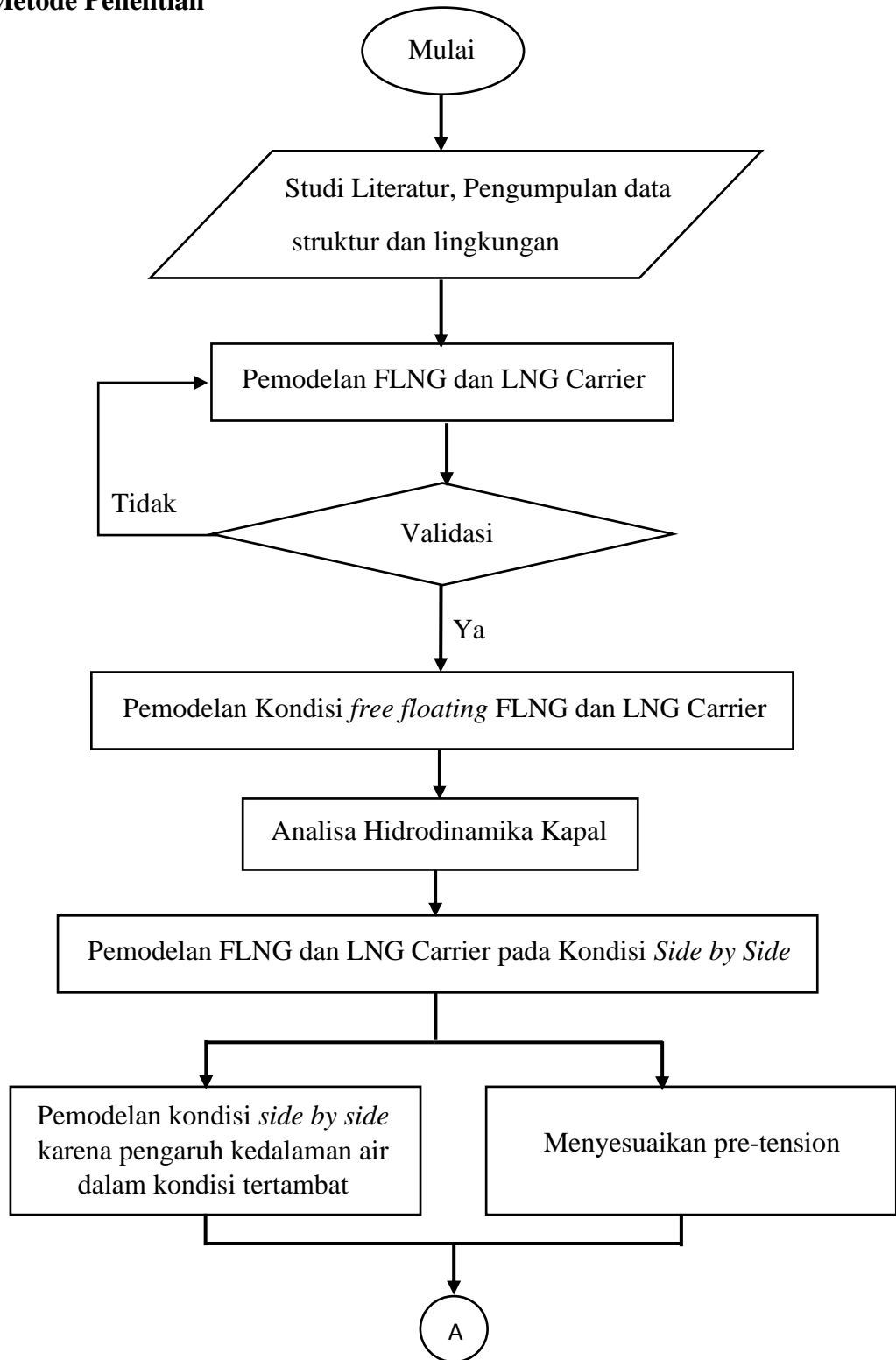
<b>Condition</b>	<b>Safety Factor</b>
Intact (ULS)	>1.67
Damaged (ALS)	>1.25

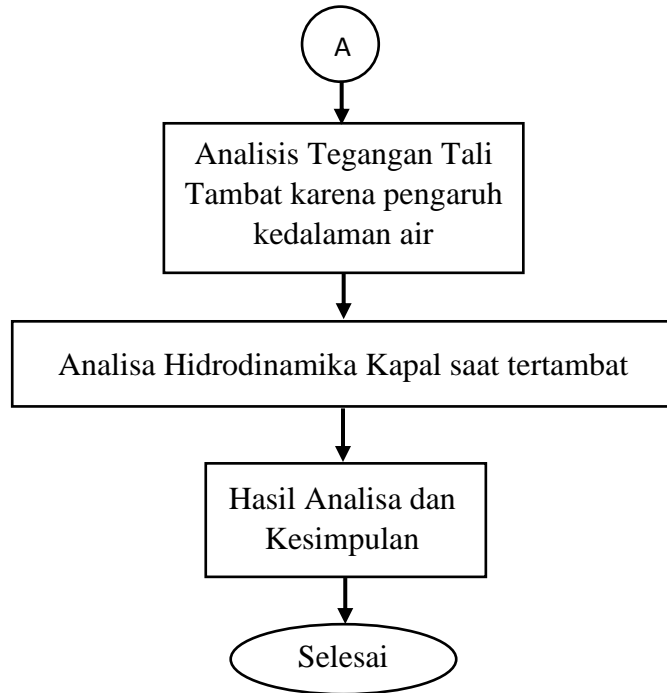
Dengan persamaan *safety factor* :

$$Safety\ Factor = \frac{Minimum\ Breaking\ Load\ (MBL)}{Maximum\ Tension}$$

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Metode Penelitian





**Gambar 3.1** *Flow Chart* Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2 Prosedur Penelitian

Metode yang dipakai dalam analisa dinamis pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode numerik, dimana pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan software Maxsurf dan MOSES dan analisa tegangan tali tambat antar kapal menggunakan software OrcaFlex.

#### 3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengetahui lebih banyak informasi mengenai FLNG, LNG Carrier, dan sistem tambat dolphin. Pengumpulan data lingkungan meliputi gelombang laut, arus, dan angin yang nantinya akan digunakan sebagai input beban lingkungan.

#### 3.2.2 Pemodelan Struktur dan Kondisi Lingkungan

Pemodelan struktur FLNG dan LNG Carrier yang telah diberikan beban lingkungan baik dalam kondisi terapung bebas menggunakan software MOSES.

#### 3.2.3 Analisa Dinamis

Setelah pemodelan FLNG dan LNG Carrier selesai, maka akan dilakukan running perangkat lunak MOSES untuk mendapatkan respon gerakan kapal dan



wave drift. Kemudian dilakukan analisa dinamis untuk 6 derajat kebebasan kapal. Dengan analisis dinamis ini akan didapatkan frekuensi alami dan perilaku dinamis FLNG dan LNG Carrier pada saat *single body* ataupun *side by side*, serta didapatkan tegangan dari tali tambat tiap kedalaman air.

### 3.2.4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisi tentang hasil analisis tegangan tali tambat karena pengaruh kedalaman air dan menjawab semua rumusan masalah beserta saran-saran pada penelitian selanjutnya.

### 3.3 Pengumpulan Data

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini data yang digunakan adalah berupa data struktur, data mooring dan data lingkungan. Data struktur (kapal dan buoy) dan data lingkungan (data arus dan data angin) diperoleh dari PT. Pertamina. Adapun data data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini:

#### 3.3.1 Data Struktur Kapal FLNG

**Tabel 3.1** Data Strktur Kapal FLNG 31000 DWT (*Saga Down Ship*)

Dimensi	Ukuran	Satuan
<i>Length overall</i> (LOA)	195.3	m
<i>Length between perpendicular</i> (LPP)	184.8	m
<i>Breadth</i> (B)	30	m
<i>Depth</i> (H)	20	m
<i>Draft</i> (T)	10.3	m
<i>Displacement</i>	46033	ton

#### 3.3.2 Data Struktur Kapal LNGC

**Tabel 3.2** Data Strktur Kapal LNGC 10600 DWT (*Surya Aki Ship*)

Dimensi	Ukuran	Satuan
<i>Length overall</i> (LOA)	151	m
<i>Length between perpendicular</i> (LPP)	140	m

<i>Breadth (B)</i>	28	m
<i>Depth (H)</i>	16	m
<i>Draft (T)</i>	7.3	m
<i>Displacement</i>	18451	ton

### 3.4 Data Fender

<b>Jenis Fender</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
<b>Fender Yokohama</b>		
<i>Ea</i>	9.49	kN
Modulus Bulk	50	Kpa
Diameter	2.5	m
Panjang	4	m
<b>Fender Type Cell</b>		
<i>Ea</i>	27.5	kN
Modulus Bulk	80	Kpa
Diameter	6	m
Panjang	5	m

### 3.5 Data Lingkungan

Data lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data perairan lepas pantai Teluk Lamong, Jawa Timur dengan kedalaman perairan 23.5 meter dari PT. Pertamina. Adapun data lingkungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### 3.5.1 Data Gelombang

**Tabel 3.3** Data Distribusi Tinggi Gelombang dan Peak Period (Metocean Pertamina, 2008)

Hs (m)	Tp (s)					Total
	0.0 – 2.0	2.0 – 4.0	4.0 – 6.0	8.0 – 10.0	8.0 – 10.0	
0.00 – 0.25	17759	3879	0	0	0	21638
0.25 – 0.50	405	12719	0	0	0	13124
0.50 – 0.75	0	4371	5398	0	0	9769
0.75 – 1.00	0	77	6882	0	0	6959
1.00 – 1.25	0	1	8176	25	0	8202
1.25 – 1.50	0	0	1510	2731	0	4241
1.57 – 2.00	0	0	3	720	0	723
2.00 – 2.25	0	0	0	357	3	360
2.25 – 2.50	0	0	0	158	82	240
2.75 – 3.00	0	0	0	0	20	20
3.00 – 3.25	0	0	0	0	7	7
3.25 – 3.50	0	0	0	0	3	3
<b>Total</b>	18164	21047	21989	5707	152	67059

**Tabel 3.4** Wave Return Period (Pertamina, 2008)

Wave Parameter	Unit	Return Period (Years)					
		1	5	10	25	50	100
Hs	m	1.26	1.80	2.24	3.17	4.08	4.47
Tz	s	7.53	8.33	8.81	9.38	9.79	10.28

### 3.5.2 Data Angin

**Tabel 3.5** Wind Return Period

<b>Return Period (years)</b>	<b>Hourly Wind Speed (m/s)</b>	<b>10- minute Wind Speed (m/s)</b>	<b>1-minute Wind Speed (m/s)</b>	<b>3-second Wind Speed (m/s)</b>
1	11.201	13.469	14.994	16.900
2	14.703	15.585	17.349	19.555
10	16.133	17.101	19.037	21.457
25	19.452	20.771	23.122	26.062
50	22.167	23.496	26.158	29.483
100	24.714	26.197	29.162	32.869

Data dalam kondisi operasi adalah sebagai berikut:

Wind Velocity (1-hour) : 11.2 m/sec

Significant Wave Height : 2.24 m

Significant Wave Period : 8.811 sec

Current : 0.75 m/sec

Data dalam kondisi badai (100 tahunan) adalah sebagai berikut:

Wind Velocity (1-hour) : 19.452 m/sec

Significant Wave Height : 4.47 m

Significant Wave Period : 10.28 sec

Current : 0.95 m/sec

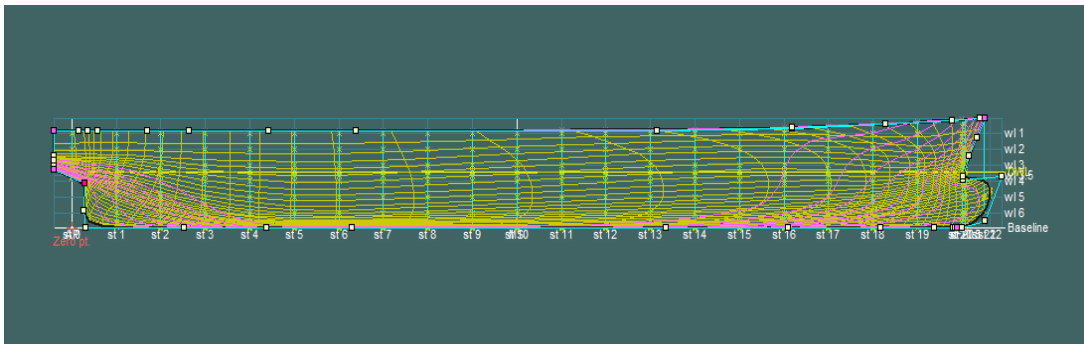
## BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pemodelan Kapal FLNG dan LNGC

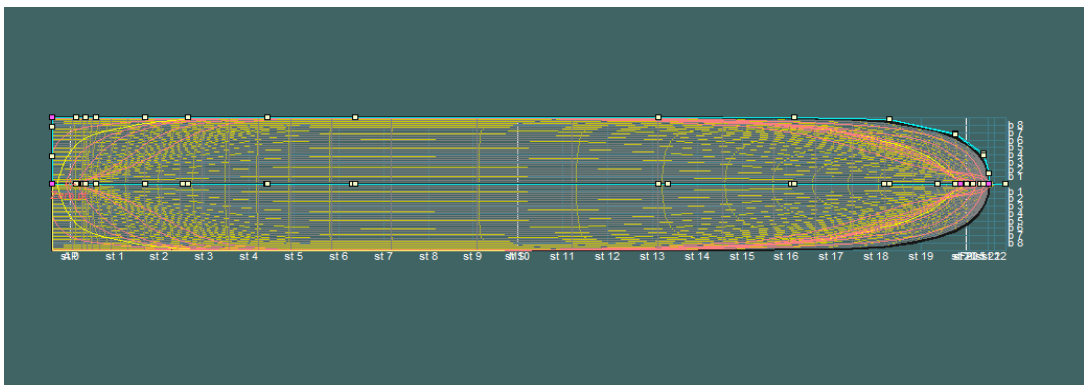
Pemodelan serta analisis Kapal FLNG dan LNGC yang pertama dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software Maxsurf* untuk mendapatkan data hidrostatis. Langkah awal adalah dengan memodelkan struktur sesuai dengan ukuran yang mengacu pada *General Arrangement (GA)* dan beberapa rumus pendekatan untuk data yang tidak diketahui. Pemodelan pada *Maxsurf* juga digunakan untuk mencari titik koordinat yang nantinya akan digunakan untuk pemodelan pada *software MOSES*.

#### 4.1.1 Pemodelan pada *Maxsurf*

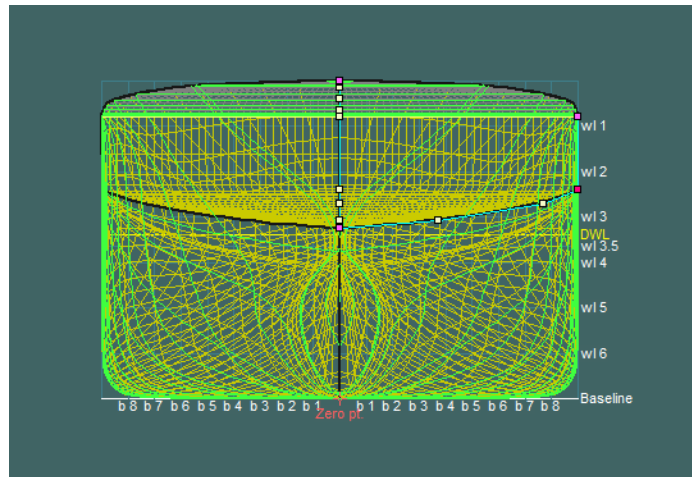
##### A) Model Kapal FLNG Saga Down



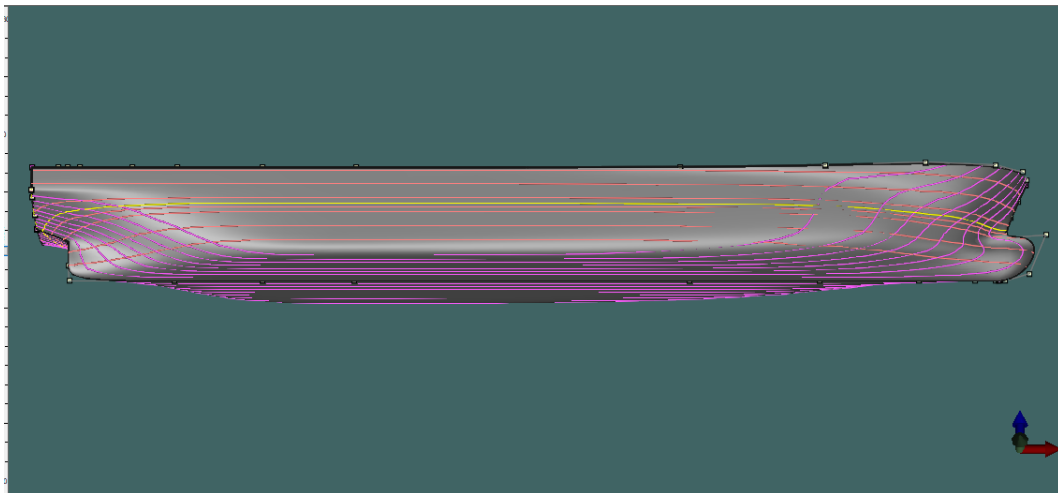
(a)



(b)



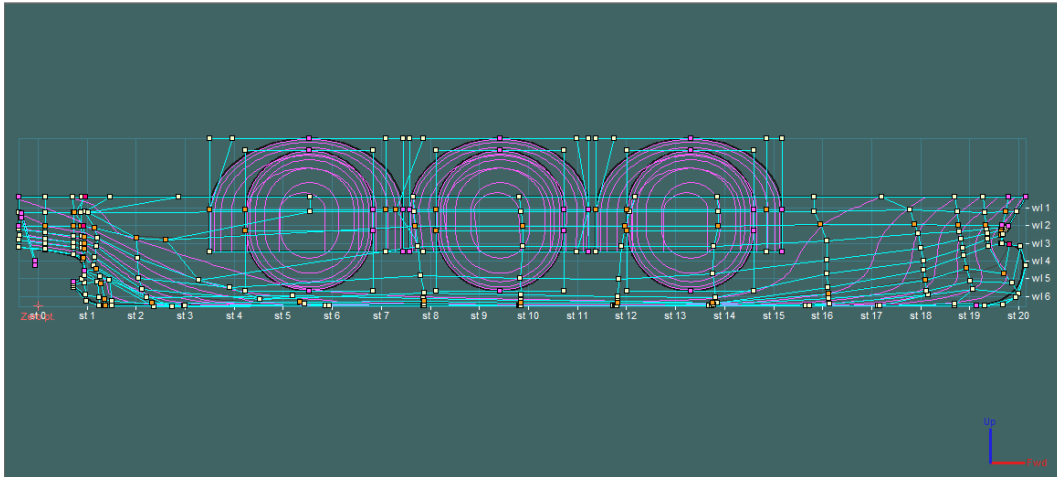
(c)



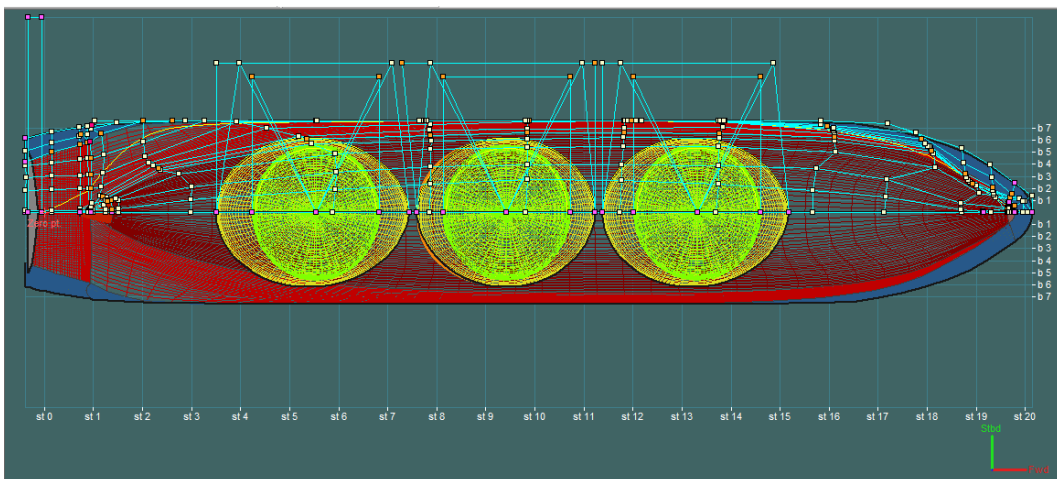
(d)

**Gambar 4.1** Pemodelan FLNG menggunakan software Maxsurf. (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) body plan, (d) Perspective.

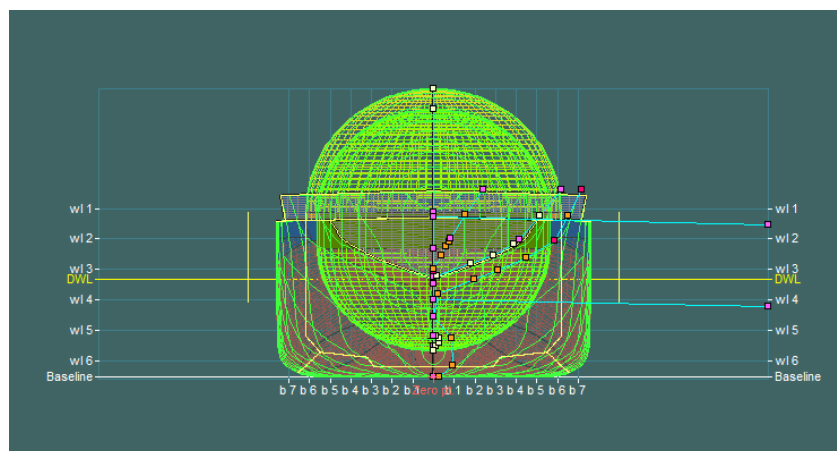
## B) Model Kapal LNGC Surya Aki



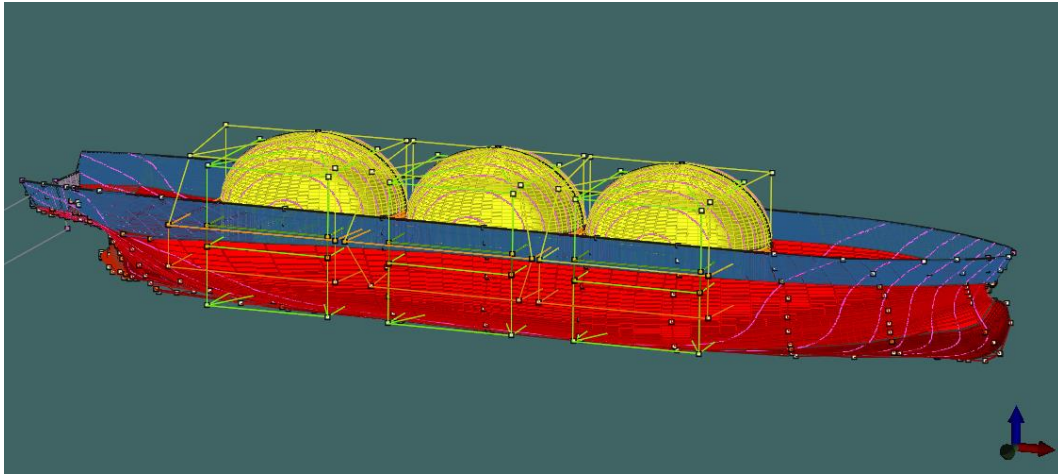
(a)



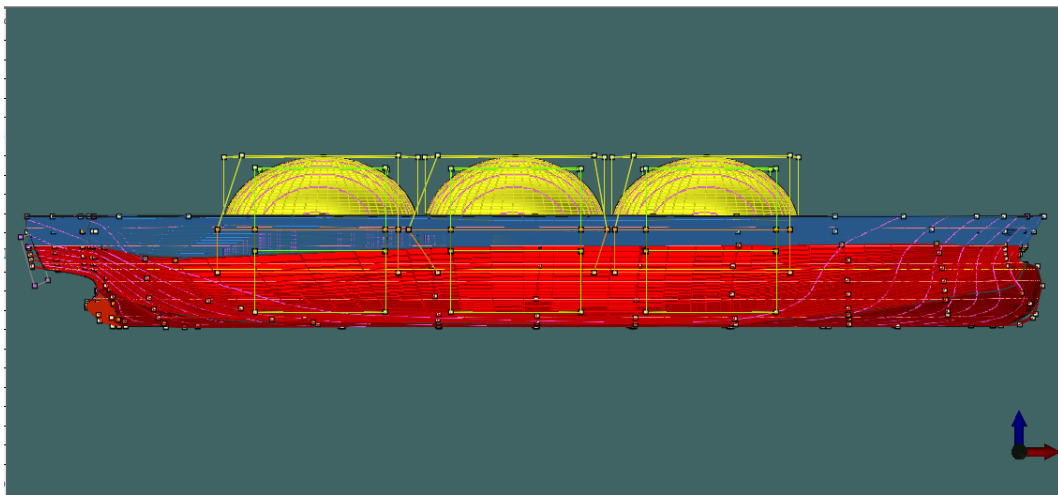
(b)



(c)



(d)



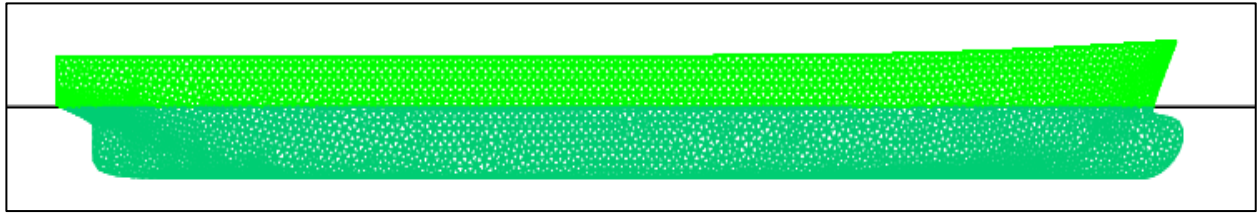
(e)

**Gambar 4.2** Pemodelan FLNG menggunakan software Maxsurf. (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) body plan, (d) Perspective isometris, (e) Profile Perspective.

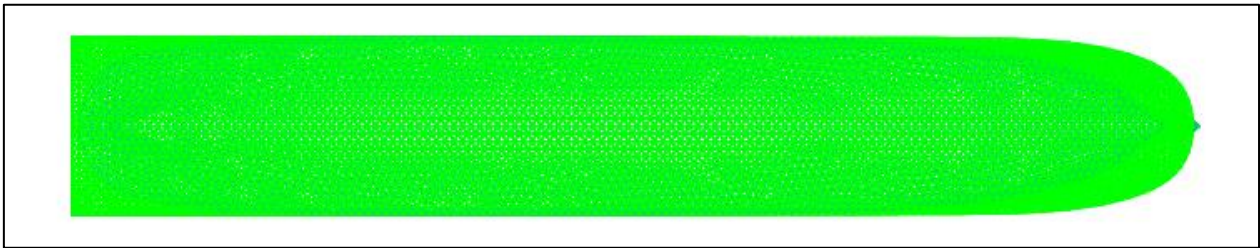


#### 4.1.2 Pemodelan pada *MOSES*

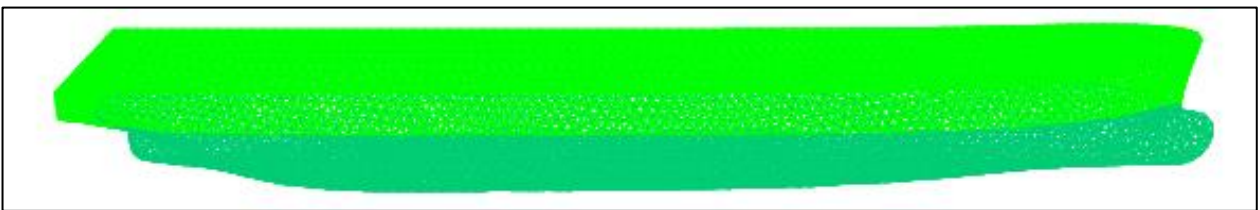
##### A) Model Kapal FLNG Saga Down



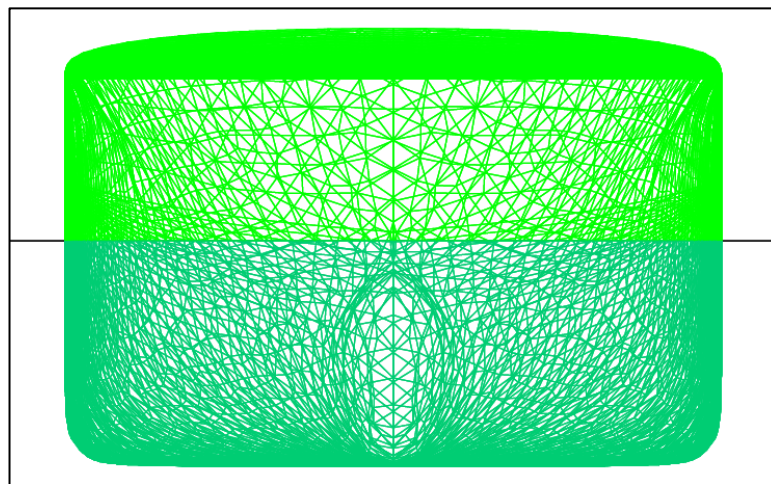
(a)



(b)



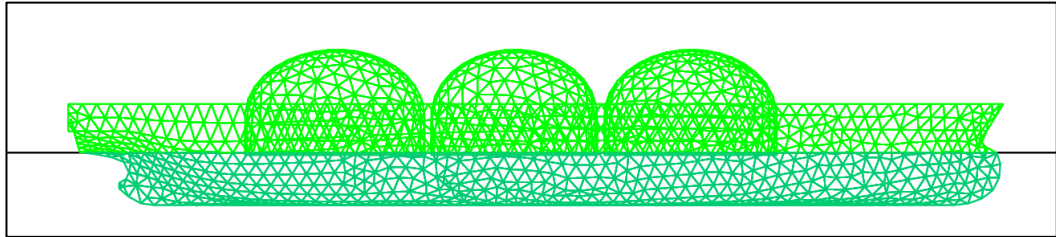
(c)



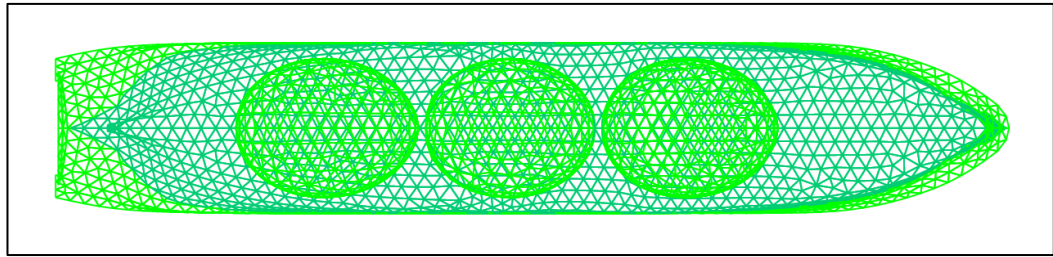
(d)

**Gambar 4.3** Pemodelan FLNG menggunakan software *MOSES*. (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) tampak isometris, (d) tampak depan.

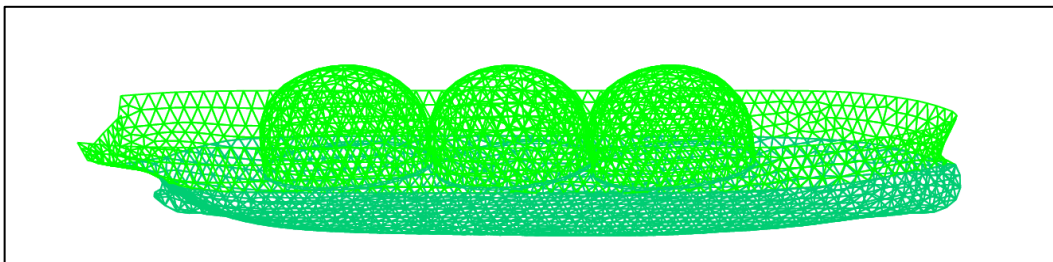
**B) Model Kapal LNGC Surya Aki**



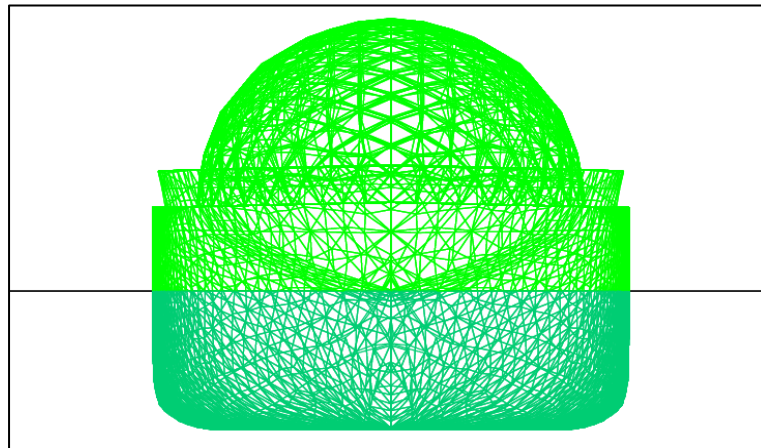
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 4.4** Pemodelan LNGC menggunakan software MOSES. (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) tampak isometris, (d) tampak depan.

### 4.1.3 Validasi Model

Sebelum lanjutkan ke dalam tahap analisis, pemodelan yang dilakukan baik pada Maxsurf dan MOSES harus divalidasi terlebih dahulu untuk mengetahui apakah kapal tersebut sesuai dengan kondisi yang sebenarnya sehingga layak untuk digunakan dalam analisis- analisis berikutnya. Kriteria validasi yang digunakan mengacu pada ABS dimana untuk validasi displacement bernilai maksimum 1% dan untuk ketentuan lainnya bernilai maksimum 2%. Berikut ini merupakan hasil validasi pemodelan.

#### (A) Validasi Model Kapal FLNG Saga Down

**Tabel 4.1** Hasil validasi model Kapal FLNG Saga Down

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Nilai Maxsurf</b>	<b>Nilai MOSES</b>	<b>Koreksi (%)</b>
Displacement	ton	46084.000	46394.000	0.668
Draft	m	10.300	10.300	0.000
GMt	m	12.698	12.884	1.444
GMI	m	272.221	270.920	0.478
BMt	m	7.255	7.399	1.946
BMI	m	266.778	265.436	0.503
KMt	m	12.698	12.883	1.436
KMI	m	272.221	271.331	0.327
Cb	-	0.774	0.789	1.901

#### (B) Validasi Model Kapal LNGC Surya Aki

**Tabel 4.2** Hasil validasi model Kapal LNGC Surya Aki

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Nilai Maxsurf</b>	<b>Nilai MOSES</b>	<b>Koreksi (%)</b>
Displacement	ton	18439.000	18428.000	0.060
Draft	m	7.300	7.300	0.000
GMt	m	10.098	10.096	0.020

GMI	m	186.770	186.591	0.096
BMt	m	6.241	6.239	0.032
BMI	m	182.912	182.733	0.098
KMt	m	10.098	10.096	0.020
KMI	m	186.770	186.591	0.096
Cb	-	0.743	0.740	0.404

Berdasarkan hasil validasi di atas dapat diambil kesimpulan bahwa model MOSES layak digunakan dalam analisis- analisis selanjutnya.

## 4.2 ANALISIS KARAKTERISTIK GERAK STRUKTUR (RAO)

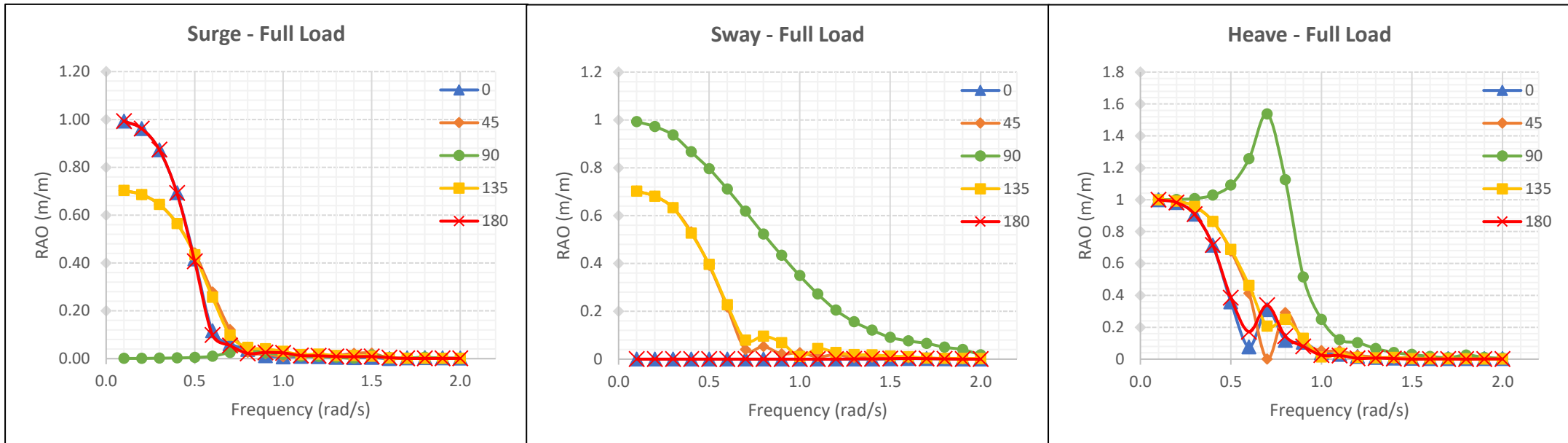
### 4.2.1 Analisis Karakteristik Respon Gerak Mengapung Bebas

Karakteristik gerak kapal dalam kondisi mengapung bebas (*free floating*) tanpa sistem penambatan akan menghasilkan 6 derajat kebebasan atau yang biasa disebut 6 *Degree of Freedom* (DOF) yaitu masing-masing gerak transional (surge, sway, dan heave) dan gerak rotasional (roll, pitch, dan yaw). Menurut Yuni, (2019) RAO memiliki sifat reguler, hal ini dikarenakan gaya – gaya yang dihitung sudah dilinearize-kan.

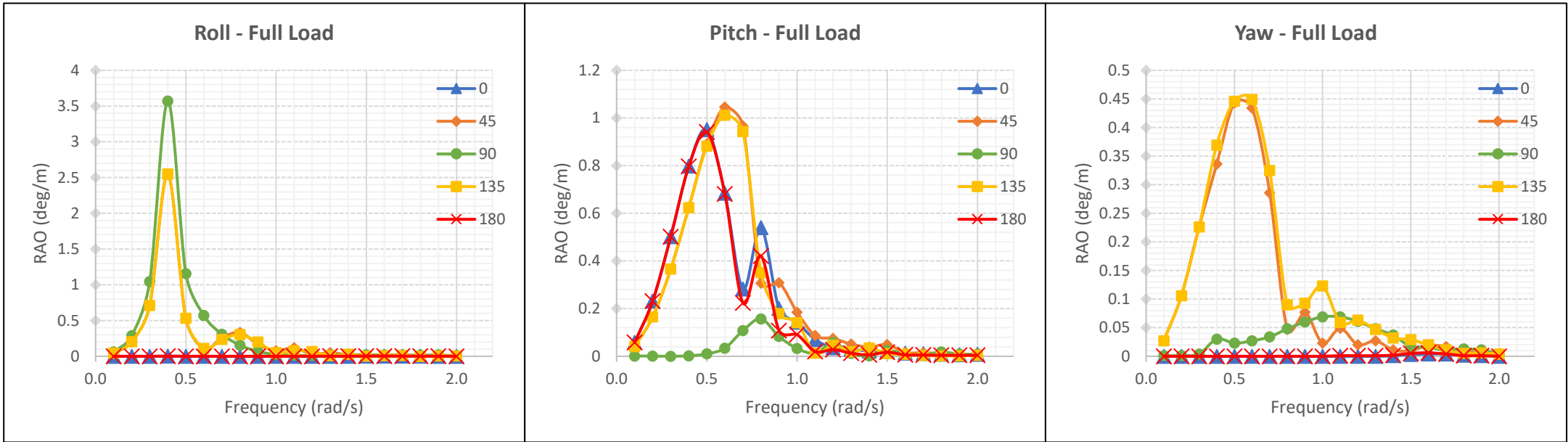
Dalam analisis ini, data yang dimasukkan yaitu sarat air kapal (T), arah pembebanan, jari – jari girasi kapal (Kxx, Kyy, Kzz), dan *Center of Gravity* (Xo, Yo, Zo) kapal sebagai titik acuan RAO *motion*.

Penjelasan di bawah ini akan menerangkan karakteristik dari gerak kapal FLNG Saga Down dan LNGC Surya Aki yang dianalisis dengan beban gelombang buritan (heading 0°), gelombang perempat buritan (heading 45°), gelombang sisi (heading 90°), gelombang perempat haluan (heading 135°) dan gelombang haluan (heading 180°).

### 4.2.2 Karakteristik Respon Gerak (RAO) Kapal FLNG Saga Down Kondisi Full Load



**Gambar 4.5** RAO Gerakan Tranlasi Surge, Sway, Heave Kapal FLNG Saga Down Kondisi Full Load arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180°



**Gambar 4.6** RAO Gerakan Rotasi Roll, Pitch, Yaw Kapal FLNG Saga Down Kondisi Full Load arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180°

**Tabel 4.3** RAO Maksimum Free Floating FLNG Saga Down Kondisi Fullload

Moda Gerak	Unit	RAO FLNG Maksimum Kondisi Fullload				
		0°	45°	90°	135°	180°
Surge	m/m	0.993	0.703	0.038	0.703	0.993
Sway	m/m	0.002	0.702	0.992	0.702	0.003
Heave	m/m	0.999	0.999	1.537	0.999	0.999
Roll	deg/m	0.002	2.547	3.570	2.549	0.003
Pitch	deg/m	0.951	1.046	0.157	1.012	0.941
Yaw	deg/m	0.004	0.443	0.069	0.449	0.006

Respon Amplitude Operator (RAO) Surge yang terbesar terjadi pada sudut 0° dan 180° yaitu sebesar 0.993 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 0° dan 180° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan surge, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Sway yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 0.992 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan sway, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Heave yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 1.537 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan heave yang menghantam sisi area terbesar dari kapal, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Roll yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 3.570 rad/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang tegak lurus dengan gerakan roll yang menghantam sisi area terbesar dari kapal, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

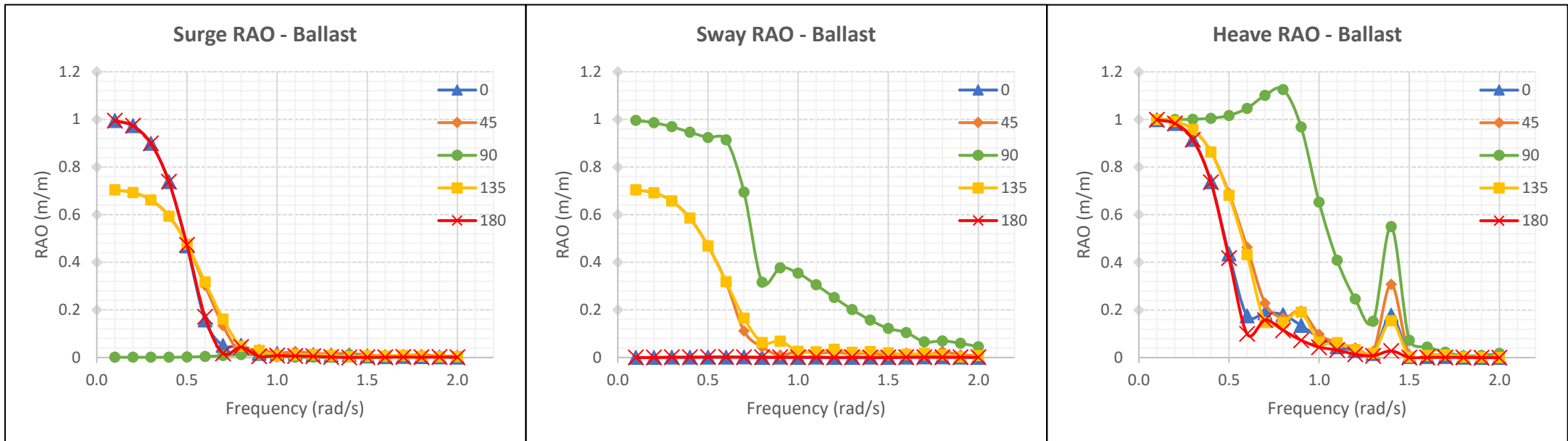
Respon Amplitude Operator (RAO) Pitch yang terbesar terjadi pada sudut 45° yaitu sebesar 1.046 rad/m. Mengapa pitch yang terbesar terjadi pada sudut 45° bukan sudut 0° padahal sudut 0° merupakan yang paling tegak lurus dengan pitch?. Hal ini dikarenakan sudut 45° merupakan sudut yang memiliki daerah hantam yang

lebih luas ke badan kapal dibandingkan sudut  $0^\circ$  serta momen pada sudut  $45^\circ$  lebih besar diukur dari titik pusat gravitasi (*Center of Gravity*) kapal dari pada sudut  $0^\circ$  sehingga respon gerakan pitch akan cenderung lebih besar pada sudut  $45^\circ$ .

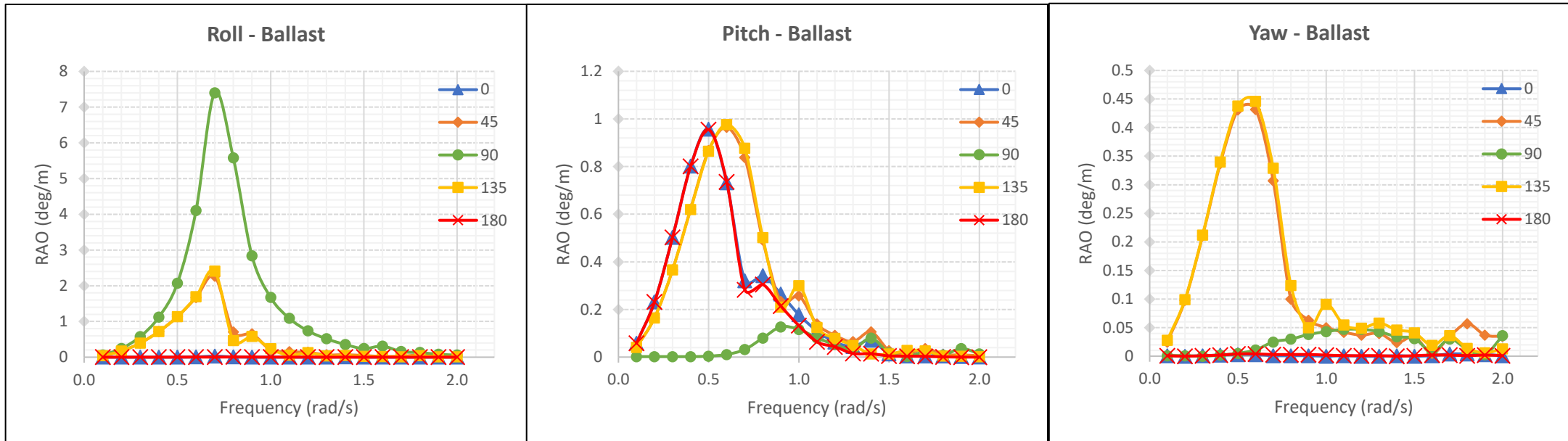
Respon Amplitude Operator (RAO) Yaw yang terbesar terjadi pada sudut  $135^\circ$  yaitu sebesar 0.449 rad/m. Mengapa yaw yang terbesar terjadi pada sudut  $135^\circ$  bukan sudut  $90^\circ$  padahal sudut  $90^\circ$  merupakan yang paling tegak lurus dengan yaw?. Hal ini dikarenakan sudut  $135^\circ$  merupakan sudut yang memiliki momen lebih besar diukur dari titik pusat gravitasi (*Center of Gravity*) kapal dari pada sudut  $90^\circ$  serta sudut  $135^\circ$  memiliki daerah hantam yang cukup luas ke badan kapal, sehingga respon gerakan yaw akan cenderung lebih besar pada sudut  $135^\circ$



### 4.2.3 Karakteristik Respon Gerak (RAO) Kapal FLNG Saga Down Kondisi *Ballast*



**Gambar 4.7** RAO Gerakan Tranlasi Surge, Sway, Heave Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180°



**Gambar 4.8** RAO Gerakan Rotasi Roll, Pitch, Yaw Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180°

**Tabel 4.4** RAO Maksimum Free Floating FLNG Saga Down Kondisi *Ballast*

Moda Gerak	Unit	RAO FLNG Maksimum Kondisi Ballast				
		0°	45°	90°	135°	180°
Surge	m/m	0.995	0.704	0.012	0.704	0.995
Sway	m/m	0.002	0.704	0.996	0.704	0.002
Heave	m/m	0.999	1.000	1.126	1.000	0.999
Roll	deg/m	0.029	2.262	7.400	2.409	0.005
Pitch	deg/m	0.957	0.965	0.127	0.977	0.955
Yaw	deg/m	0.004	0.432	0.047	0.446	0.004

Respon Amplitude Operator (RAO) Surge yang terbesar terjadi pada sudut 0° dan 180° yaitu sebesar 0.995 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 0° dan 180° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan surge, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Sway yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 0.996 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan sway, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Heave yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 1.126 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan heave yang menghantam sisi area terbesar dari kapal, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

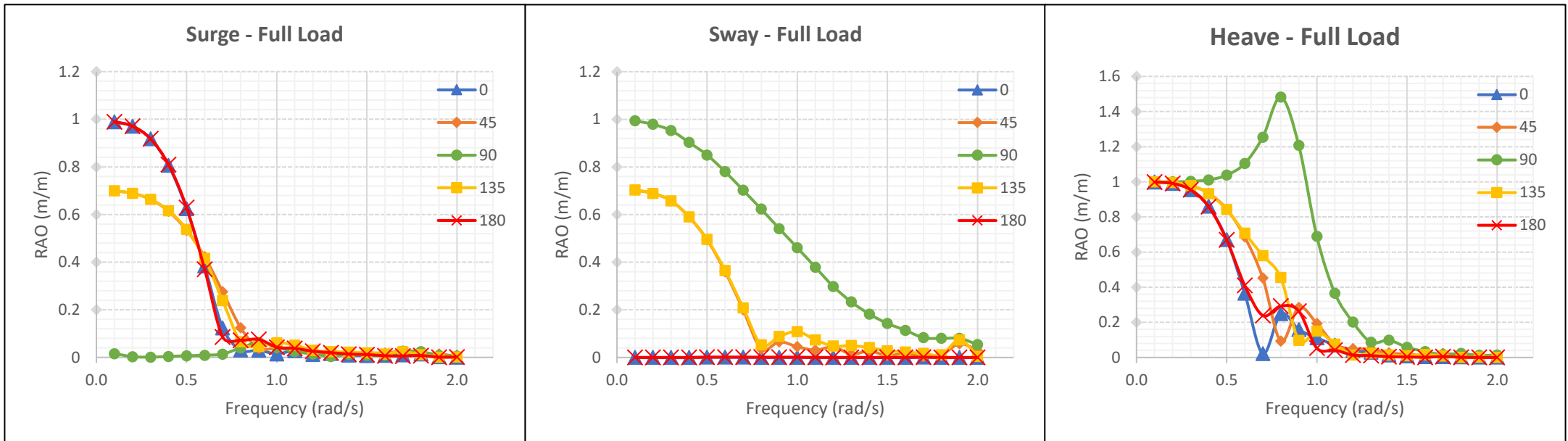
Respon Amplitude Operator (RAO) Roll yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 7.400 rad/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang tegak lurus dengan gerakan roll yang menghantam sisi area terbesar dari kapal, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut. *Gerakan roll akan lebih besar pada kondisi ballast dibandingkan pada kondisi full load. Hal ini dikarenakan pada kondisi ballast, pergerakan kapal akan semakin tidak stabil karena GMT akan memiliki nilai semakin kecil.*

Respon Amplitude Operator (RAO) Pitch yang terbesar terjadi pada sudut 135° yaitu sebesar 0.977 rad/m. Mengapa pitch yang terbesar terjadi pada sudut 135° bukan sudut 0° padahal sudut 0° merupakan yang paling tegak lurus dengan

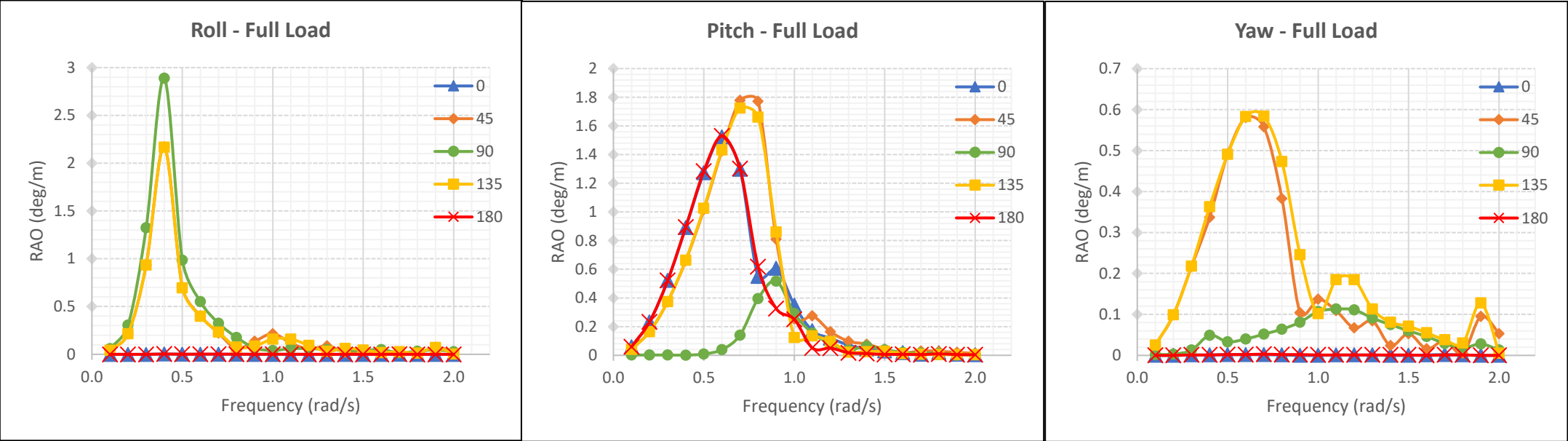
pitch?. Hal ini dikarenakan sudut  $135^\circ$  merupakan sudut yang memiliki daerah hantam yang lebih luas ke badan kapal dibandingkan sudut  $0^\circ$  serta momen pada sudut  $135^\circ$  lebih besar diukur dari titik pusat gravitasi (*Center of Gravity*) kapal dari pada sudut  $0^\circ$  sehingga respon gerakan pitch akan cenderung lebih besar pada sudut  $135^\circ$ .

Respon Amplitude Operator (RAO) Yaw yang terbesar terjadi pada sudut  $135^\circ$  yaitu sebesar  $0.446 \text{ rad/m}$ . Mengapa yaw yang terbesar terjadi pada sudut  $135^\circ$  bukan sudut  $90^\circ$  padahal sudut  $90^\circ$  merupakan yang paling tegak lurus dengan yaw?. Hal ini dikarenakan sudut  $135^\circ$  merupakan sudut yang memiliki momen lebih besar diukur dari titik pusat gravitasi (*Center of Gravity*) kapal dari pada sudut  $90^\circ$  serta sudut  $135^\circ$  memiliki daerah hantam yang cukup luas ke badan kapal, sehingga respon gerakan yaw akan cenderung lebih besar pada sudut  $135^\circ$

#### 4.2.4 Karakteristik Respon Gerak Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Full Load



**Gambar 4.9** RAO Gerakan Tranlasi Surge, Sway, Heave Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Full Load arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180°



**Gambar 4.10** RAO Gerakan Rotasi Roll, Pitch, Yaw Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Full Load arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180°

**Tabel 4.5** RAO Maksimum Free Floating LNGC Surya Aki Kondisi *Fullload*

Moda Gerak	Unit	RAO LNGC Maksimum Kondisi Full Load				
		0°	45°	90°	135°	180°
Surge	m/m	0.990	0.700	0.062	0.700	0.990
Sway	m/m	0.001	0.703	0.994	0.703	0.001
Heave	m/m	0.999	1.000	1.482	1.000	0.999
Roll	deg/m	0.003	2.171	2.889	2.168	0.003
Pitch	deg/m	1.524	1.779	0.518	1.725	1.530
Yaw	deg/m	0.002	0.581	0.113	0.584	0.003

Respon Amplitude Operator (RAO) Surge yang terbesar terjadi pada sudut 0° dan 180° yaitu sebesar 0.990 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 0° dan 180° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan surge, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Sway yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 0.994 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan sway, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Heave yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 1.482 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan heave yang menghantam sisi area terbesar dari kapal, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Roll yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 2.889 rad/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang tegak lurus dengan gerakan roll yang menghantam sisi area terbesar dari kapal, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

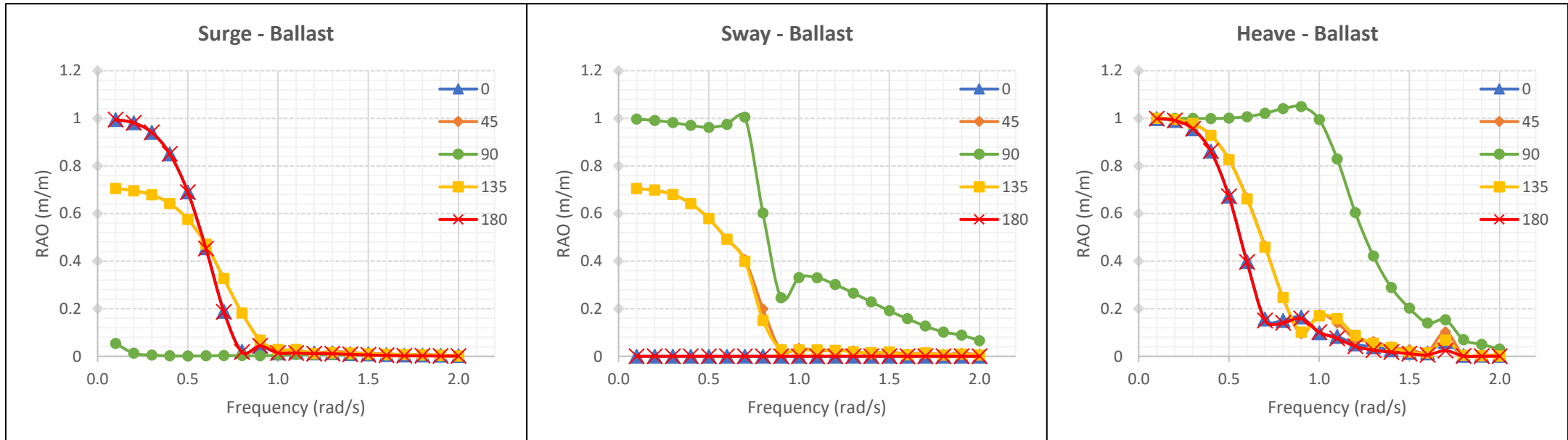
Respon Amplitude Operator (RAO) Pitch yang terbesar terjadi pada sudut 45° yaitu sebesar 1.779 rad/m. Mengapa pitch yang terbesar terjadi pada sudut 45° bukan sudut 0° padahal sudut 0° merupakan yang paling tegak lurus dengan pitch?. Hal ini dikarenakan sudut 45° merupakan sudut yang memiliki daerah hantam yang lebih luas ke badan kapal dibandingkan sudut 0° serta momen pada sudut 45° lebih

besar diukur dari titik pusat gravitasi (*Center of Gravity*) kapal dari pada sudut  $0^\circ$  sehingga respon gerakan pitch akan cenderung lebih besar pada sudut  $45^\circ$ .

Respon Amplitude Operator (RAO) Yaw yang terbesar terjadi pada sudut  $135^\circ$  yaitu sebesar  $0.584 \text{ rad/m}$ . Mengapa yaw yang terbesar terjadi pada sudut  $135^\circ$  bukan sudut  $90^\circ$  padahal sudut  $90^\circ$  merupakan yang paling tegak lurus dengan yaw?. Hal ini dikarenakan sudut  $135^\circ$  merupakan sudut yang memiliki momen lebih besar diukur dari titik pusat gravitasi (*Center of Gravity*) kapal dari pada sudut  $90^\circ$  serta sudut  $135^\circ$  memiliki daerah hantam yang cukup luas ke badan kapal, sehingga respon gerakan yaw akan cenderung lebih besar pada sudut  $135^\circ$ .

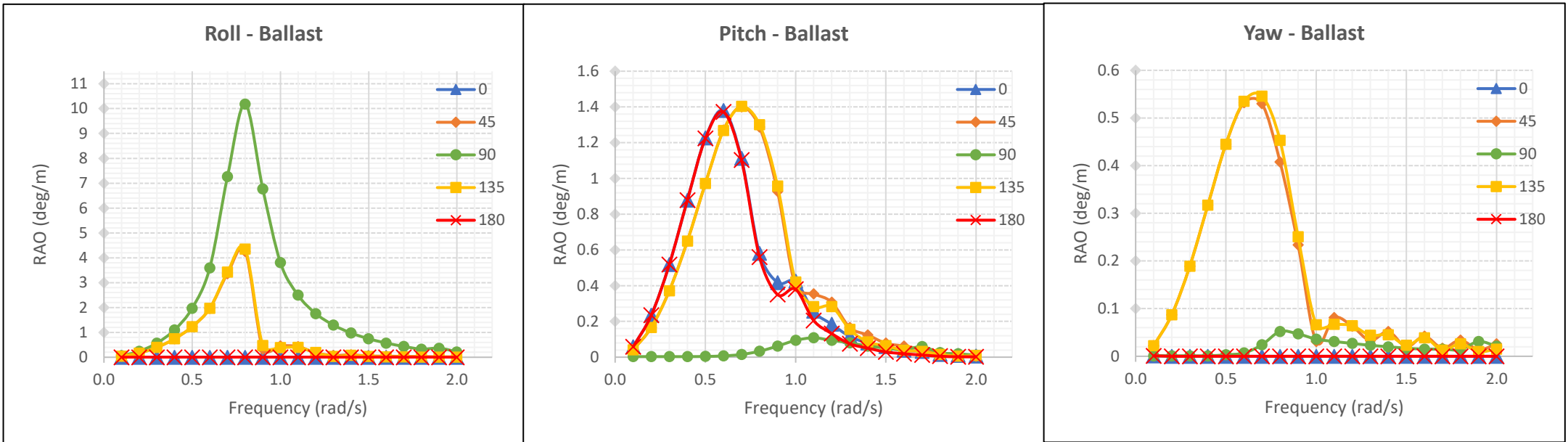


### 4.2.5 Karakteristik Respon Gerak Kapal LNGC Surya Aki Kondisi *Ballast*



**Gambar 4.11** RAO Gerakan Tranlasi Surge, Sway, Heave Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Ballast arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180°

:



**Gambar 4.12** RAO Gerakan Rotasi Roll, Pitch, Yaw Kapal LNGC Surya Aki Kondisi Ballast arah 0°, arah 45°, arah 90°, arah 135°, arah 180°

**Tabel 4.6** RAO Maksimum Free Floating LNGC Surya Aki Kondisi *Ballast*

Moda Gerak	Unit	RAO LNGC Maksimum Kondisi Ballast				
		0°	45°	90°	135°	180°
Surge	m/m	0.995	0.705	0.054	0.705	0.995
Sway	m/m	0.000	0.705	1.005	0.705	0.000
Heave	m/m	0.999	1.000	1.049	1.000	0.999
Roll	deg/m	0.001	4.259	10.182	4.352	0.002
Pitch	deg/m	1.380	1.401	0.108	1.403	1.372
Yaw	deg/m	0.001	0.532	0.052	0.546	0.001

Respon Amplitude Operator (RAO) Surge yang terbesar terjadi pada sudut 0° dan 180° yaitu sebesar 0.995 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 0° dan 180° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan surge, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Sway yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 1.005 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan sway, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Heave yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 1.049 m/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang sejajar dengan gerakan heave yang menghantam sisi area terbesar dari kapal, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut.

Respon Amplitude Operator (RAO) Roll yang terbesar terjadi pada sudut 90° yaitu sebesar 10.182 rad/m. Hal ini dikarenakan sudut 90° merupakan sudut yang tegak lurus dengan gerakan roll yang menghantam sisi area terbesar dari kapal, sehingga gerakan akan maksimal pada sudut tersebut. *Gerakan roll akan lebih besar pada kondisi ballast dibandingkan pada kondisi full load. Hal ini dikarenakan pada kondisi ballast, pergerakan kapal akan semakin tidak stabil karena GMT akan memiliki nilai semakin kecil.*

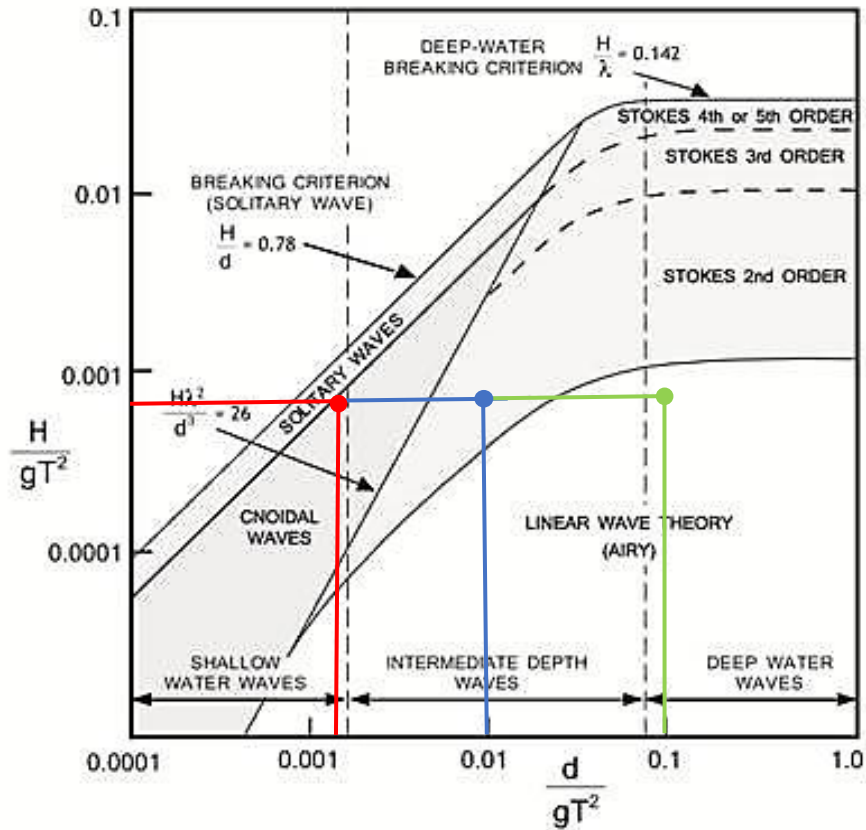
Respon Amplitude Operator (RAO) Pitch yang terbesar terjadi pada sudut 135° yaitu sebesar 1.403 rad/m. Mengapa pitch yang terbesar terjadi pada sudut 135° bukan sudut 0° padahal sudut 0° merupakan yang paling tegak lurus dengan

pitch?. Hal ini dikarenakan sudut  $135^\circ$  merupakan sudut yang memiliki daerah hantam yang lebih luas ke badan kapal dibandingkan sudut  $0^\circ$  serta momen pada sudut  $135^\circ$  lebih besar diukur dari titik pusat gravitasi (*Center of Gravity*) kapal dari pada sudut  $0^\circ$  sehingga respon gerakan pitch akan cenderung lebih besar pada sudut  $135^\circ$ .

Respon Amplitude Operator (RAO) Yaw yang terbesar terjadi pada sudut  $135^\circ$  yaitu sebesar  $0.546 \text{ rad/m}$ . Mengapa yaw yang terbesar terjadi pada sudut  $135^\circ$  bukan sudut  $90^\circ$  padahal sudut  $90^\circ$  merupakan yang paling tegak lurus dengan yaw?. Hal ini dikarenakan sudut  $135^\circ$  merupakan sudut yang memiliki momen lebih besar diukur dari titik pusat gravitasi (*Center of Gravity*) kapal dari pada sudut  $90^\circ$  serta sudut  $135^\circ$  memiliki daerah hantam yang cukup luas ke badan kapal, sehingga respon gerakan yaw akan cenderung lebih besar pada sudut  $135^\circ$ .

### 4.3 SKENARIO ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN AIR DAN PEMODELAN KAPAL FLNG – LNGC KONDISI *SIDE BY SIDE*

#### 4.3.1 Skenario Analisis Pengaruh Kedalaman Air



(Gambar 4.13 Validitas Teori Gelombang. USACE, 2008)

Depth (m)	Hs (m)	Tp (s)	$H/gT^2$	$d/gT^2$	Jenis Perairan	Teori Gelombang
11.5	2.24	17.58	0.0007	0.003	Shallow	CNOIDAL
25	2.24	17.58	0.0007	0.01	Intermediate	STOKES
170	2.24	17.58	0.0007	0.1	Deep	AIRY

Dengan,

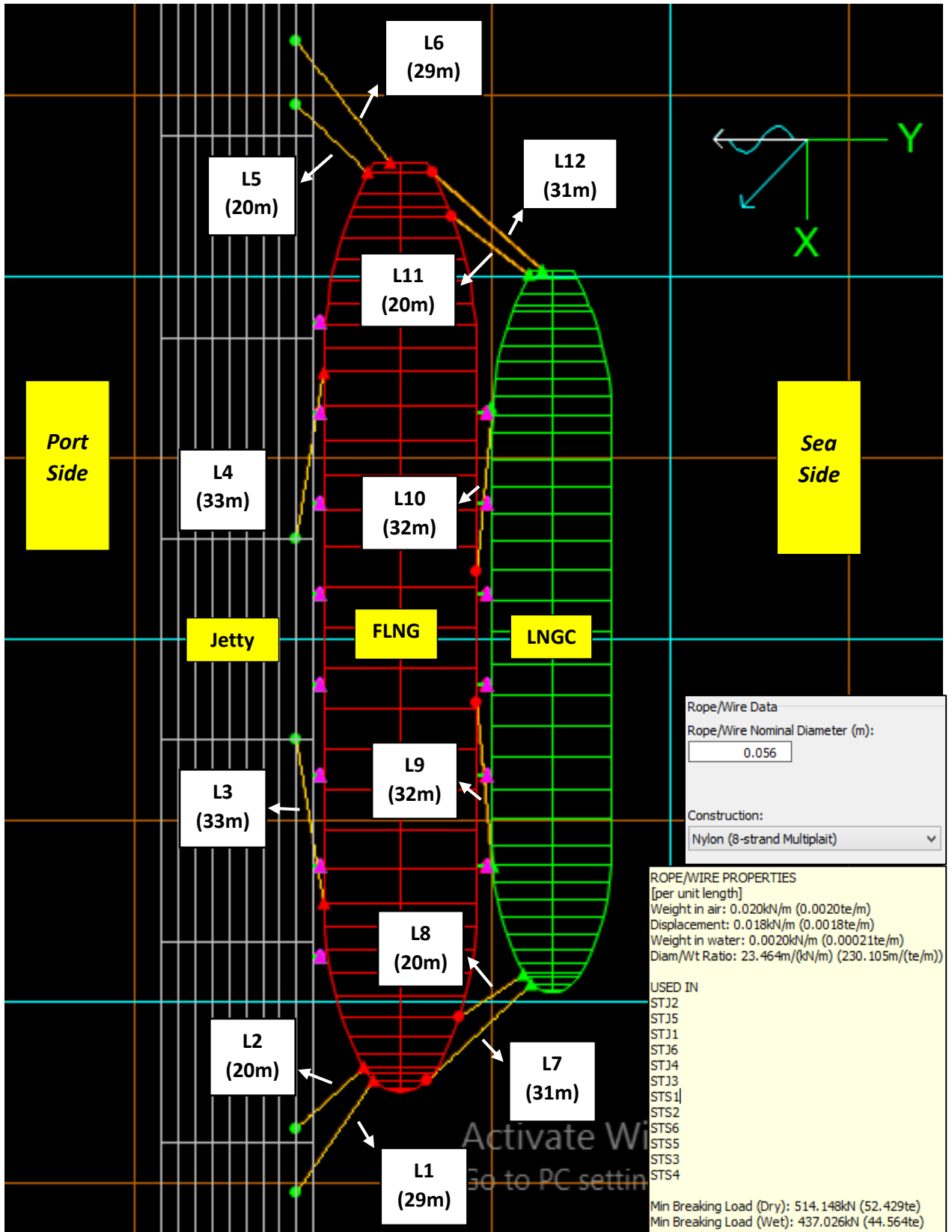
Hs = Tinggi Gelombang Signifikan (m)

Tp = Periode Gelombang (s)

g = Gaya Gravitasi (9.81 m/s<sup>2</sup>)

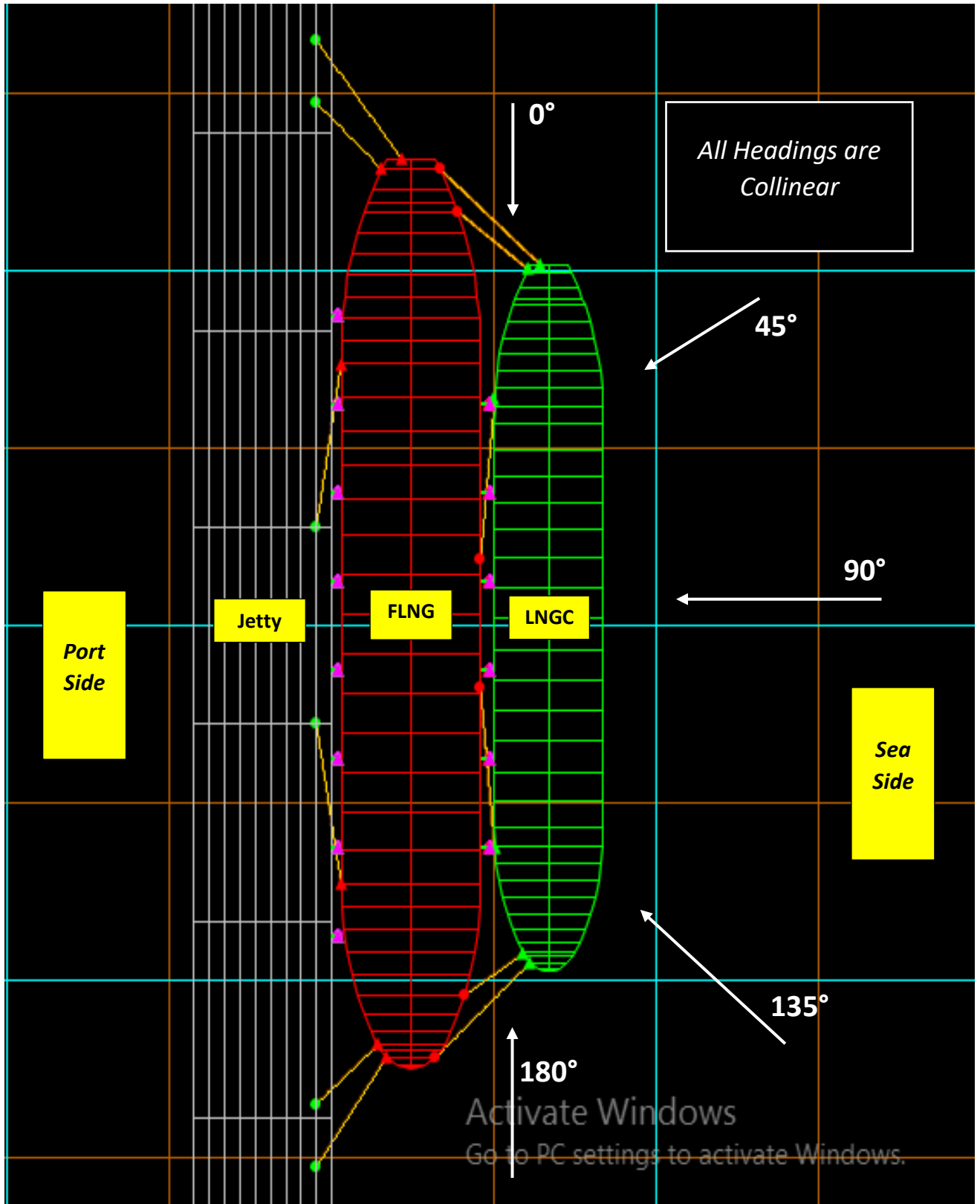
d = Kedalaman Perairan (m)

### 4.3.2 Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side

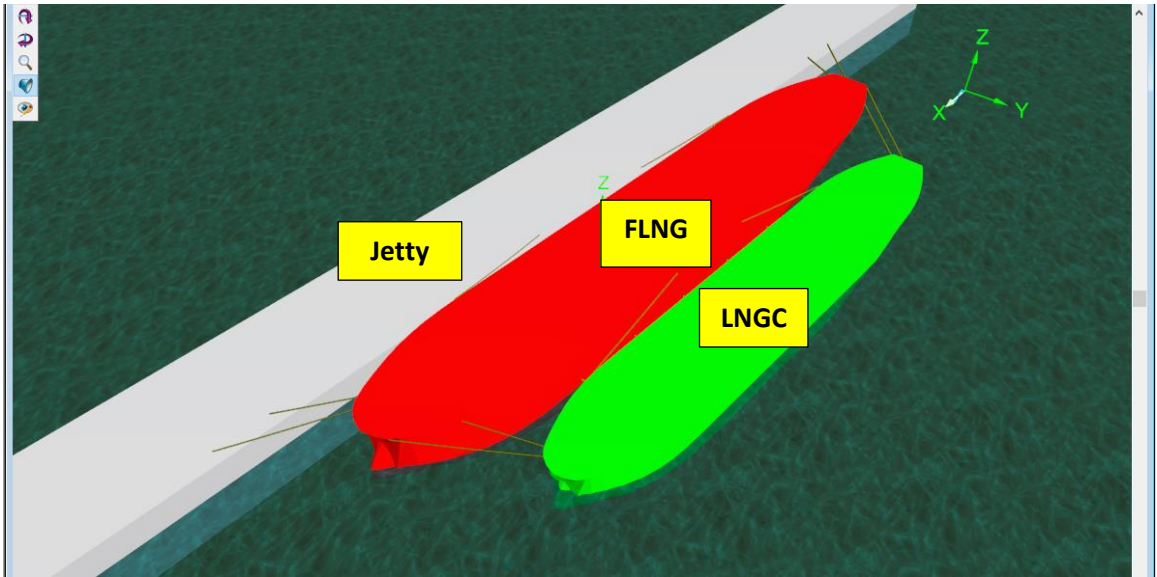


Gambar 4.14 Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side

### 4.3.3 Arah Pembebanan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side



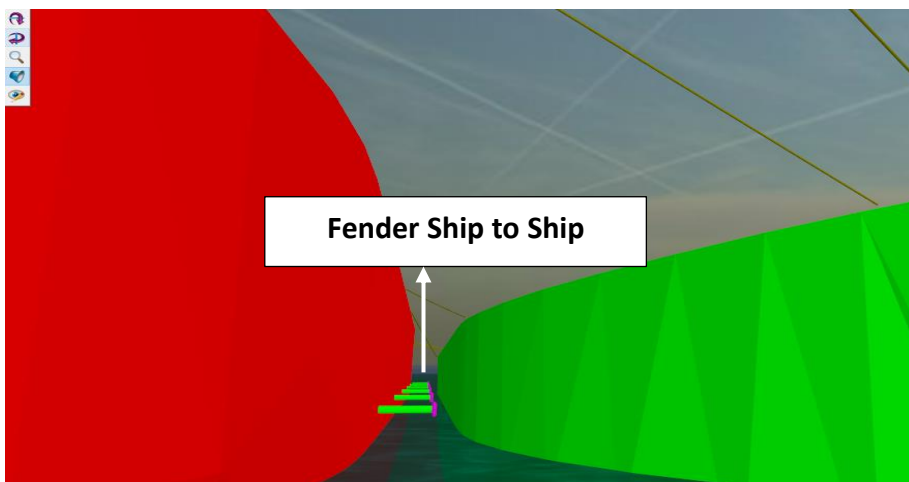
Gambar 4.45 Arah Pembebanan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side



**Gambar 4.15** Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side (3D)



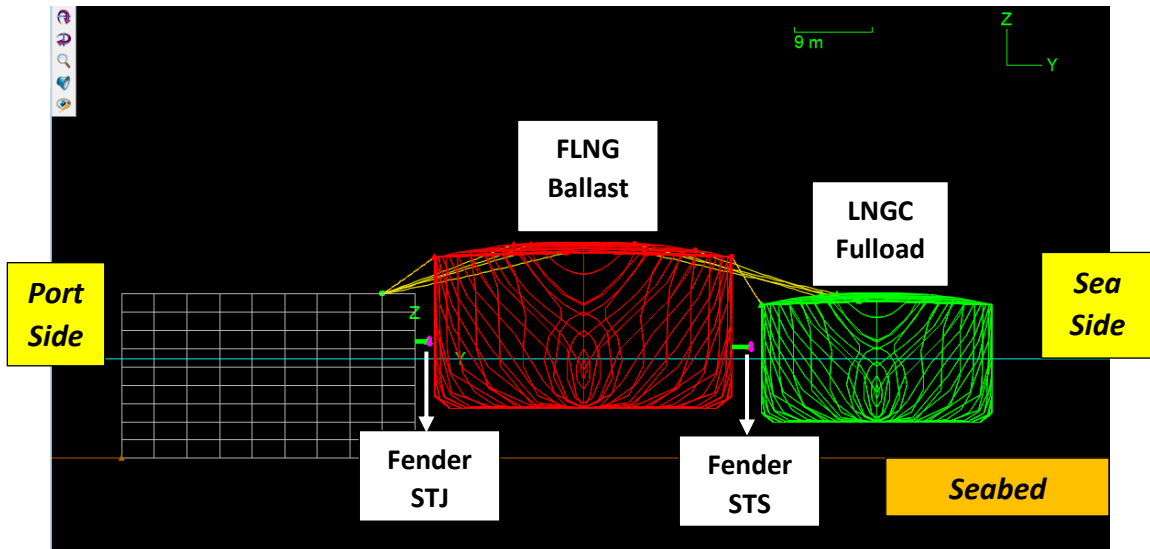
**Gambar 4.16** Pemodelan Fender Ship to Jetty



**Gambar 4.17** Pemodelan Fender Ship to Ship

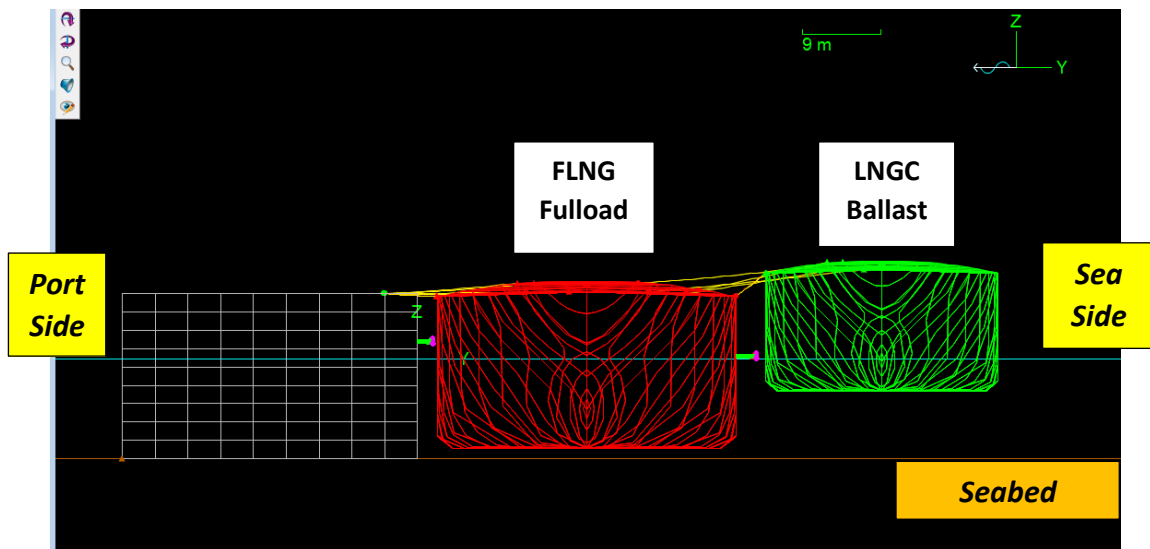


#### 4.3.2.1 Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG Ballast – LNGC Fulload



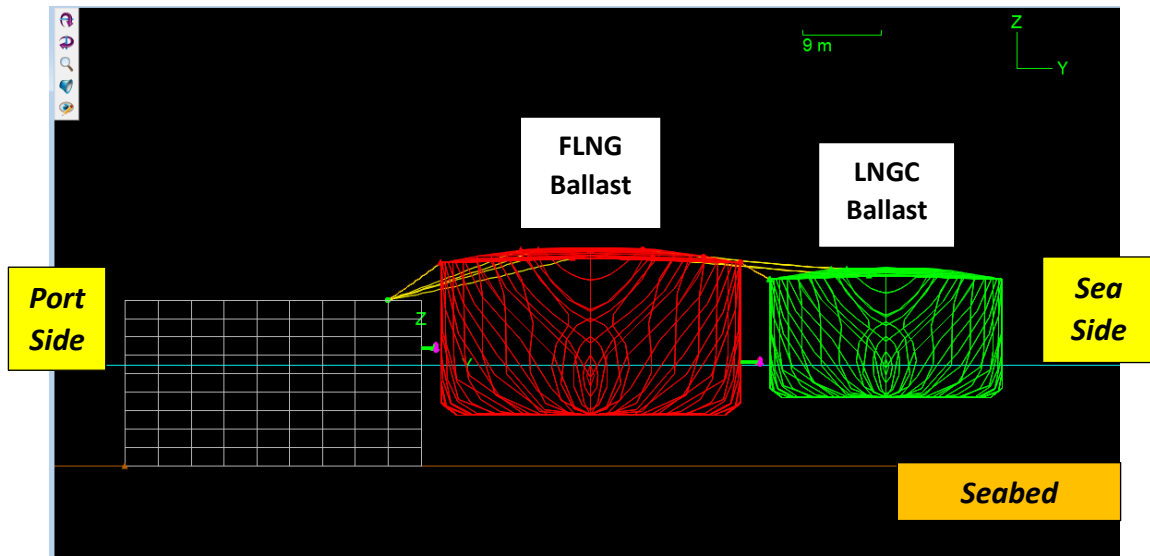
Gambar 4.18 Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG Ballast – LNGC Fulload

#### 4.3.2.2 Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG Fulload – LNGC Ballast



Gambar 4.19 Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG Fulload – LNGC Ballast

**4.3.2.3 Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG Ballast – LNGC Ballast**



**Gambar 4.20** Pemodelan Kapal FLNG – LNG Carrier Kondisi Side by Side, dengan FLNG *Ballast* – LNGC *Ballast*

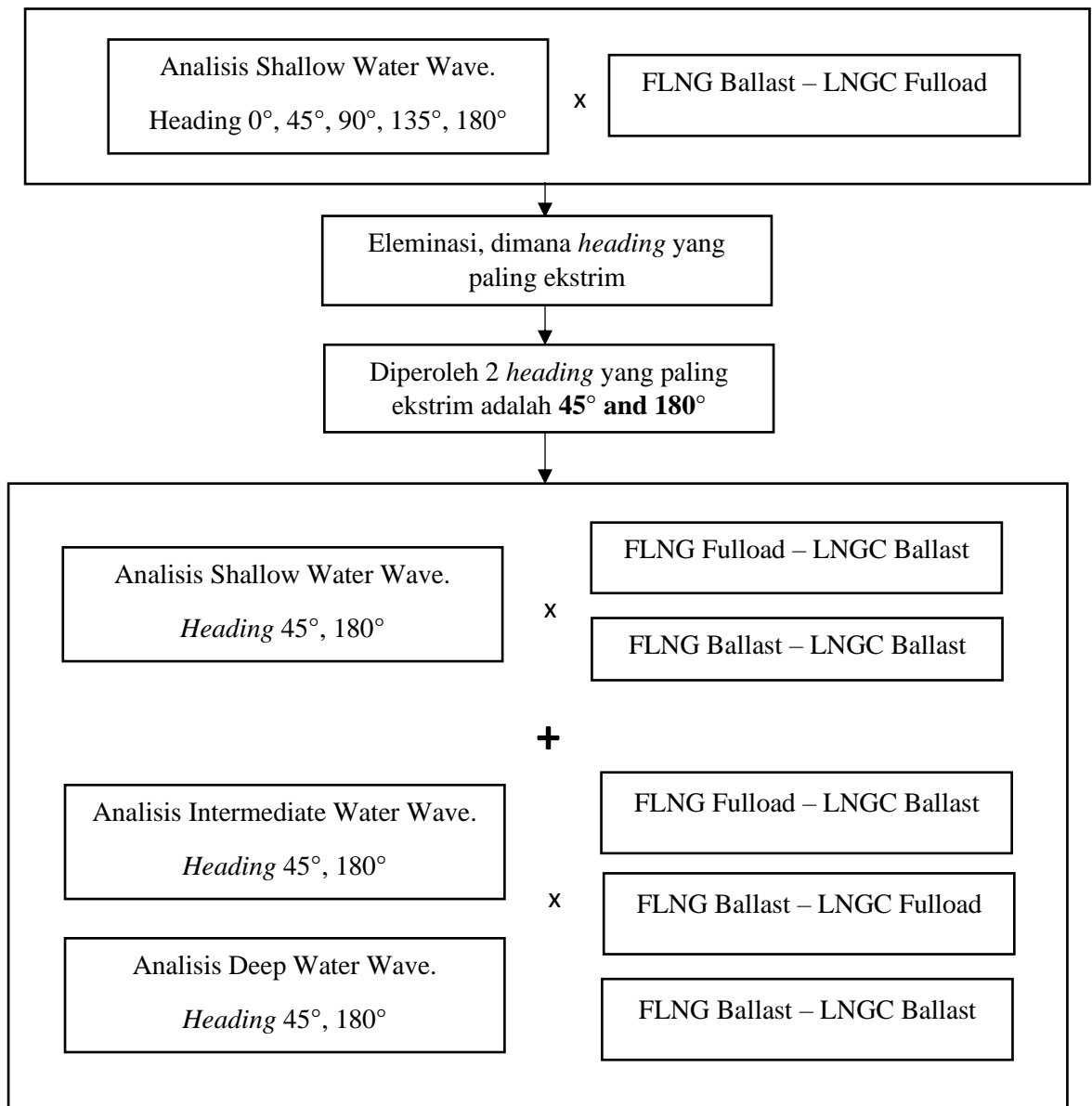
**Tabel 4.7** Data Struktur Tali Tambat

Mooring Line	Quality	Circle	Dia.	MBL	MBL
Nylon	8 - Strand Multiplait	mm	mm	(kN)	(ton)
		175.84	56	514.148	52.429
SF Criteria (API RP 2SK, 2015)					
Mooring Line SF	=	1.67 (Intact Condition)			

#### 4.4 ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN KEDALAMAN AIR TERHADAP *TENSION* DENGAN KOMBINASI BEBAN GELOMBANG, ARUS, DAN ANGIN

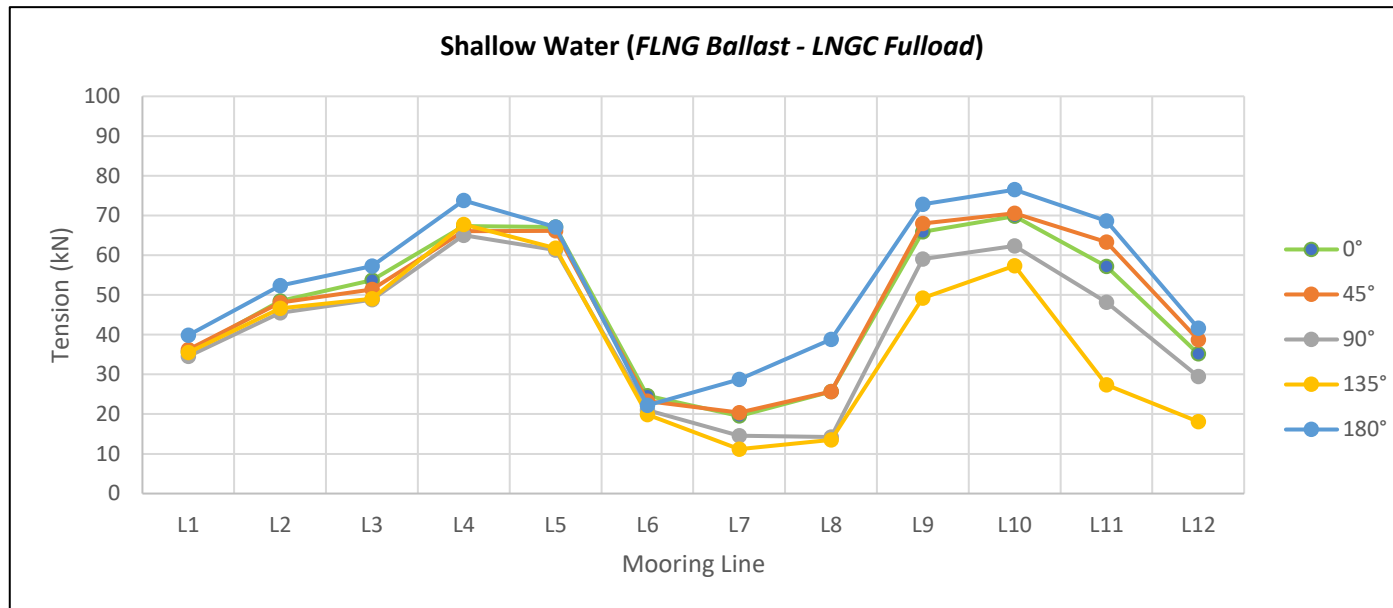
Dalam penelitian tahap ini, peneliti memakai langkah *konservatif* dalam menentukan arah datang gelombang (*heading*) dengan mengeleminasinya dari 5 *heading* ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ) menjadi 2 *heading* yang paling ekstrim atau 2 arah datang gelombang yang paling mempengaruhi *tension* pada tali tambat tersebut.

Cara peneliti dalam mengeleminasi *heading* tersebut sehingga mendapatkan 2 *heading* ekstrim  $45^\circ$  dan  $180^\circ$  adalah sebagai berikut :



**4.4.1 Hasil *Tension* Tali Tambat pada *Shallow Water Wave Heading* 0°, 45°, 90°, 135°, 180° Kondisi *FLNG Ballast – LNGC Fullload* dengan Kombinasi Beban Gelombang, Arus, dan Angin**

FLNG Ballast - LNGC Full load	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
0°	35.678	48.489	53.682	67.328	67.111	24.636	19.517	25.711	65.884	69.820	57.194	35.207	69.820	7.36	ok	
45°	36.202	48.108	51.422	66.086	66.118	23.245	20.384	25.706	67.990	70.552	63.288	38.754	70.552	7.288	ok	
90°	34.556	45.478	48.833	65.036	61.255	20.973	14.537	14.231	59.056	62.339	48.185	29.462	65.036	7.91	ok	
135°	35.505	46.652	49.024	67.761	61.783	19.904	11.179	13.513	49.179	57.368	27.332	18.066	67.761	7.59	ok	
180°	39.845	52.365	57.245	73.770	67.097	22.202	28.733	38.774	72.791	76.487	68.628	41.618	76.487	6.722	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	76.49	6.72	ok	



**Gambar 4.21** Tren Grafik *Tension* Tali Tambat *FLNG Ballast – LNGC Fullload* di *Shallow Water*, *Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°*

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria safety factor (SF) yang dipakai penulis yaitu dari API RP 2SK (2015) Intact Criteria,  $SF > 1.67$ . Untuk nilai *tension* tertinggi heading  $0^\circ$  yaitu 69.820 dengan  $SF = 7.36$ , heading  $45^\circ$  yaitu 70.552 dengan  $SF = 7.29$ , heading  $90^\circ$  yaitu 65.036 dengan  $SF = 7.91$ , heading  $135^\circ$  yaitu 67.761 dengan  $SF = 7.59$ , dan heading  $180^\circ$  yaitu 76.487 dengan  $SF = 6.72$ .

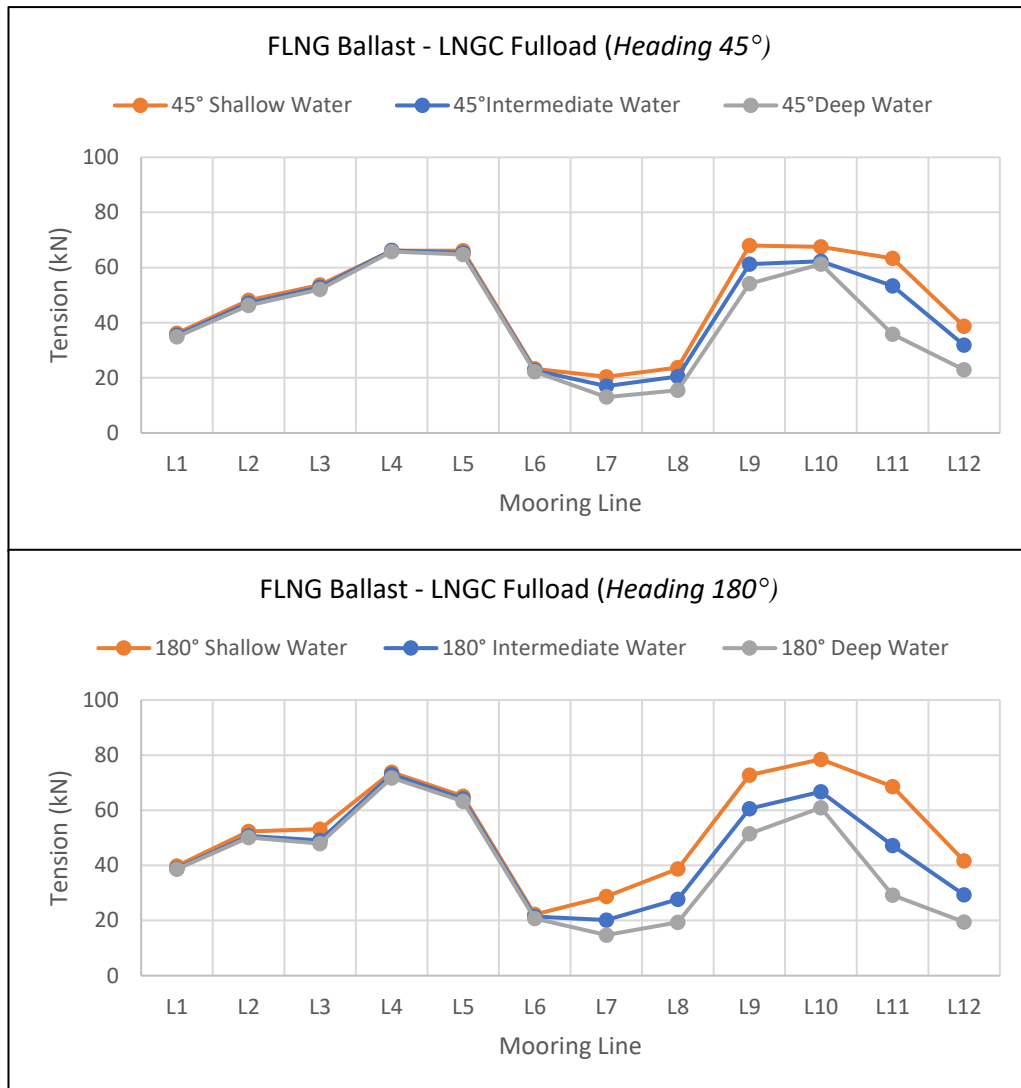
Dari hasil grafik, terlihat bahwa heading  $45^\circ$  dan  $180^\circ$  memiliki tren nilai *tension* yang tertinggi, sehingga peneliti bisa menyimpulkan bahwa heading  $45^\circ$  dan  $180^\circ$  merupakan 2 heading yang paling ekstrim. 2 heading tersebut kemudian akan dipakai dalam analisis selanjutnya.

**4.4.2 Hasil Tension Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fullload pada Setiap Kedalaman dengan Kombinasi Beban Gelombang, Arus, dan Angin**

FLNG Ballast – LNGC Full load	Shallow Water (Depth 11.5 m) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	36.202	48.108	51.422	66.086	66.118	23.245	20.384	25.706	67.990	70.552	63.288	38.754	70.552	7.29	ok	
180°	39.845	52.365	57.245	73.770	67.097	22.202	28.733	38.774	72.791	76.487	68.628	41.618	76.487	6.72	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	76.487	6.72	ok	

FLNG Ballast - LNGC Full load	Intermediate Water (Depth 25 m) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	35.487	47.038	52.851	66.188	65.263	22.638	17.004	20.446	61.201	62.274	53.384	31.822	66.19	7.77	ok	
180°	38.819	50.712	49.103	72.953	64.123	21.408	20.184	27.677	60.525	66.760	47.178	29.337	72.95	7.05	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	72.95	7.05	ok	

FLNG Ballast – LNGC Full load	Deep Water (Depth 170 m) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	34.876	46.205	52.045	65.810	64.720	22.204	12.999	15.512	54.208	61.275	35.787	22.943	65.81	7.81	ok	
180°	38.570	50.111	47.962	71.773	63.229	20.787	14.754	19.371	51.524	60.968	29.193	19.479	71.77	7.16	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	71.77	7.16	ok	



**Gambar 4.22** Tren Grafik *Tension FLNG Ballast – LNGC Fulload*, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) All Combined Load

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria *safety factor* (SF) yang dipakai peneliti yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 70.552 kN dengan  $SF = 7.29$ , dan heading 180° yaitu 76.487kN dengan  $SF = 6.72$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 66.19 kN dengan  $SF = 7.77$ , dan heading 180° yaitu 72.95 kN dengan  $SF = 7.05$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 65.81 kN dengan  $SF = 7.81$ , dan heading 180° yaitu 71.77 kN dengan  $SF = 7.16$ .

Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.

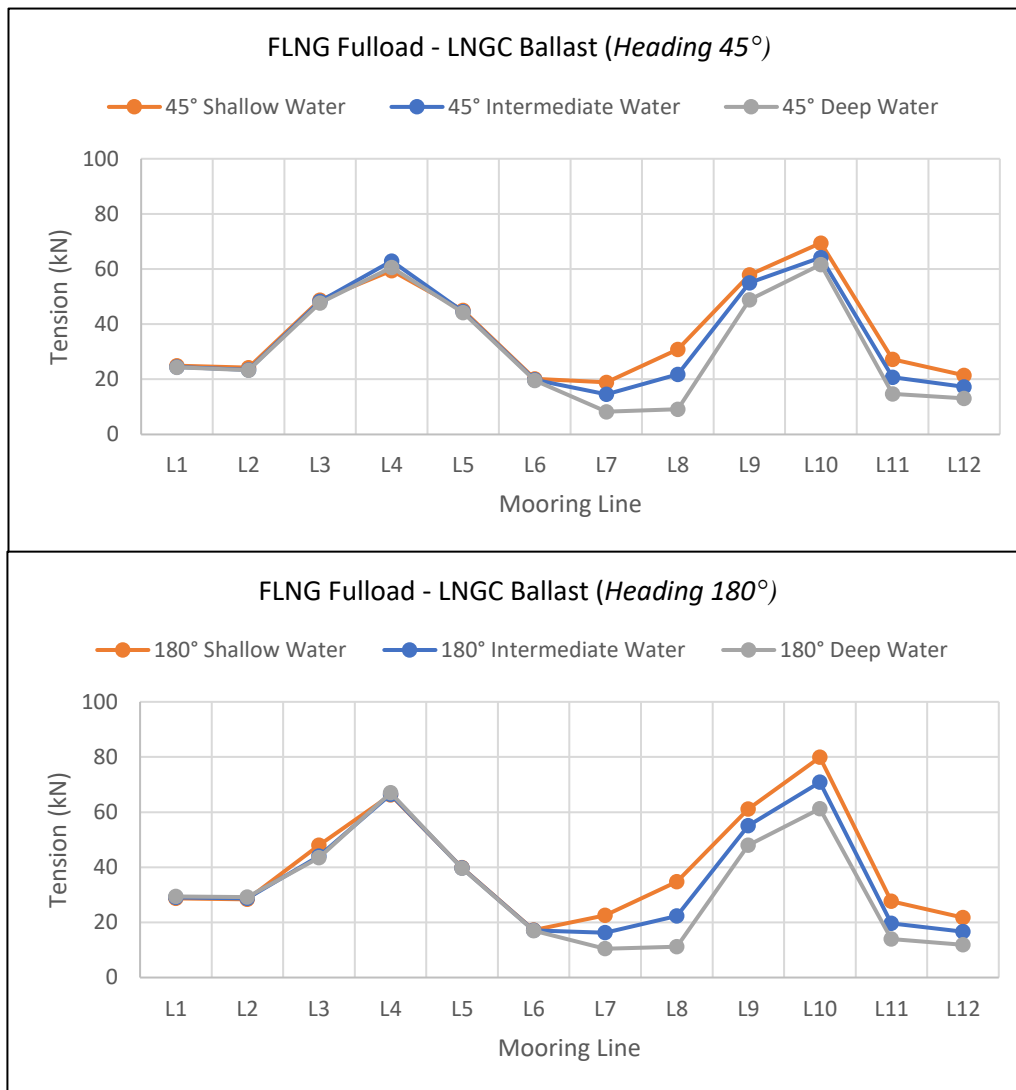


**4.4.3 Hasil *Tension* Tali Tambat *Heading* 45° dan 180° *FLNG Fulload – LNGC Ballast* pada Setiap Kedalaman dengan Kombinasi Beban Gelombang, Arus, dan Angin**

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Shallow Water ( <i>Depth</i> 11.5 m) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max <i>Tension</i>	SF (MBL / Max tens)	SF Intact Criteria
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	(kN)	Ratio	>1.67
45°	24.930	24.282	48.741	63.395	45.025	20.173	18.900	30.855	57.870	73.461	27.291	21.418	73.46	7.00	ok	
180°	28.719	28.336	47.998	66.207	39.898	17.210	22.532	34.740	61.134	79.882	27.684	21.719	79.88	6.44	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	79.88	6.44	ok	

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Intermediate Water ( <i>Depth</i> 25 m) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max <i>Tension</i>	SF (MBL / Max tens)	SF Intact Criteria
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	(kN)	Ratio	>1.67
45°	24.422	23.396	48.272	62.873	44.593	19.850	14.550	21.836	55.015	67.197	20.745	17.299	67.20	7.65	ok	
180°	29.042	28.750	44.072	65.487	39.723	17.080	16.258	22.372	55.037	73.824	19.619	16.611	73.82	6.96	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	73.82	6.96	ok	

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Deep Water (Depth 170 m) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension  (kN)	SF (MBL / Max tens)  Ratio	SF Intact Criteria  >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	24.323	23.260	47.737	60.627	44.256	19.538	8.258	9.163	48.856	66.243	14.669	13.033	66.24	7.76	ok	
180°	29.447	29.222	43.504	63.993	39.579	16.978	10.434	11.179	47.969	72.163	14.016	11.888	72.16	7.12	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	72.16	7.12	ok	



**Gambar 4.23** Tren Grafik *Tension* FLNG Fulload – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) All Combined Load

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria safety factor (SF) yang dipakai peneliti yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 73.46 kN dengan  $SF = 7.00$ , dan heading 180° yaitu 79.88 kN dengan  $SF = 6.44$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 67.20 kN dengan  $SF = 7.65$ , dan heading 180° yaitu 73.82 kN dengan  $SF = 6.96$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 66.24 kN dengan  $SF = 7.76$ , dan heading 180° yaitu 72.16 kN dengan  $SF = 7.12$ .

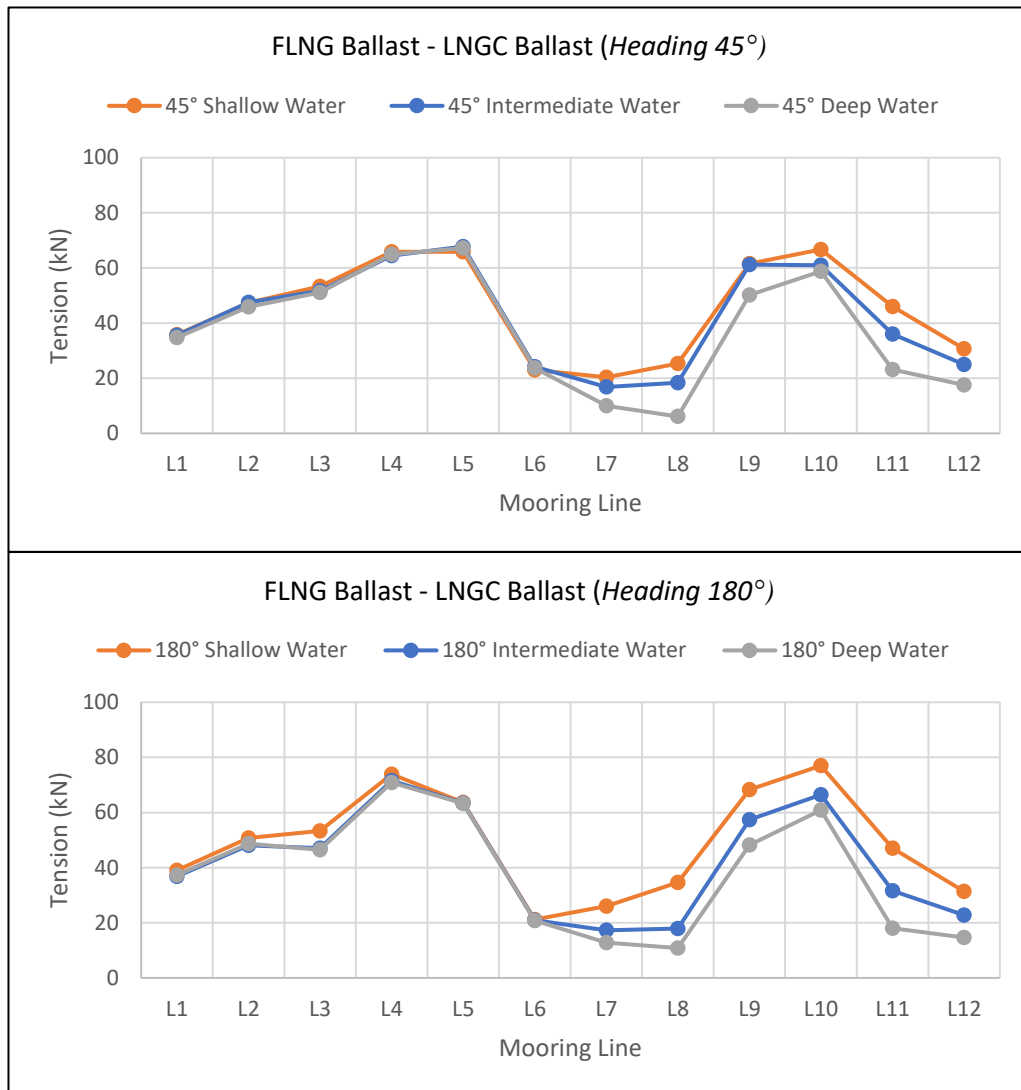
Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.

**4.4.4 Hasil *Tension* Tali Tambat *Heading* 45° dan 180° *FLNG Ballast – LNGC Ballast* pada Setiap Kedalaman dengan Kombinasi Beban Gelombang, Arus, dan Angin**

FLNG Ballast – LNGC Ballast	Shallow Water ( <i>Depth 11.5 m</i> ) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	35.762	47.445	53.317	68.817	65.871	23.033	20.343	25.366	61.541	74.699	46.042	30.711	74.70	6.88	ok	
180°	39.085	50.756	53.357	73.910	63.704	21.193	26.073	34.625	68.328	81.987	47.058	31.416	81.99	6.27	ok	
<b>Max tension Overall</b>												81.99	6.27	ok		

FLNG Ballast – LNGC Ballast	Intermediate Water ( <i>Depth 25 m</i> ) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	35.601	47.502	51.724	67.472	67.859	24.157	16.822	18.307	61.160	60.954	36.013	24.995	67.86	7.58	ok	
180°	36.806	48.043	47.038	74.548	63.428	20.941	17.274	17.929	57.358	66.417	31.663	22.833	74.55	6.90	ok	
<b>Max tension Overall</b>												74.55	6.90	ok		

FLNG Ballast – LNGC Ballast	Deep Water ( <i>Depth 170 m</i> ) With All Combined Load															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
	45°	34.749	45.864	51.161	66.975	67.201	23.739	9.994	6.117	50.169	58.803	23.086	17.516	67.201	7.65	ok
180°	37.316	48.636	46.491	72.968	63.262	20.808	12.854	10.836	48.235	60.894	18.025	14.664	72.968	7.05	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	72.968	7.05	ok	



**Gambar 4 24** Tren Grafik *Tension* FLNG Ballast – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) All Combined Load

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria safety factor (SF) yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 74.70 kN dengan  $SF = 6.88$ , dan heading 180° yaitu 81.99 kN dengan  $SF = 6.27$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 67.86 kN dengan  $SF = 7.58$ , dan heading 180° yaitu 74.55 kN dengan  $SF = 6.90$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 67.201 kN dengan  $SF = 7.65$ , dan heading 180° yaitu 72.968 kN dengan  $SF = 7.05$ .

Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.

**4.5 ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN KEDALAMAN AIR TERHADAP TENSION DENGAN HANYA MEMAKAI BEBAN GELOMBANG**

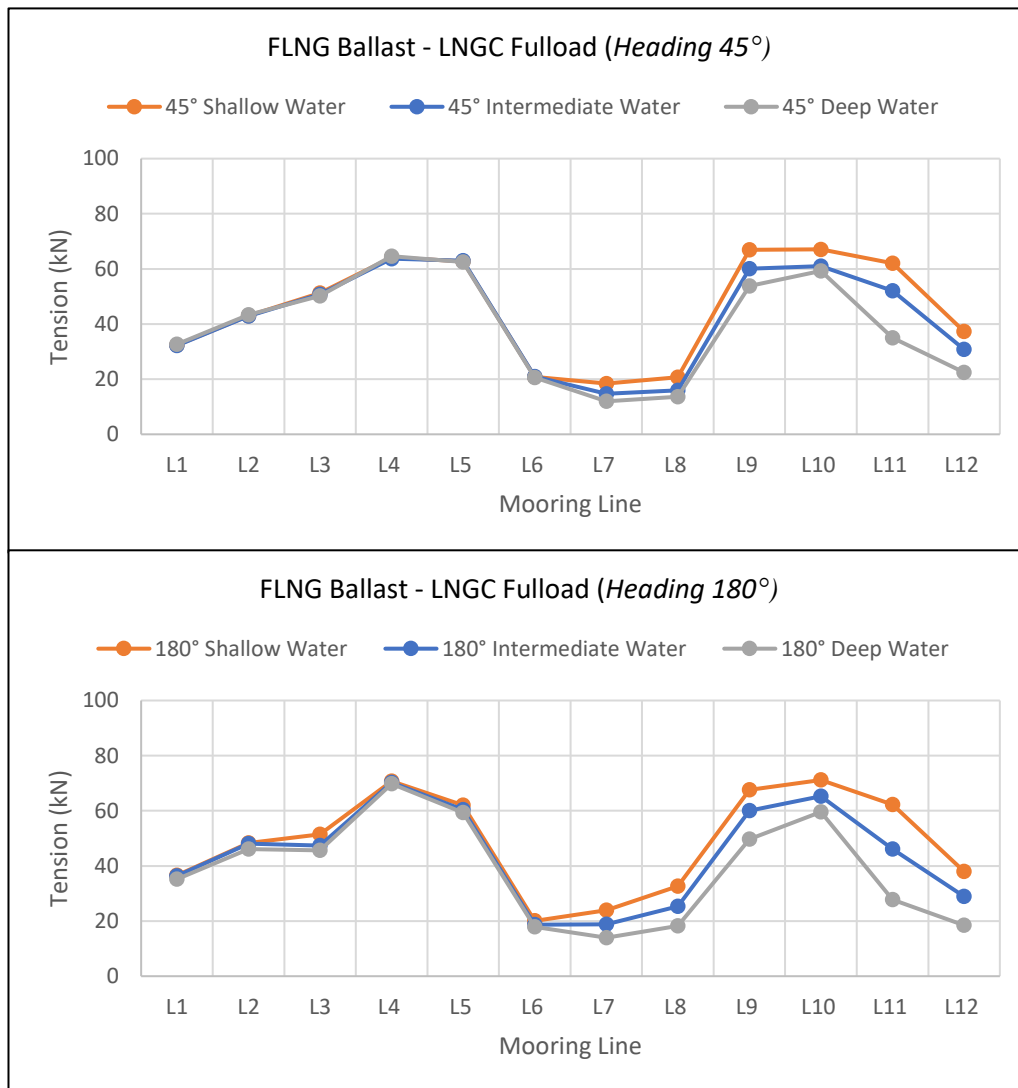
**4.5.1 Hasil Tension Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Gelombang**

Shallow Water (Depth 11.5 m) With Hs Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Fulload	Heading	Line Tension (kN)											Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67	
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11				L12
	45°	32.259	42.971	51.274	64.178	62.701	20.823	18.412	20.702	66.949	67.093	62.080	37.270	67.093	7.66	ok
	180°	36.552	48.353	51.497	70.700	61.978	20.062	23.888	32.601	67.618	71.164	62.262	37.996	71.164	7.22	ok
													<b>Max tension Overall</b>	71.164	7.22	ok

Intermediate Water (Depth 25 m) With Hs Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Fulload	Heading	Line Tension (kN)											Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67	
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11				L12
	45°	32.239	42.873	50.795	63.710	62.929	20.904	14.710	15.902	60.094	61.037	52.095	30.852	63.710	8.07	ok
	180°	36.386	48.067	47.379	70.242	60.447	18.682	18.773	25.372	60.004	65.285	46.069	28.888	70.242	7.32	ok
													<b>Max tension Overall</b>	70.242	7.32	ok

FLNG Ballast – LNGC Fullload	Deep Water ( <i>Depth 170 m</i> ) With Hs Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	32.659	43.373	50.228	58.601	57.306	20.581	11.966	13.675	53.852	59.306	35.035	22.397	59.306	8.67	ok	
180°	35.161	46.153	45.696	69.779	59.385	17.892	13.962	18.192	49.761	59.609	27.744	18.456	69.779	7.37	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	69.779	7.37	ok	





**Gambar 4.25** Tren Grafik *Tension* FLNG Ballast – LNGC Fullload, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) *Hs Load Only*

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria safety factor (SF) yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 67.093kN dengan  $SF = 7.66$  dan heading 180° yaitu 71.164 kN dengan  $SF = 7.22$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 63.710 kN dengan  $SF = 8.07$  dan heading 180° yaitu 70.242 kN dengan  $SF = 7.32$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 59.306 kN dengan  $SF = 8.67$  dan heading 180° yaitu 69.779 kN dengan  $SF = 7.37$ .

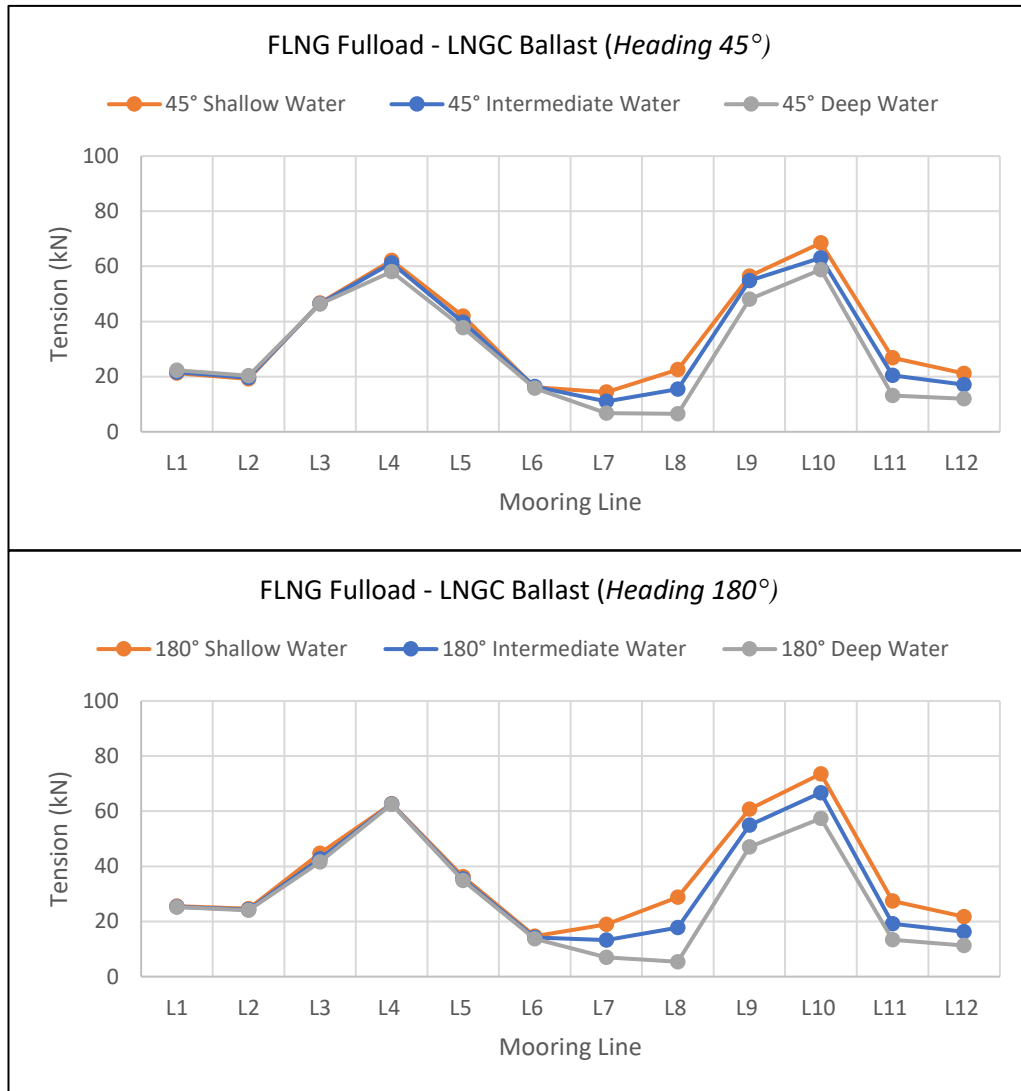
Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.

4.5.2 Hasil *Tension* Tali Tambat *Heading* 45° dan 180° *FLNG Fulload – LNGC Ballast* pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Gelombang

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Shallow Water ( <i>Depth</i> 11.5 m) With Hs Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max <i>Tension</i> (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	21.231	19.128	46.731	62.181	41.929	16.212	14.364	22.497	56.507	68.497	26.877	21.170	68.497	7.51	ok	
180°	25.556	24.620	44.709	62.780	36.238	14.683	18.941	28.857	60.801	73.560	27.388	21.711	73.560	6.99	ok	
<b>Max tension Overall</b>												73.560	6.99	ok		

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Intermediate Water ( <i>Depth</i> 25 m) With Hs Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max <i>Tension</i> (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	21.634	19.604	46.483	61.211	39.694	16.362	11.004	15.459	54.861	64.495	20.468	17.137	64.495	7.97	ok	
180°	25.320	24.270	42.776	62.651	35.423	14.130	13.267	17.812	54.902	71.728	19.125	16.290	71.728	7.17	ok	
<b>Max tension Overall</b>												71.728	7.17	ok		

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Deep Water ( <i>Depth 170 m</i> ) With Hs Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	22.256	20.333	46.347	58.107	37.807	15.835	6.764	6.518	48.107	60.823	13.109	12.012	60.823	8.45	ok	
180°	25.173	24.076	41.638	62.651	34.822	13.710	6.969	5.405	47.083	70.240	13.402	11.295	70.240	7.32	ok	
												<b>Max tension Overall</b>	70.240	7.32	ok	



**Gambar 4.26** Tren Grafik *Tension* FLNG Fulload – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) *Hs Load Only*

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria *safety factor* (SF) yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 68.497 kN dengan  $SF = 7.51$  dan heading 180° yaitu 73.560 kN dengan  $SF = 6.99$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 64.495 kN dengan  $SF = 7.97$  dan heading 180° yaitu 71.728 kN dengan  $SF = 7.17$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 60.823 kN dengan  $SF = 8.45$  dan heading 180° yaitu 70.240 kN dengan  $SF = 7.32$ .

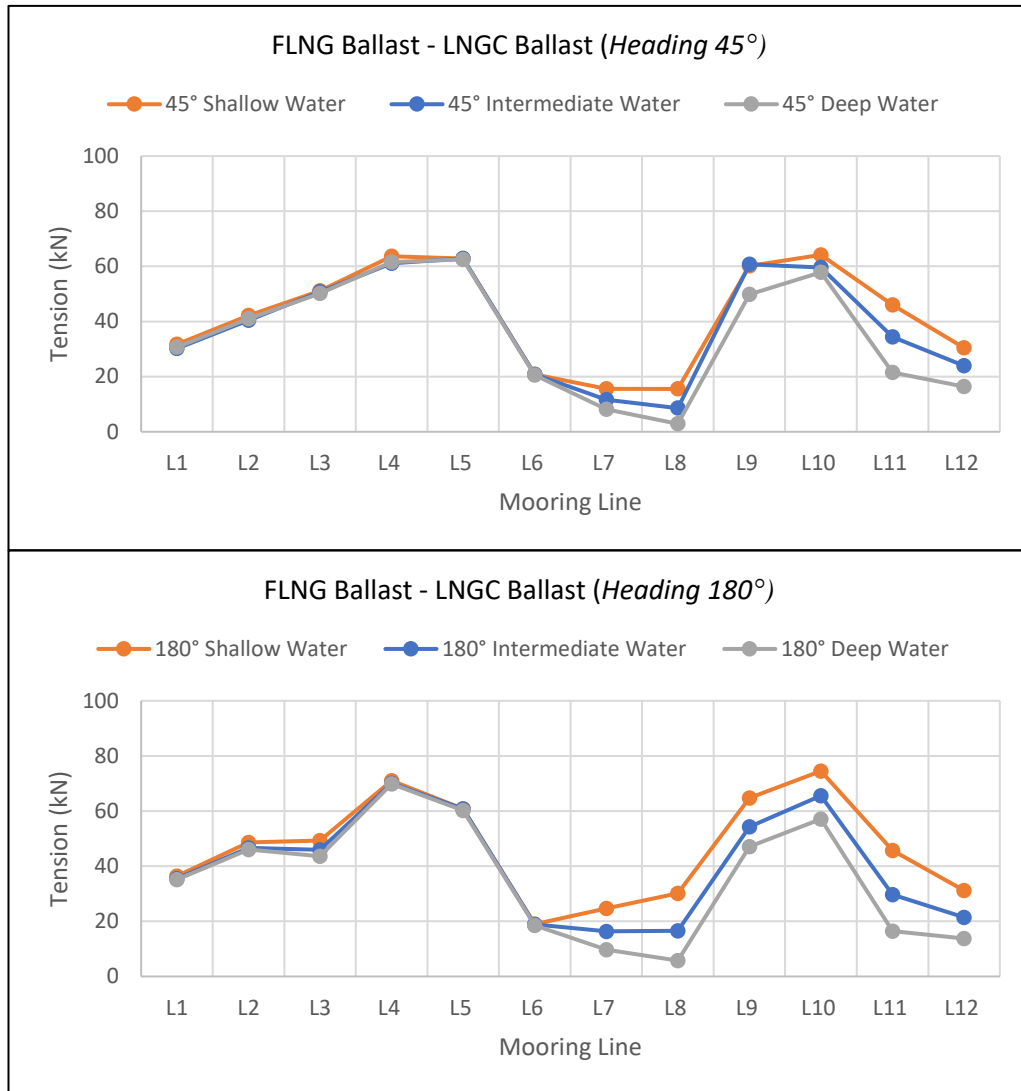
Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.

**4.5.3 Hasil *Tension* Tali Tambat *Heading* 45° dan 180° *FLNG Ballast – LNGC Ballast* pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Gelombang**

Shallow Water ( <i>Depth 11.5 m</i> ) With <i>Hs</i> Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Ballast	Heading	Line <i>Tension</i> (kN)											Max <i>Tension</i>	SF (MBL / Max tens)	SF Intact Criteria	
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	(kN)	Ratio	>1.67
	45°	31.695	42.113	51.110	63.632	62.823	20.794	15.594	15.518	60.209	71.170	45.987	30.408	71.170	7.22	ok
	180°	36.441	48.638	49.358	71.020	60.845	18.976	24.697	30.159	64.803	74.522	45.714	31.162	74.522	6.90	ok
													<b>Max <i>tension</i> Overall</b>	74.522	6.90	ok

Intermediate Water ( <i>Depth 25 m</i> ) With <i>Hs</i> Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Ballast	Heading	Line <i>Tension</i> (kN)											Max <i>Tension</i>	SF (MBL / Max tens)	SF Intact Criteria	
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	(kN)	Ratio	>1.67
	45°	30.192	40.430	50.724	61.147	65.872	20.853	11.594	8.570	60.790	59.623	34.398	23.939	65.872	7.80	ok
	180°	35.511	46.648	45.935	72.085	60.791	18.903	16.378	16.522	54.302	65.560	29.660	21.421	72.085	7.13	ok
													<b>Max <i>tension</i> Overall</b>	72.085	7.13	ok

Deep Water ( <i>Depth 170 m</i> ) With Hs Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Ballast	Heading	Line Tension (kN)											Max Tension	SF (MBL / Max tens)	SF Intact Criteria	
		Ship to Jetty						Ship to Ship						(kN)	Ratio	>1.67
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
	45°	30.704	41.015	50.165	60.585	62.522	20.586	8.153	2.886	49.783	57.850	21.480	16.440	62.522	8.22	ok
180°	35.132	46.036	43.647	71.830	60.247	18.491	9.738	5.756	47.140	57.093	16.455	13.766	71.830	7.16	ok	
													<b>Max tension Overall</b>	71.830	7.16	ok



**Gambar 4.27** Tren Grafik *Tension* FLNG Ballast – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) *Hs Load Only*

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria safety factor (SF) yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 71.170 kN dengan  $SF = 7.22$  dan heading 180° yaitu 74.522 kN dengan  $SF = 6.90$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 65.872 kN dengan  $SF = 7.80$  dan heading 180° yaitu 72.085 kN dengan  $SF = 7.13$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 62.522 kN dengan  $SF = 8.22$  dan heading 180° yaitu 71.830 kN dengan  $SF = 7.16$ .

Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.

**4.6 ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN KEDALAMAN AIR TERHADAP TENSION DENGAN HANYA MEMAKAI BEBAN ARUS DAN ANGIN**

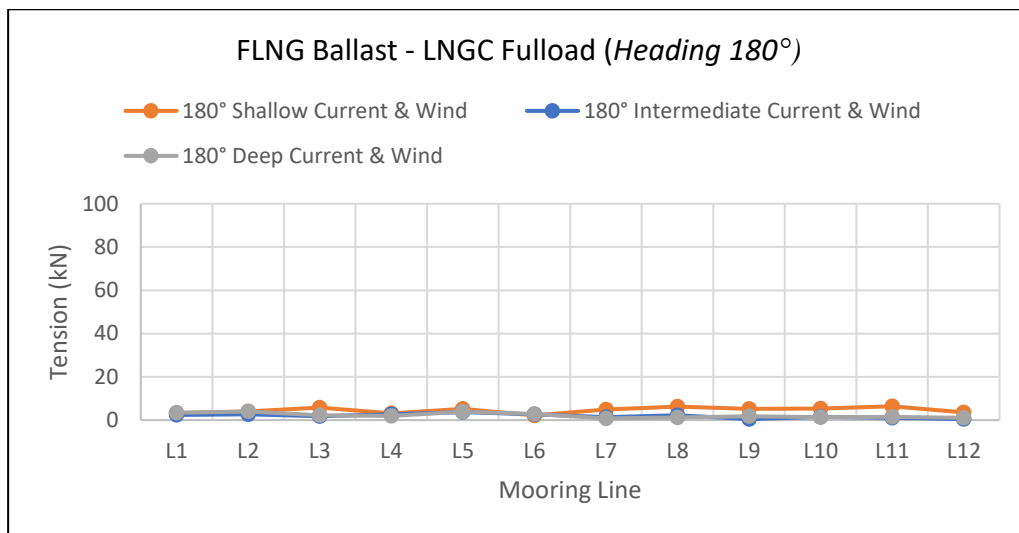
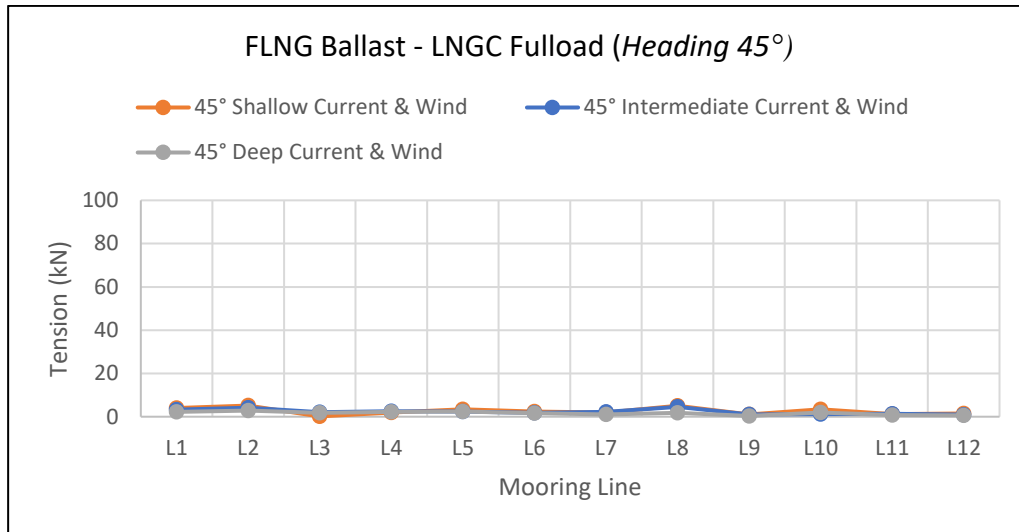
**4.6.1 Hasil Tension Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Arus dan Angin**

Shallow Water (Depth 11.5 m) With Current & Wind Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Fulload	Heading	Line Tension (kN)											Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67	
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11				L12
	45°	3.943	5.137	0.148	1.907	3.417	2.422	1.971	5.004	1.041	3.459	1.208	1.484	5.137	100.08	ok
	180°	3.294	4.011	5.749	3.070	5.119	2.141	4.845	6.173	5.173	5.323	6.366	3.622	6.366	80.76	ok
<b>Max tension Overall</b>													6.366	80.76	ok	

Intermediate Water (Depth 25 m) With Current & Wind Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Fulload	Heading	Line Tension (kN)											Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67	
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11				L12
	45°	3.249	4.165	2.056	2.478	2.333	1.734	2.294	4.544	1.107	1.237	1.289	0.970	4.544	113.16	ok
	180°	2.432	2.644	1.724	2.711	3.676	2.726	1.411	2.306	0.521	1.475	1.109	0.448	3.676	139.88	ok
<b>Max tension Overall</b>													4.544	113.16	ok	



FLNG Ballast – LNGC Fullload	Deep Water ( <i>Depth 170 m</i> ) With Current & Wind Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	2.217	2.832	1.817	7.209	7.414	1.623	1.032	1.837	0.356	1.969	0.752	0.546	7.414	69.34	ok	
180°	3.409	3.958	2.266	1.994	3.844	2.895	0.792	1.180	1.763	1.359	1.449	1.023	3.958	129.90	ok	
<b>Max tension Overall</b>												7.414	69.34	ok		



**Gambar 4.28** Tren Grafik *Tension* FLNG Ballast – LNGC Fulload, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) *Current & Wind Load Only*

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria *safety factor* (SF) yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 5.137 kN dengan  $SF = 100.08$  dan heading 180° yaitu 6.366 kN dengan  $SF = 80.76$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 4.544 kN dengan  $SF = 113.16$  dan heading 180° yaitu 3.676 kN dengan  $SF = 139.88$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 7.414 kN dengan  $SF = 69.34$  dan heading 180° yaitu 3.958 kN dengan  $SF = 129.90$ .

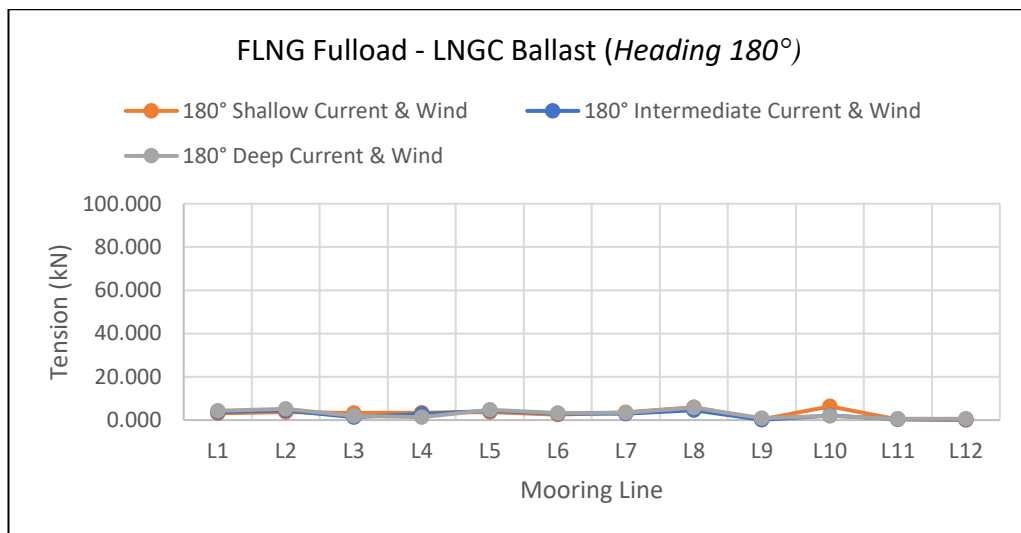
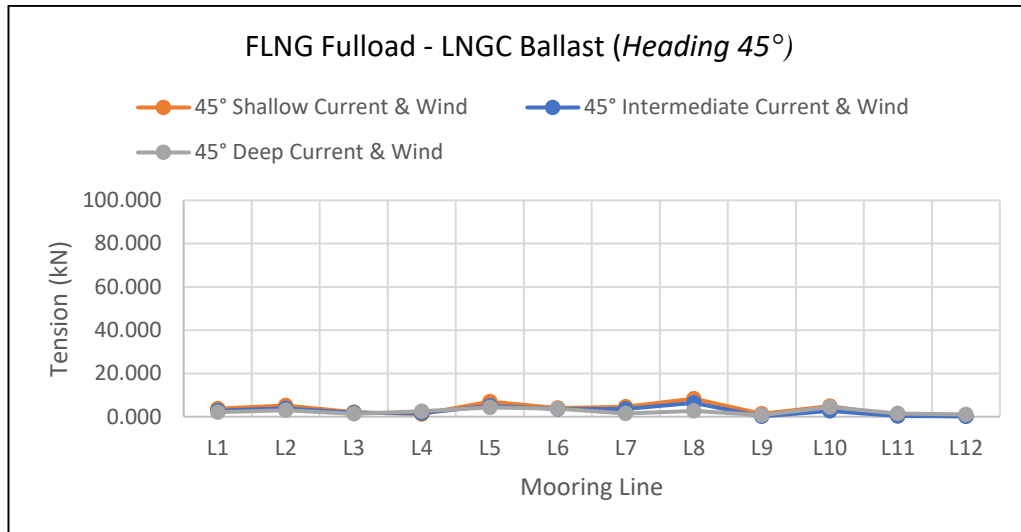
Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.

**4.6.2 Hasil Tension Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Arus dan Angin**

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Shallow Water (Depth 11.5 m) With Current & Wind Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	3.699	5.155	2.010	1.214	3.096	3.961	4.536	8.358	1.362	4.965	0.414	0.249	8.358	61.51	ok	
180°	3.163	3.716	3.289	3.428	3.660	2.527	3.591	5.883	0.333	6.322	0.297	0.008	6.322	81.33	ok	
<b>Max tension Overall</b>												8.358	61.51	ok		

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Intermediate Water (Depth 25 m) With Current & Wind Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	2.788	3.793	1.789	1.662	4.900	3.488	3.546	6.378	0.154	2.702	0.277	0.162	6.378	80.61	ok	
180°	3.723	4.480	1.296	2.836	4.300	2.950	2.991	4.560	0.135	2.096	0.494	0.320	4.560	112.74	ok	
<b>Max tension Overall</b>												6.378	80.61	ok		

FLNG Fulload – LNGC Ballast	Deep Water ( <i>Depth 170 m</i> ) With Current & Wind Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	2.067	2.927	1.390	2.520	6.449	3.702	1.493	2.644	0.749	5.420	1.560	1.022	6.449	79.72	ok	
180°	4.273	5.146	1.866	1.342	4.756	3.268	3.465	5.774	0.886	1.923	0.613	0.593	5.774	89.04	ok	
<b>Max tension Overall</b>												6.449	79.72	ok		



**Gambar 4.29** Tren Grafik *Tension* FLNG Fulload – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) *Current & Wind Load Only*

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria safety factor (SF) yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 8.358 kN dengan  $SF = 61.51$  dan heading 180° yaitu 6.322 kN dengan  $SF = 81.33$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 6.378 kN dengan  $SF = 80.61$  dan heading 180° yaitu 4.560 kN dengan  $SF = 112.74$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 6.449 kN dengan  $SF = 79.72$  dan heading 180° yaitu 5.774 kN dengan  $SF = 89.04$ .

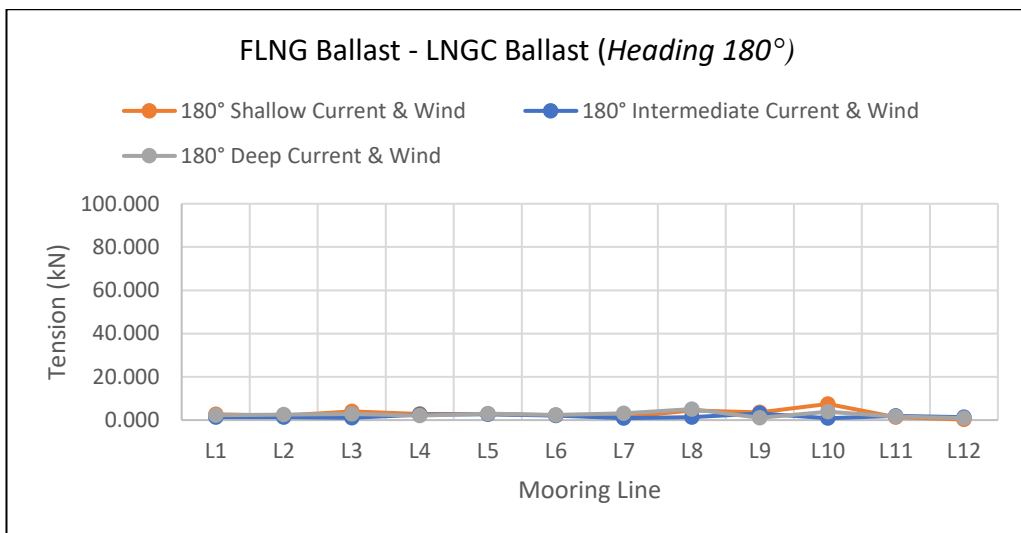
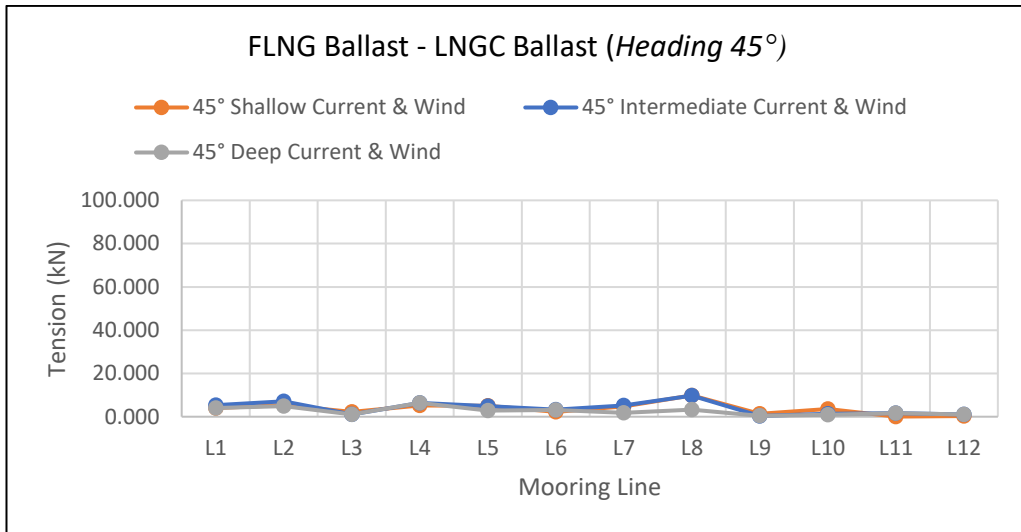
Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.

**4.6.3 Hasil *Tension* Tali Tambat *Heading* 45° dan 180° *FLNG Ballast – LNGC Ballast* pada Setiap Kedalaman dengan Hanya Memakai Beban Arus dan Angin**

Shallow Water ( <i>Depth</i> 11.5 m) With Current & Wind Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Ballast	Heading	Line Tension (kN)											Max <i>Tension</i> (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67	
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11				L12
	45°	4.067	5.332	2.206	5.184	3.048	2.239	4.750	9.848	1.332	3.528	0.055	0.303	9.848	52.21	ok
	180°	2.644	2.119	3.999	2.890	2.859	2.217	1.376	4.466	3.525	7.465	1.344	0.254	7.465	68.87	ok
<b>Max tension Overall</b>													9.848	52.21	ok	

Intermediate Water ( <i>Depth</i> 25 m) With Current & Wind Load Only																
FLNG Ballast – LNGC Ballast	Heading	Line Tension (kN)											Max <i>Tension</i> (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67	
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11				L12
	45°	5.409	7.071	1.000	6.324	1.987	3.304	5.227	9.737	0.370	1.331	1.614	1.056	9.737	52.80	ok
	180°	1.296	1.395	1.102	2.464	2.637	2.037	0.897	1.407	3.056	0.857	2.003	1.412	3.056	168.22	ok
<b>Max tension Overall</b>													9.737	52.80	ok	

FLNG Ballast – LNGC Ballast	Deep Water ( <i>Depth 170 m</i> ) With Current & Wind Load Only															
	Heading	Line Tension (kN)												Max Tension (kN)	SF (MBL / Max tens) Ratio	SF Intact Criteria >1.67
		Ship to Jetty						Ship to Ship								
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12			
45°	4.045	4.849	0.996	6.390	4.678	3.153	1.840	3.231	0.386	0.953	1.606	1.076	6.390	80.46	ok	
180°	2.184	2.601	2.844	2.138	3.015	2.317	3.117	5.080	1.095	3.801	1.570	0.898	5.080	101.20	ok	
<b>Max tension Overall</b>												6.390	80.46	ok		



**Gambar 4.30** Tren Grafik *Tension* FLNG Ballast – LNGC Ballast, Heading 45 (atas) dan Heading 180 (bawah) *Current & Wind Load Only*

Dari hasil tabel diatas, menunjukkan bahwa SF pada setiap Mooring Line masih memenuhi kriteria safety factor (SF) yaitu  $SF > 1.67$ . Untuk *Shallow Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 9.848 kN dengan  $SF = 52.21$  dan heading 180° yaitu 7.465 kN dengan  $SF = 68.87$ . Untuk *Intermediate Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 9.737 kN dengan  $SF = 52.80$  dan heading 180° yaitu 3.056 kN dengan  $SF = 168.22$ . Untuk *Deep Water*, nilai *tension* tertinggi heading 45° yaitu 6.390 kN dengan  $SF = 80.460$  dan heading 180° yaitu 5.080 kN dengan  $SF = 101.20$ .

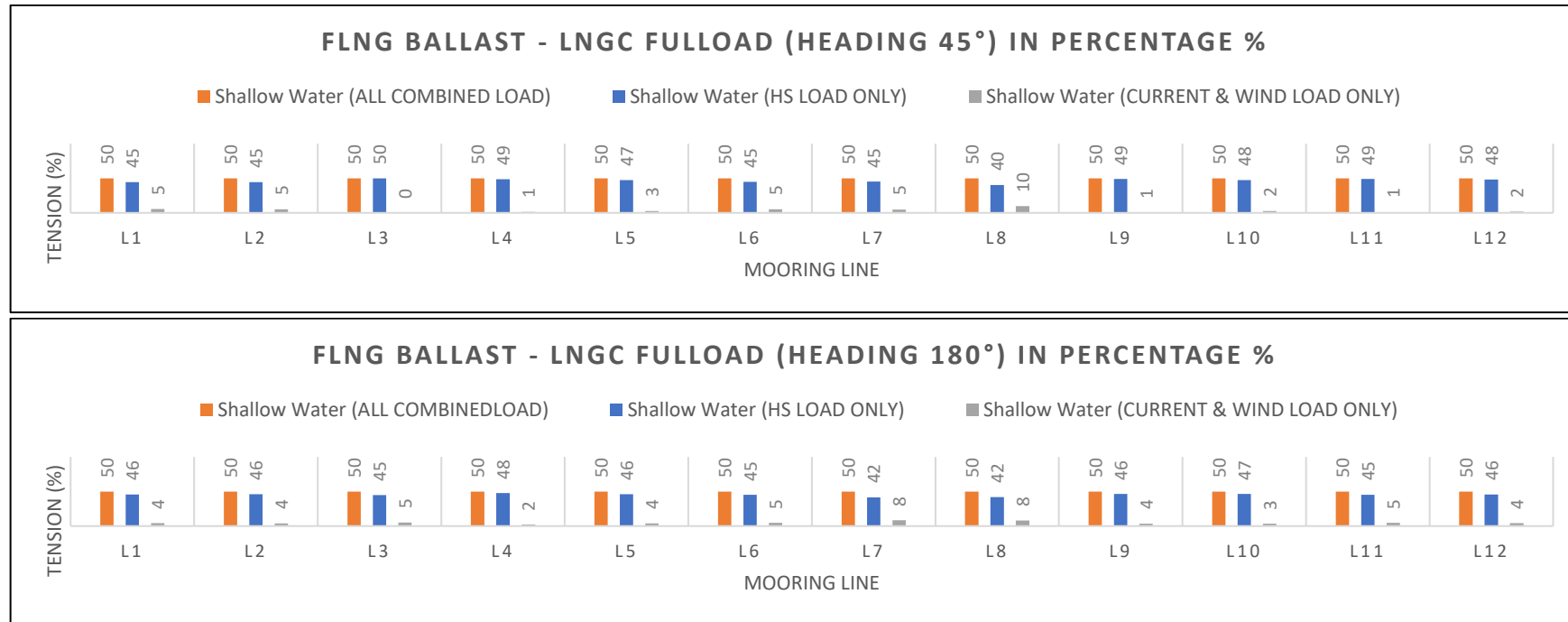
Dari hasil tren grafik diatas, terlihat bahwa semakin dalam perairan (*Shallow – Intermediate – Deep*), maka nilai *tension* juga akan semakin kecil.



**4.7 ANALISIS SELISIH PENGARUH BEBAN GELOMBANG, BEBAN ARUS, DAN BEBAN ANGIN TERHADAP *TENSION* TALI TAMBAT PADA SETIAP LEVEL KEDALAMAN**

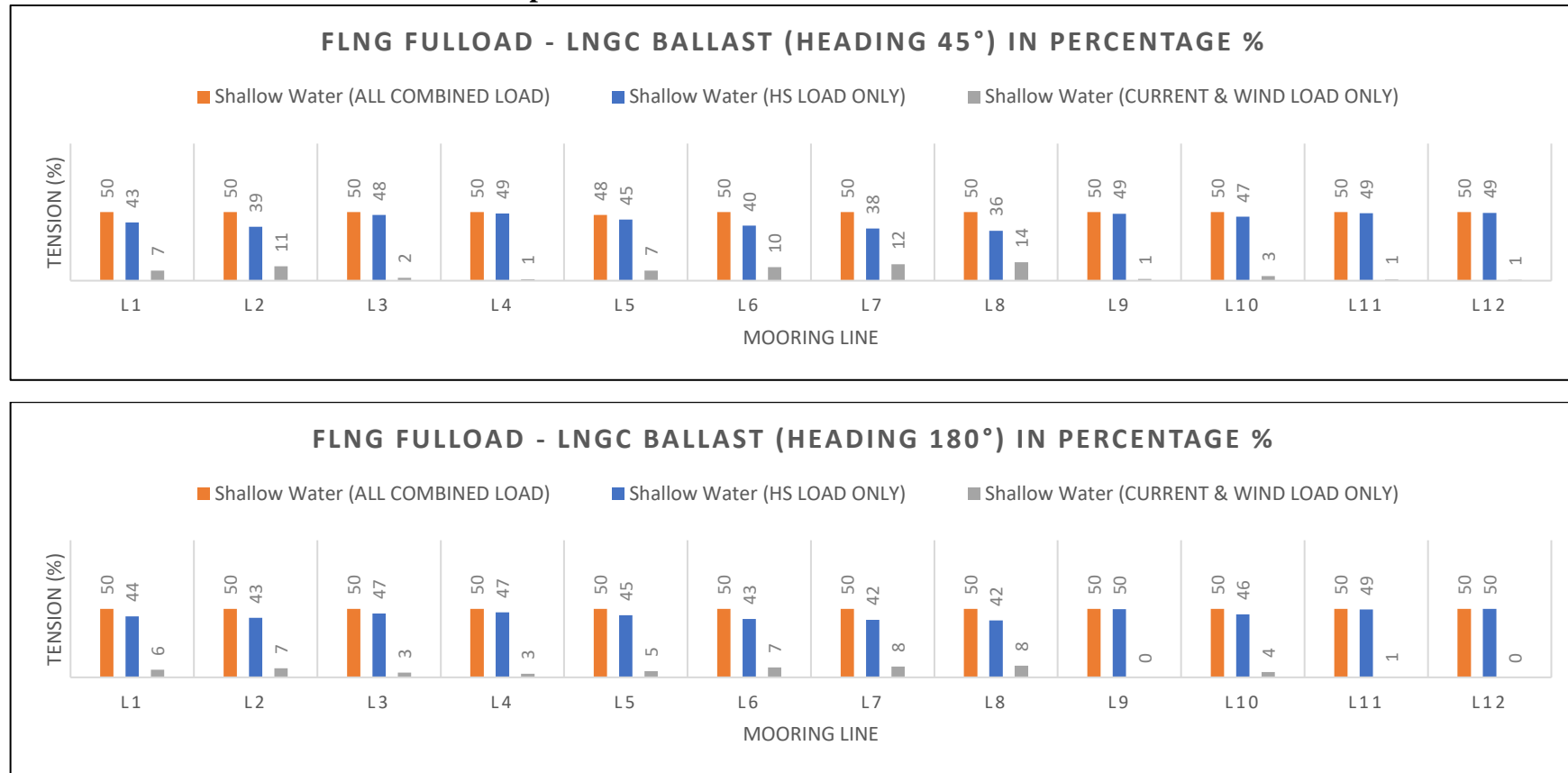
**4.7.A SHALLOW WATER**

**4.7.A1 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Shallow Water**



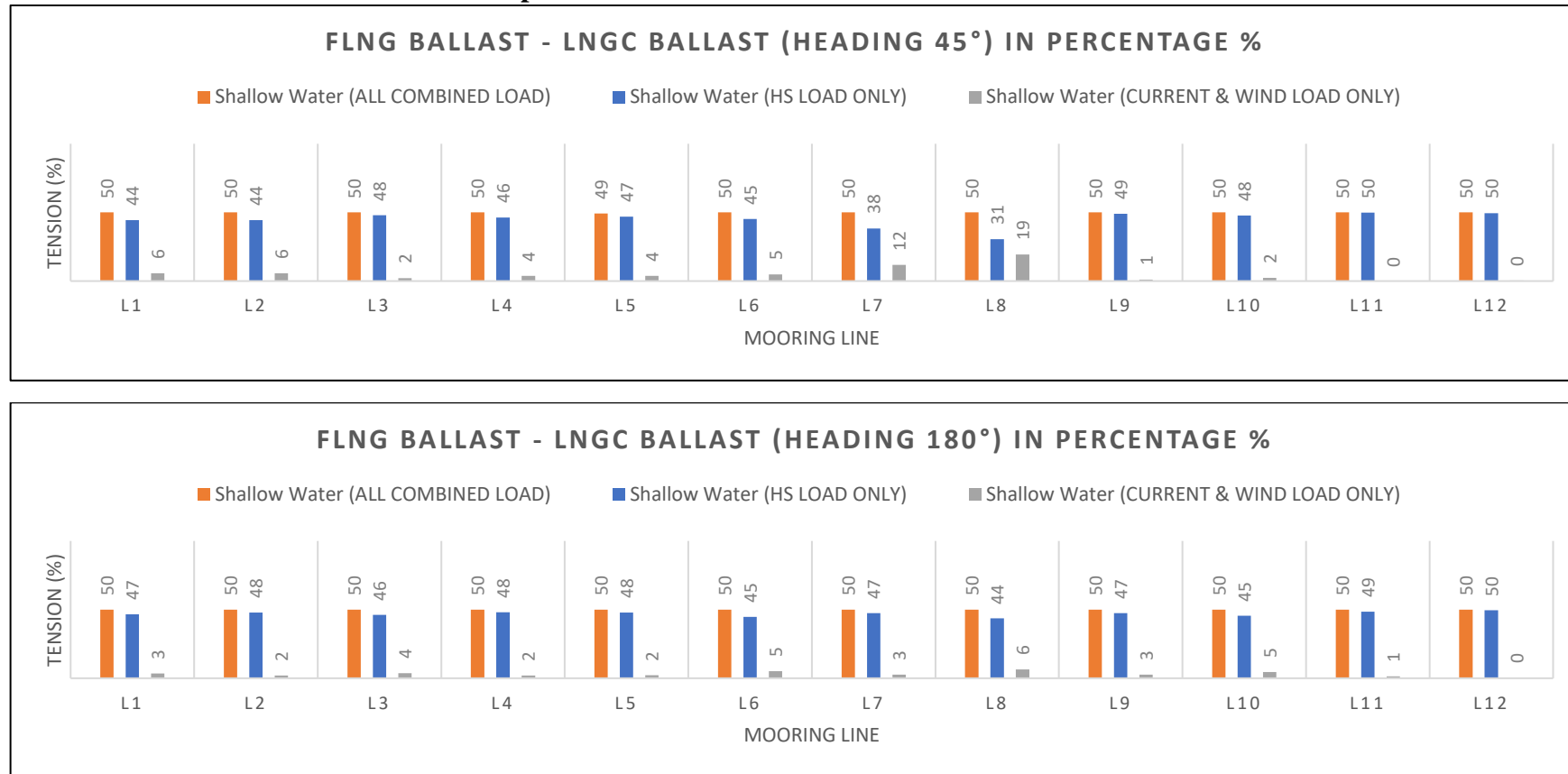
**Gambar 4.31** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Shallow Water

**4.7.A2 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada Shallow Water**



**Gambar 4.32** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada *Shallow Water*

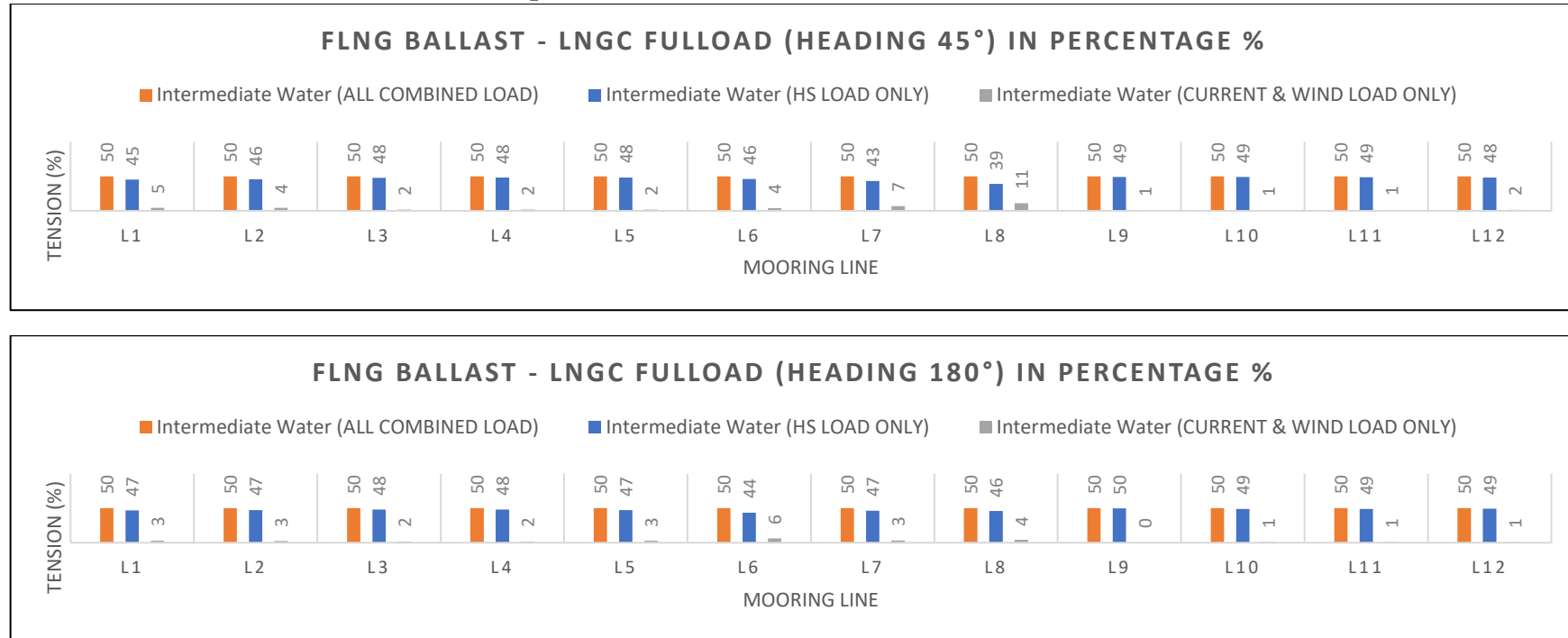
**4.7.A3 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada Shallow Water**



**Gambar 4.33** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada *Shallow Water*

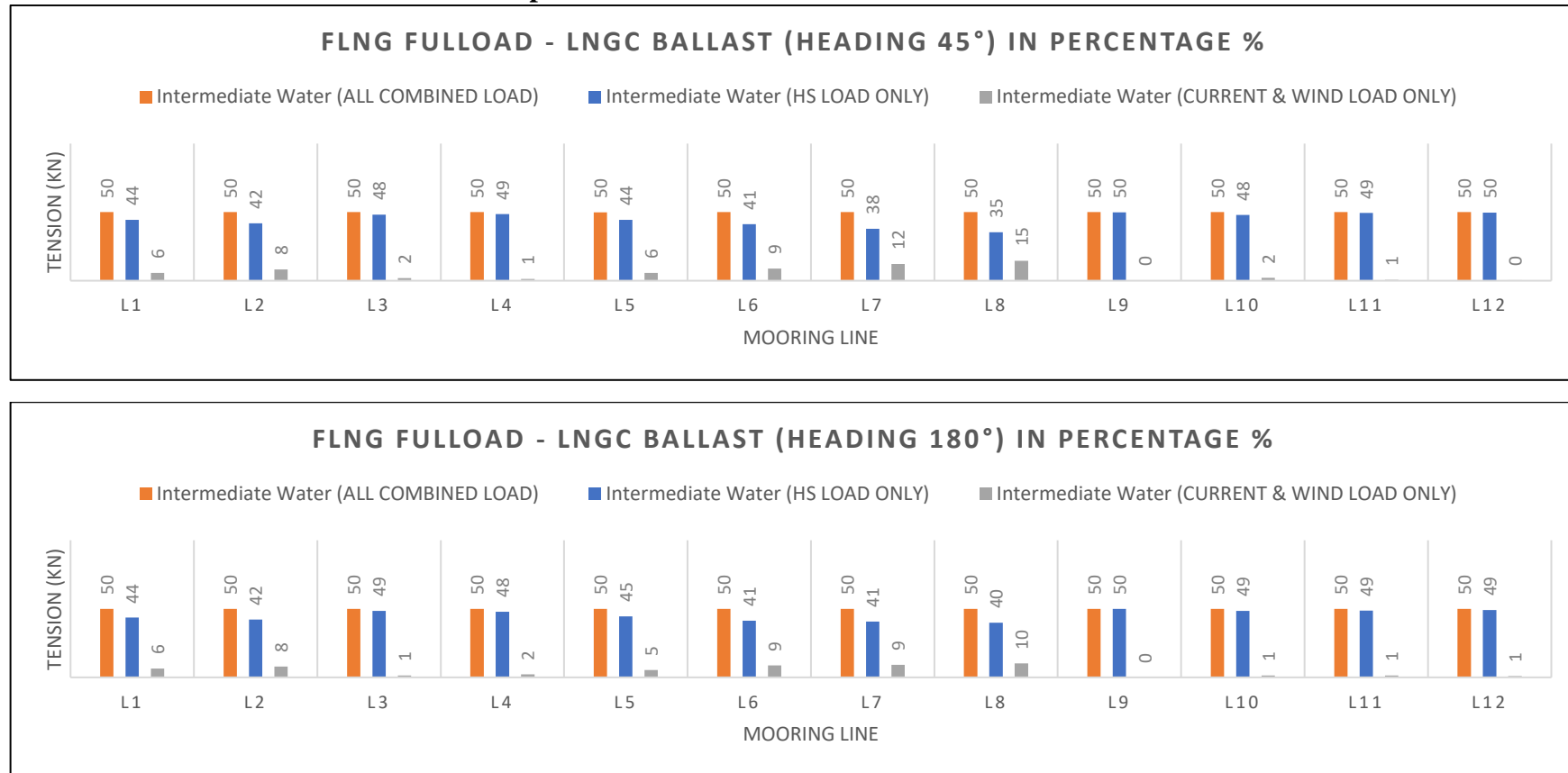
#### 4.7.B INTERMEDIATE WATER

##### 4.7.B1 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Intermediate Water



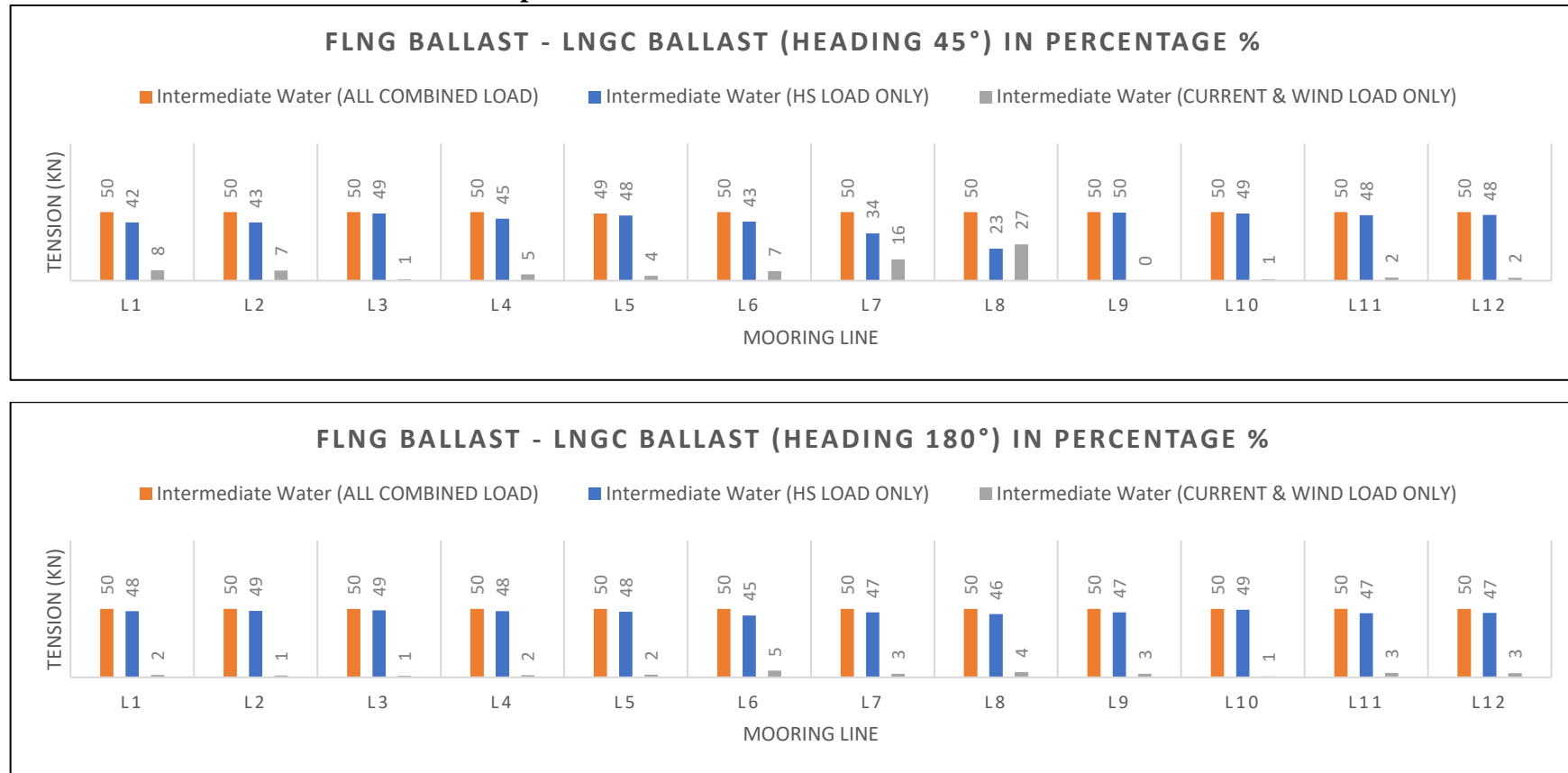
**Gambar 4.34** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada *Intermediate Water*

**4.7.B2 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada Intermediate Water**



**Gambar 4.35** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada *Intermediate Water*

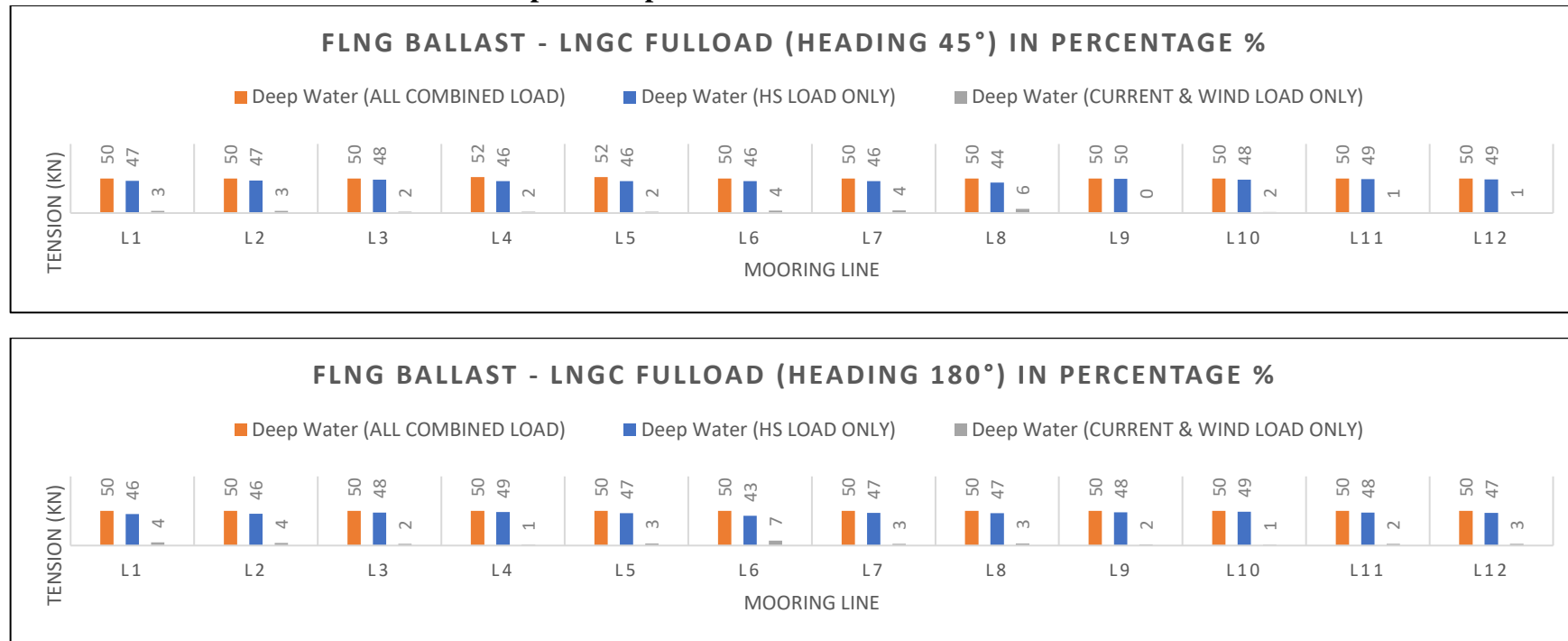
**4.7.B3 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada Intermediate Water**



**Gambar 4.36** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada *Intermediate Water*

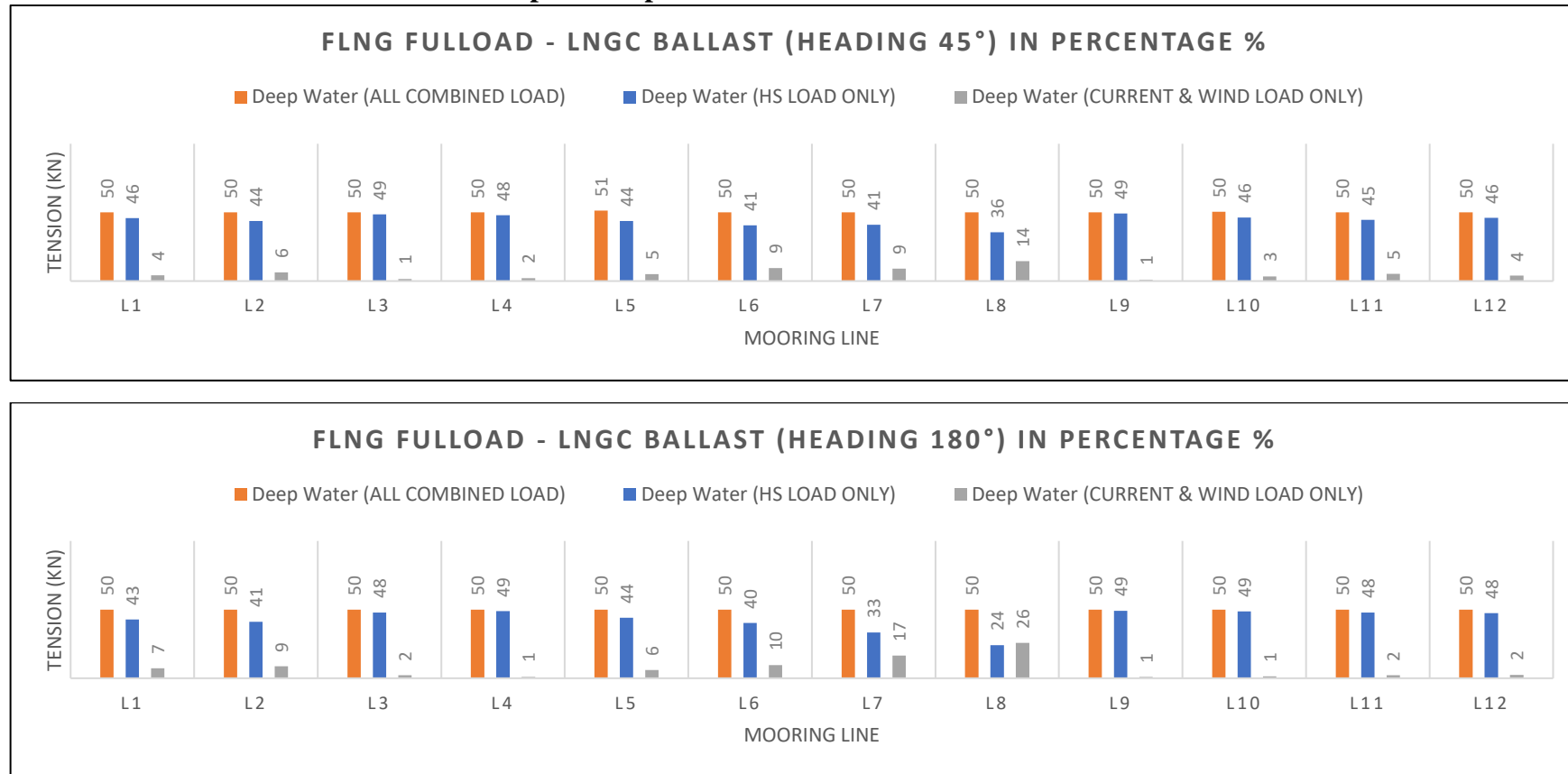
### 4.7.C DEEP WATER

#### 4.7.C1 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada Deep Water



**Gambar 4.37** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Fulload pada *Deep Water*

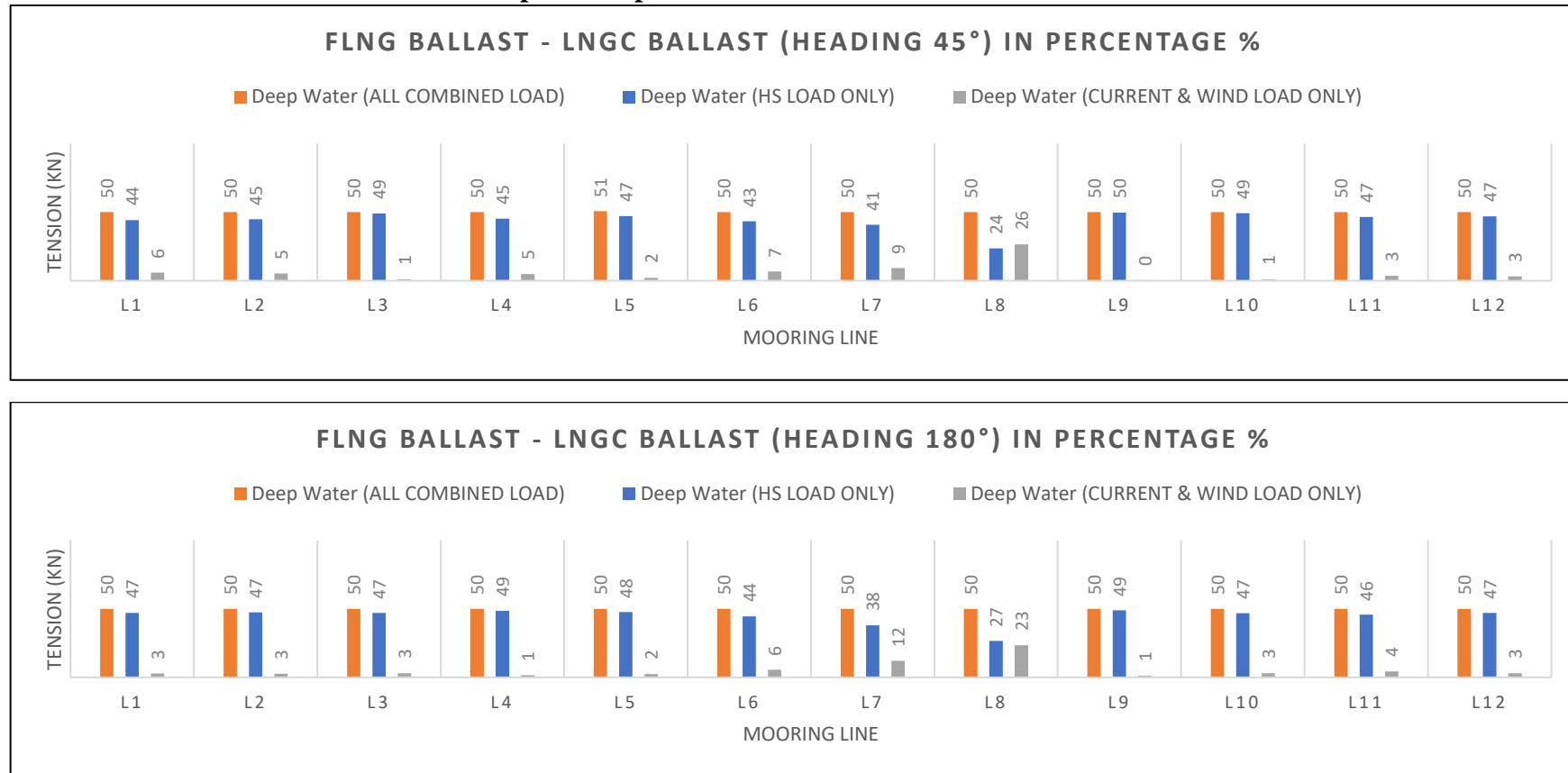
**4.7.C2 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada Deep Water**



**Gambar 4.38** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Fulload – LNGC Ballast pada *Deep Water*



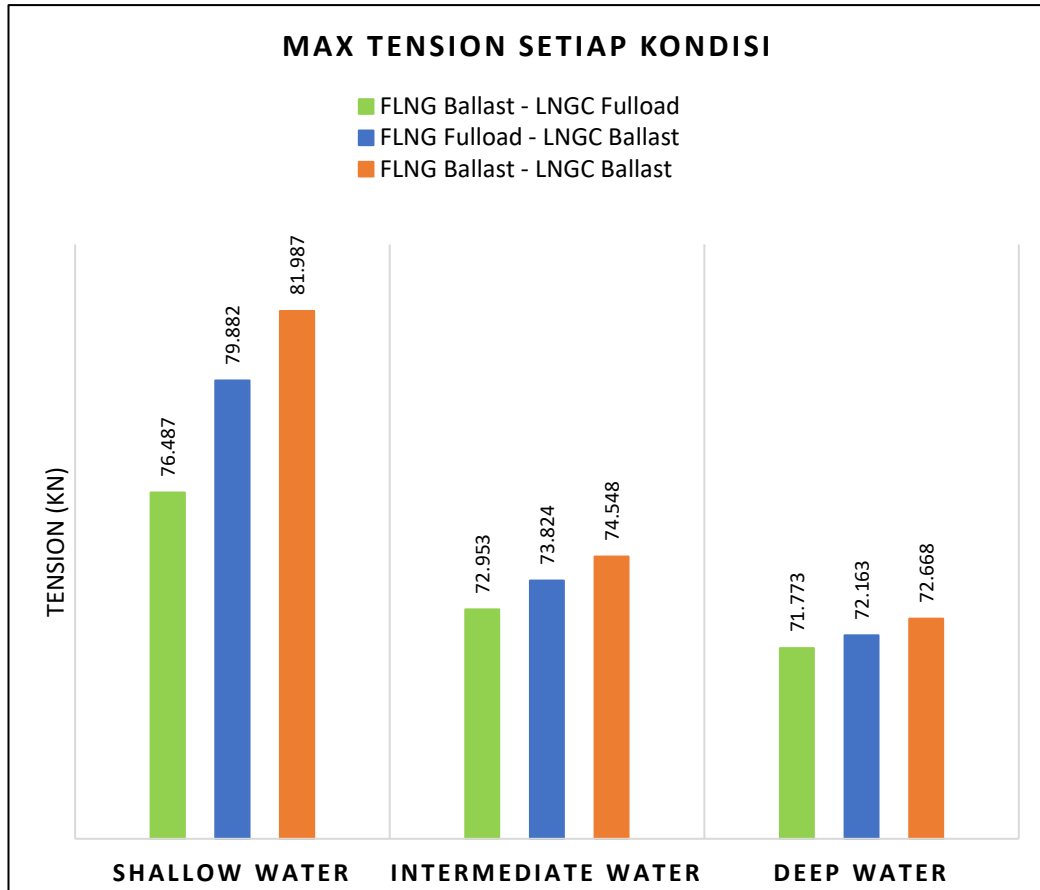
**4.7.C3 Hasil Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Terhadap *Tension* Tali Tambat Heading 45° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada Deep Water**



**Gambar 4.39** Tren Grafik *Tension* Selisih Pengaruh Beban Gelombang, Beban Arus, dan Beban Angin Heading 45° dan 180° dan 180° FLNG Ballast – LNGC Ballast pada *Deep Water*

#### 4.8 Hasil Max Tension Overall pada Setiap Kondisi Kapal dan pada Setiap Kedalaman

Berikut ini merupakan hasil maksimum *tension overall* pada setiap kondisi kapal dan pada setiap kedalaman perairan



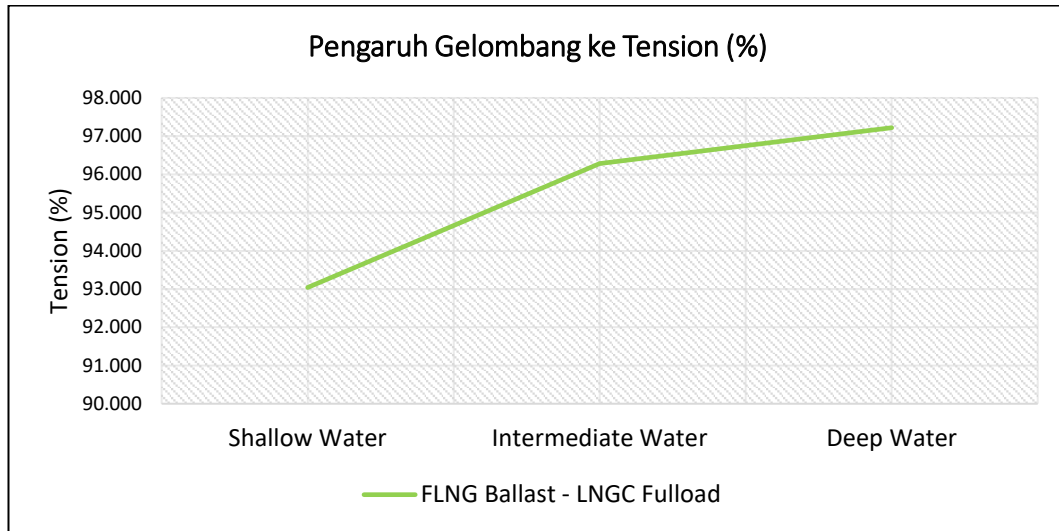
**Gambar 4.40** *Max Tension Overall* pada Setiap Kondisi Kapal dan pada Setiap Kedalaman

Dari grafik diatas, terlihat bahwa pada kondisi kapal FLNG *Ballast – LNGC Ballast*, hasil *tension* memiliki nilai yang maksimum yaitu 81.987 kN dengan SF = 6.27 . Hal ini disebabkan karena pada kondisi kapal *ballast*, kapal akan semakin tidak stabil, sehingga tegangan (*tension*) tali tambat akan semakin besar. Untuk *safety factor*, masih memenuhi API RP 2SK (2015) yaitu >1.67.

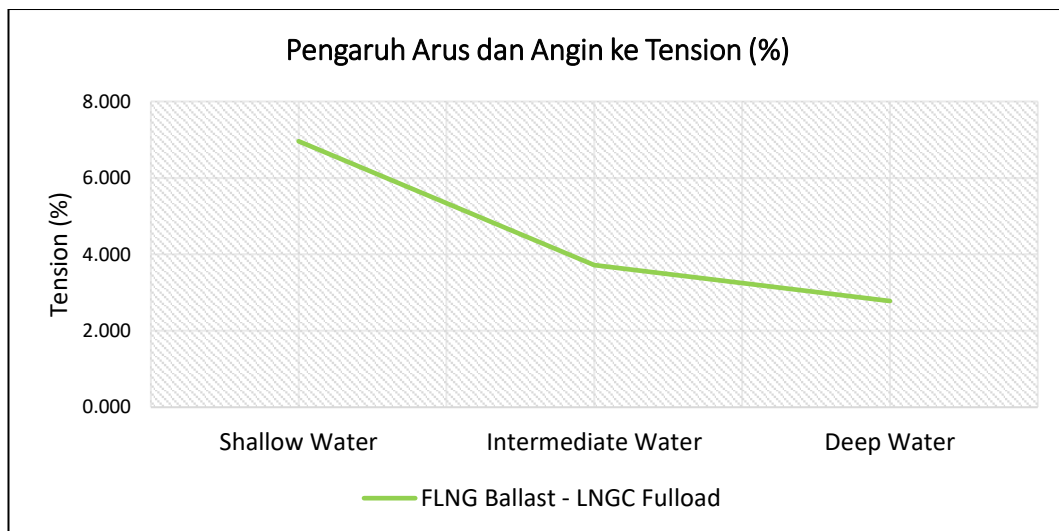
Pada grafik diatas juga terlihat bahwa semakin dalam perairan, maka *tension* tali tambat akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena arus pada perairan dalam tidak terlalu mempengaruhi *body* kapal, karena arus pada perairan dalam lebih dominan pada dasar laut.

#### 4.9 Perbandingan Pengaruh Beban Gelombang dan Pengaruh Beban Arus & Angin terhadap *Tension* Tali Tambat Kapal

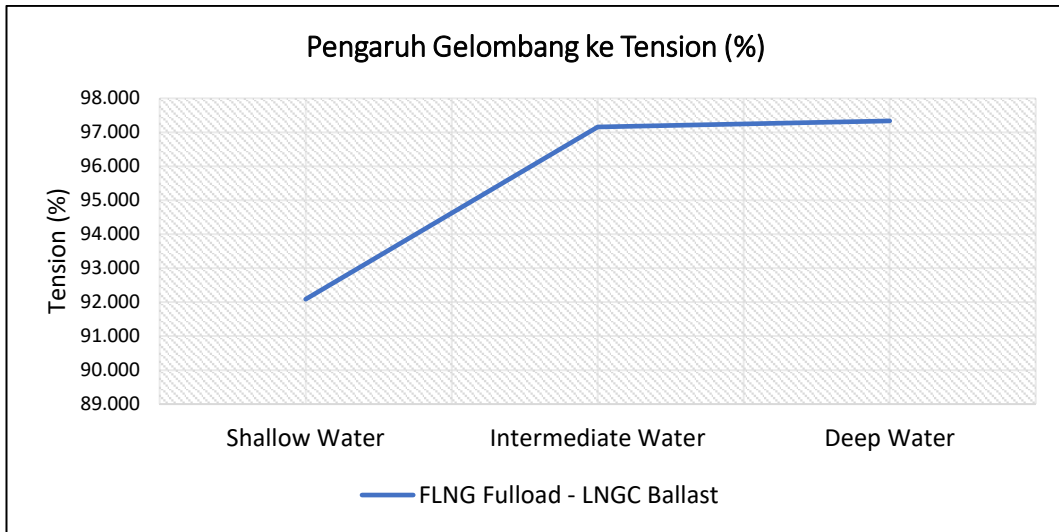
Berikut ini merupakan grafik hasil perbandingan pengaruh beban gelombang dan pengaruh beban arus & angin terhadap *tension* tali tambat kapal. Pada grafik tersebut menggunakan nilai persentase (%). Untuk hasil grafik tersebut adalah sebagai berikut :



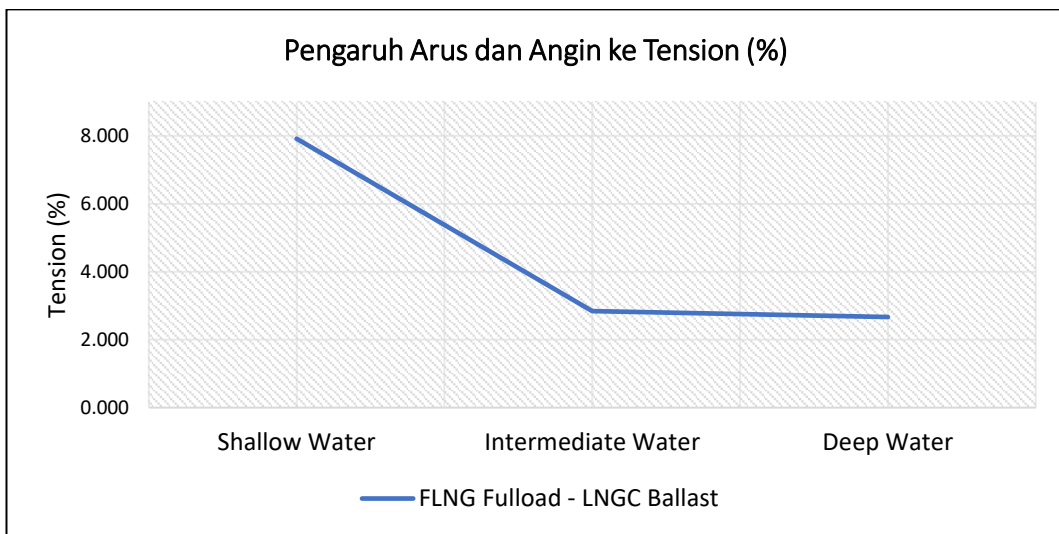
**Gambar 4.41** Pengaruh Beban Gelombang ke Tension Tali Tambat FLNG Ballast – LNGC Fulload di Setiap Kedalaman



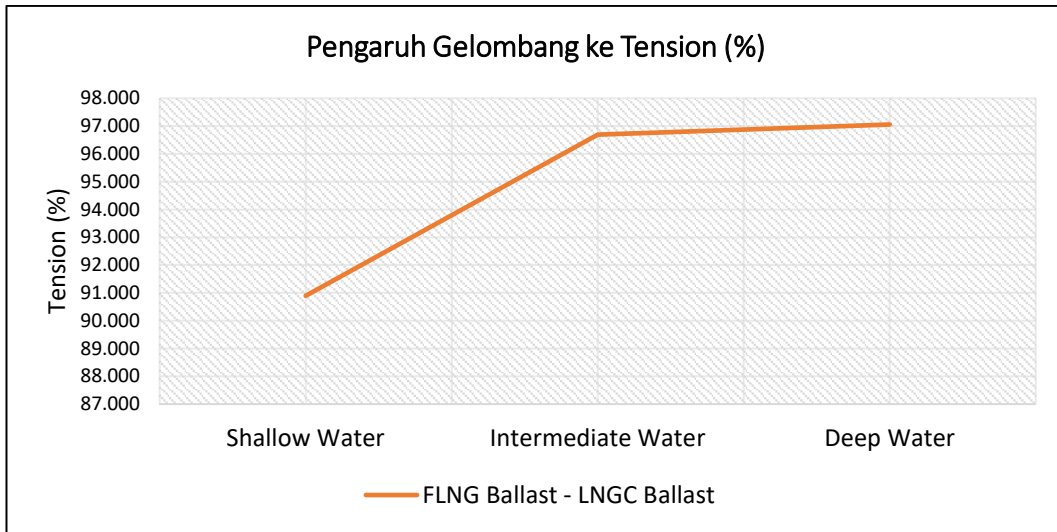
**Gambar 4.42** Pengaruh Beban Arus dan Angin ke Tension Tali Tambat FLNG Ballast – LNGC Fulload di Setiap Kedalaman



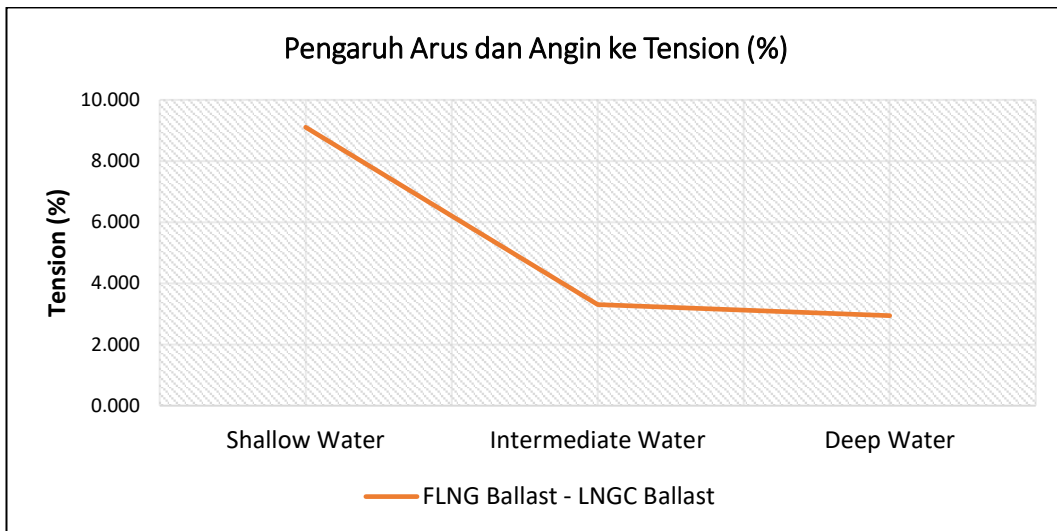
**Gambar 4.43** Pengaruh Beban Gelombang ke Tension Tali Tambat FLNG Fulload – LNGC Ballast di Setiap Kedalaman



**Gambar 4.44** Pengaruh Beban Arus dan Angin ke Tension Tali Tambat FLNG Fulload – LNGC Ballast di Setiap Kedalaman



**Gambar 4.45** Pengaruh Beban Gelombang ke Tension Tali Tambat FLNG Ballast – LNGC Ballast di Setiap Kedalaman



**Gambar 4.46** Pengaruh Beban Arus dan Angin ke Tension Tali Tambat FLNG Ballast – LNGC Ballast di Setiap Kedalaman

Dari hasil grafik diatas pada setiap kondisi kapal, terlihat bahwa pengaruh beban gelombang pada *tension* tali tambat akan semakin besar jika perairan semakin dalam dan akan semakin mengecil pada perairan dangkal pada. Berbeda terbalik dengan pengaruh beban arus dan angin, dimana pengaruh beban arus dan angin akan semakin kecil jika perairan semakin dalam dan akan semakin besar pada perairan dangkal pada setiap kondisi kapal.

Untuk hasil dalam bentuk tabel akan disajikan sebagai berikut ini :

**Tabel 4.8** Pengaruh beban Gelombang ke Tension

<b>Pengaruh Beban Gelombang ke <i>Tension Mooring Lines</i> (%)</b>			
<b>Kondisi Kapal</b>	<b>Max <i>Tension</i> (%)</b>		
	<b>Shallow Water</b>	<b>Intermediate Water</b>	<b>Deep Water</b>
<b>FLNG Ballast - LNGC Fulload</b>	93.041	96.284	97.222
<b>FLNG Fulload - LNGC Ballast</b>	92.086	97.161	97.335
<b>FLNG Ballast - LNGC Ballast</b>	90.895	96.695	97.058
<b>Rata - rata =</b>	92.007	96.713	97.205

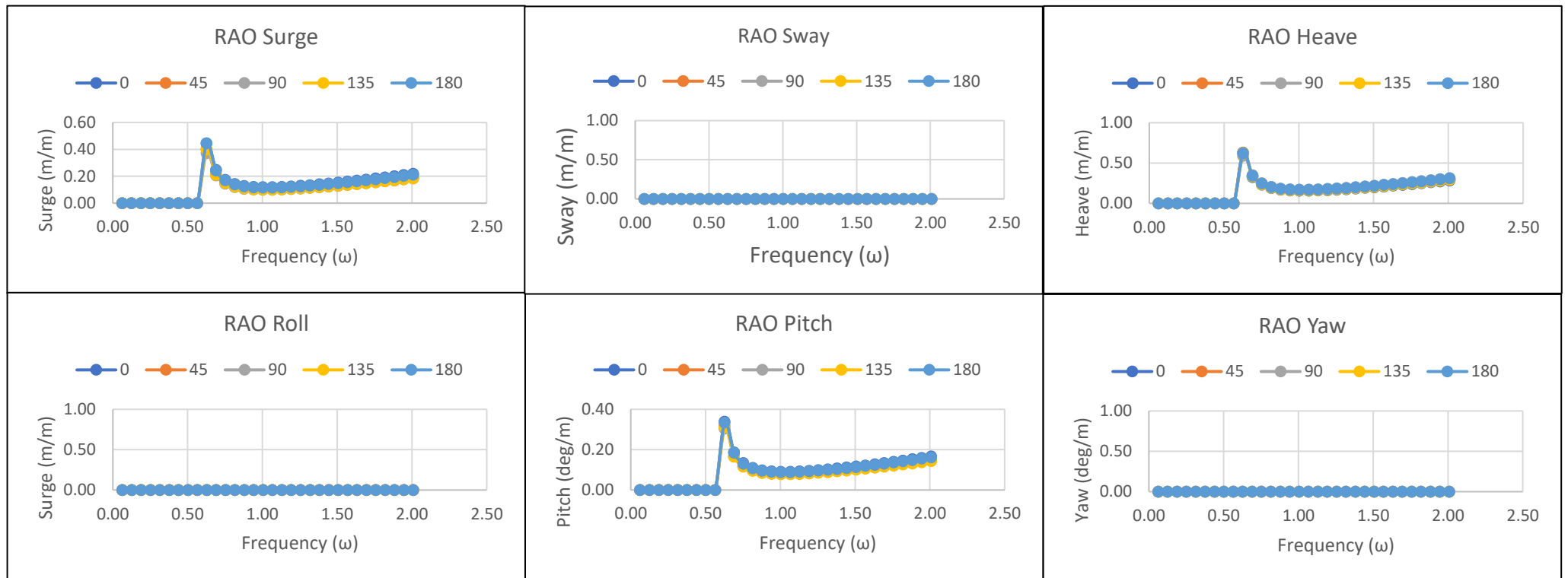
**Tabel 4.9** Pengaruh Beban Arus dan Angin ke Tension

<b>Pengaruh Beban Arus &amp; Angin ke <i>Tension Mooring Lines</i> (%)</b>			
<b>Kondisi Kapal</b>	<b>Max <i>Tension</i> (%)</b>		
	<b>Shallow Water</b>	<b>Intermediate Water</b>	<b>Deep Water</b>
<b>FLNG Ballast - LNGC Fulload</b>	6.959	3.716	2.778
<b>FLNG Fulload - LNGC Ballast</b>	7.914	2.839	2.665
<b>FLNG Ballast - LNGC Ballast</b>	9.105	3.305	2.942
<b>Rata – rata =</b>	7.993	3.287	2.795

**4.10 ANALISIS PENGARUH KEDALAMAN AIR TERHADAP KARAKTERISTIK RESPON GERAK FLNG DAN LNG CARRIER SAAT TERTAMBAT (RAO TERTAMBAT)**

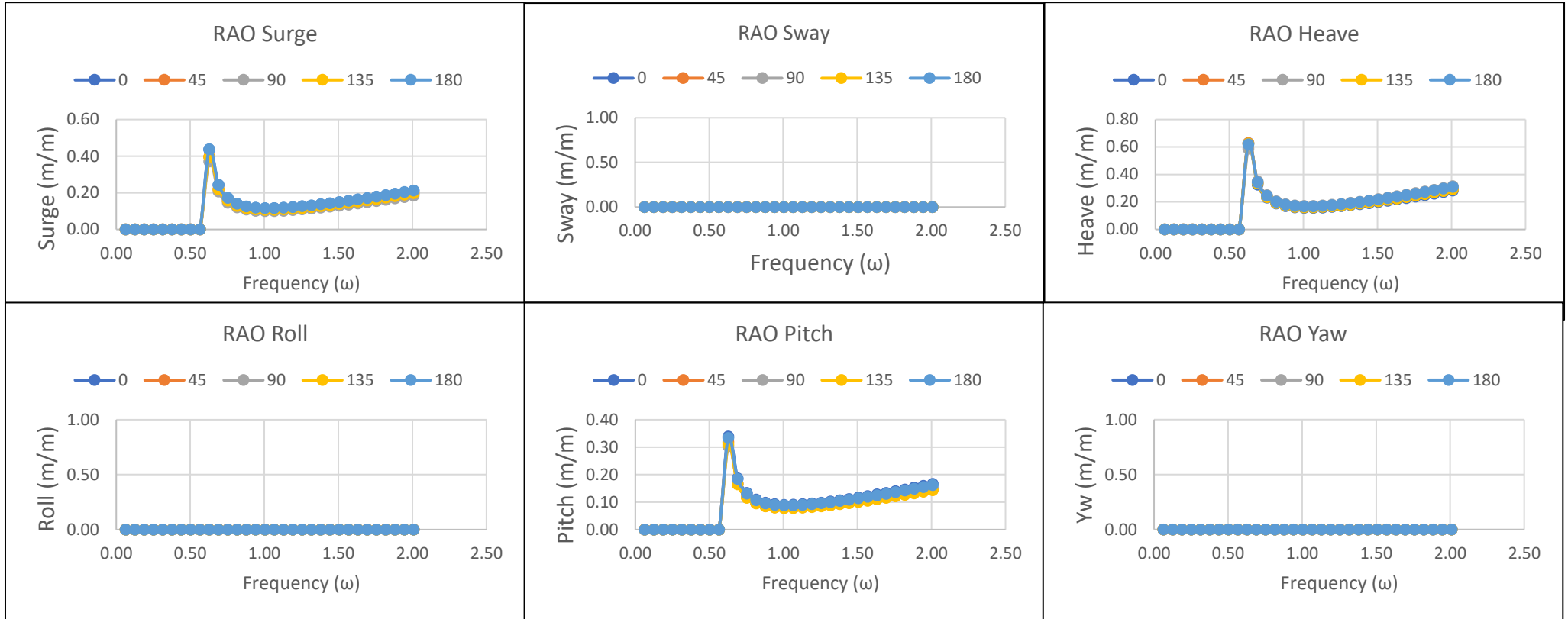
**4.10.A) RAO TERTAMBAT KAPAL FLNG SAGA DOWN**

**4.10.A.1 RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Fullload pada Shallow Water**



**Gambar 4.47** RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi *Fullload* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, Kapal FLNG Saga Down Kondisi *Fullload* di *Shallow Water* Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

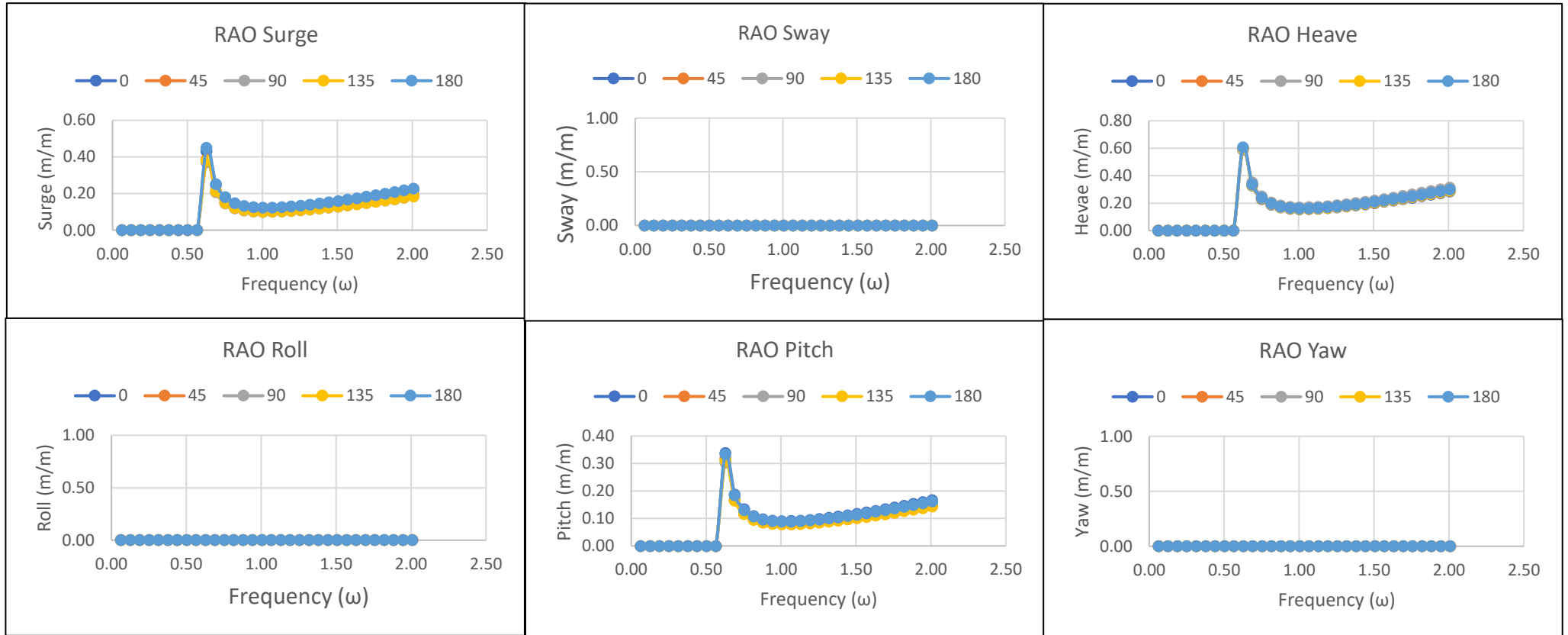
**4.10.A.2 RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Fullload pada Intermediate Water**



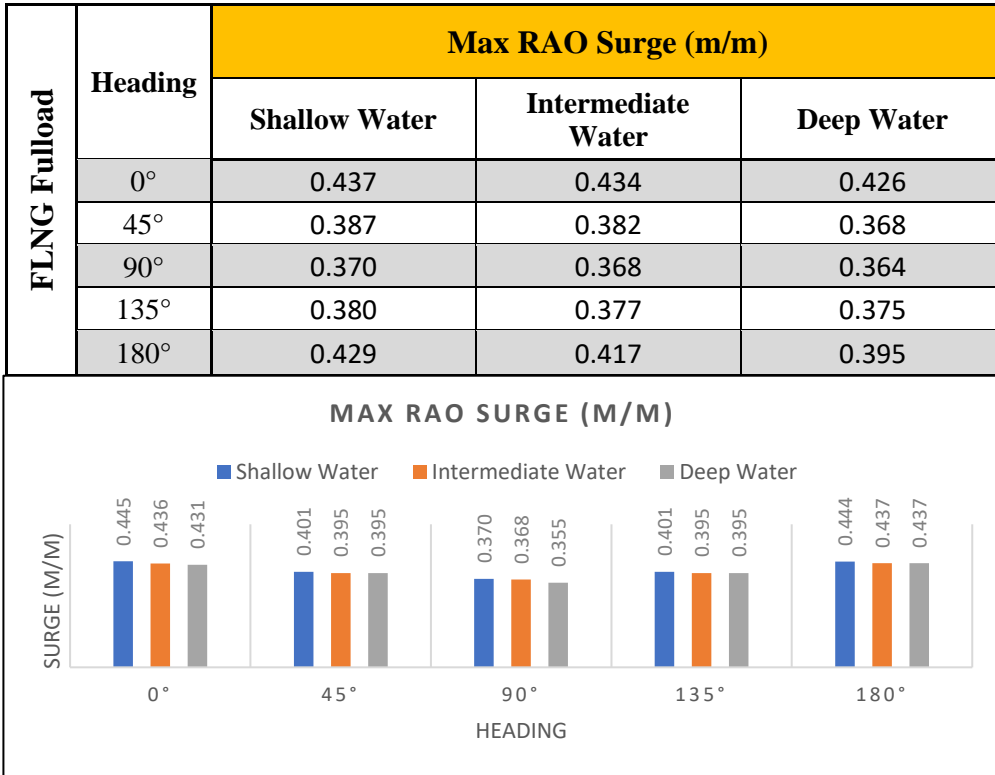
**Gambar 4.48** RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi *Fullload* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di *Intermediate Water* Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°



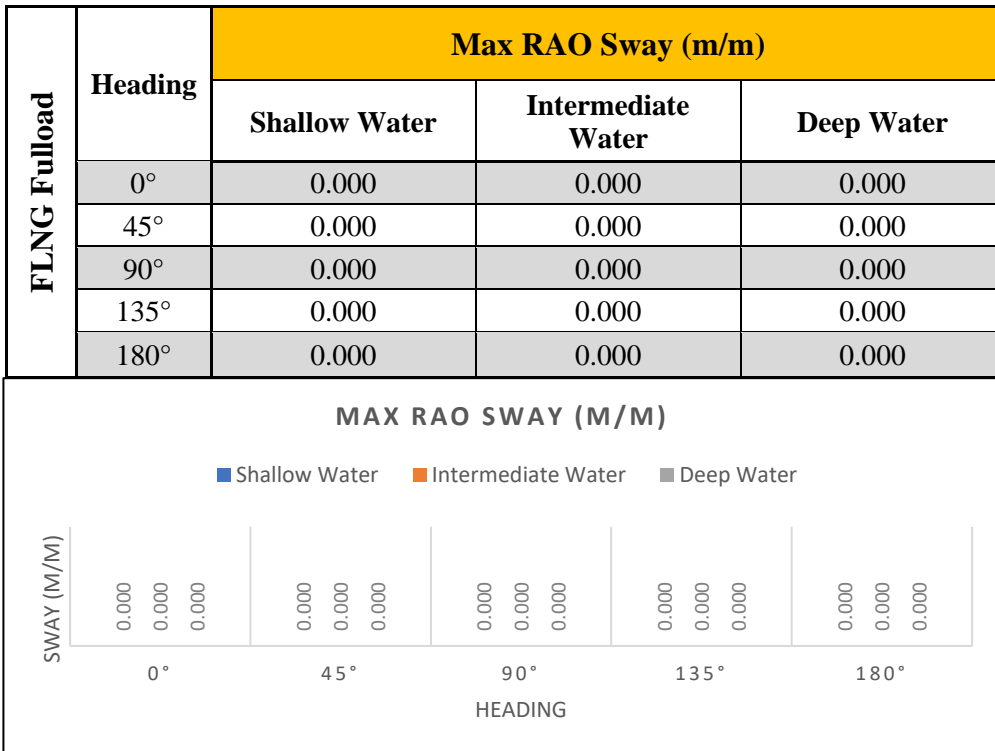
**4.10.A.3 RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Fullload pada Deep Water**



**Gambar 4.49** RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Fullload Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Deep Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

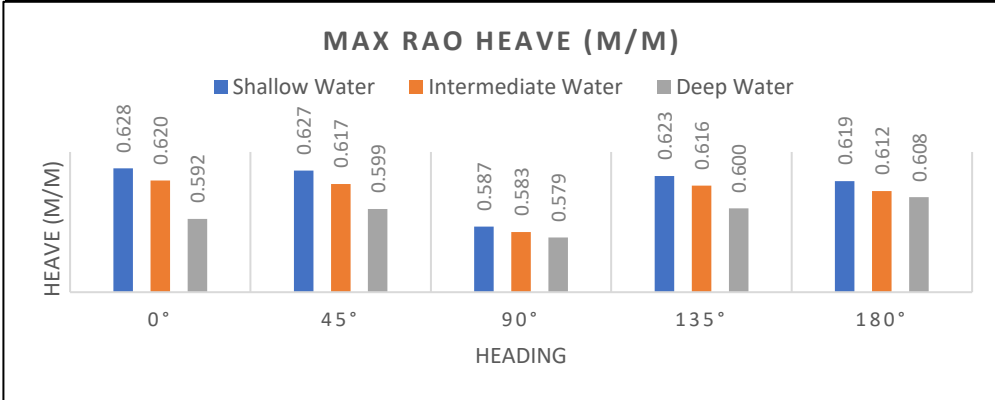


(a)



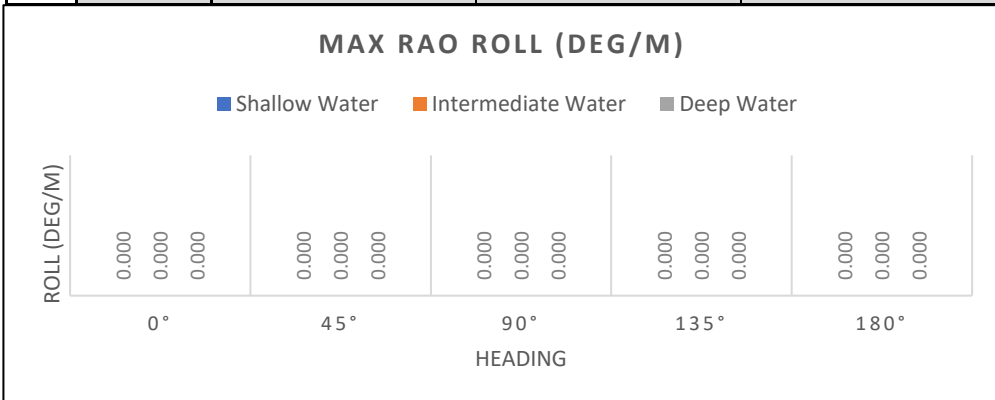
(b)

FLNG Fullload	Heading	Max RAO Heave (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.628	0.620	0.592
	45°	0.627	0.617	0.599
	90°	0.587	0.583	0.579
	135°	0.623	0.616	0.600
	180°	0.619	0.612	0.608

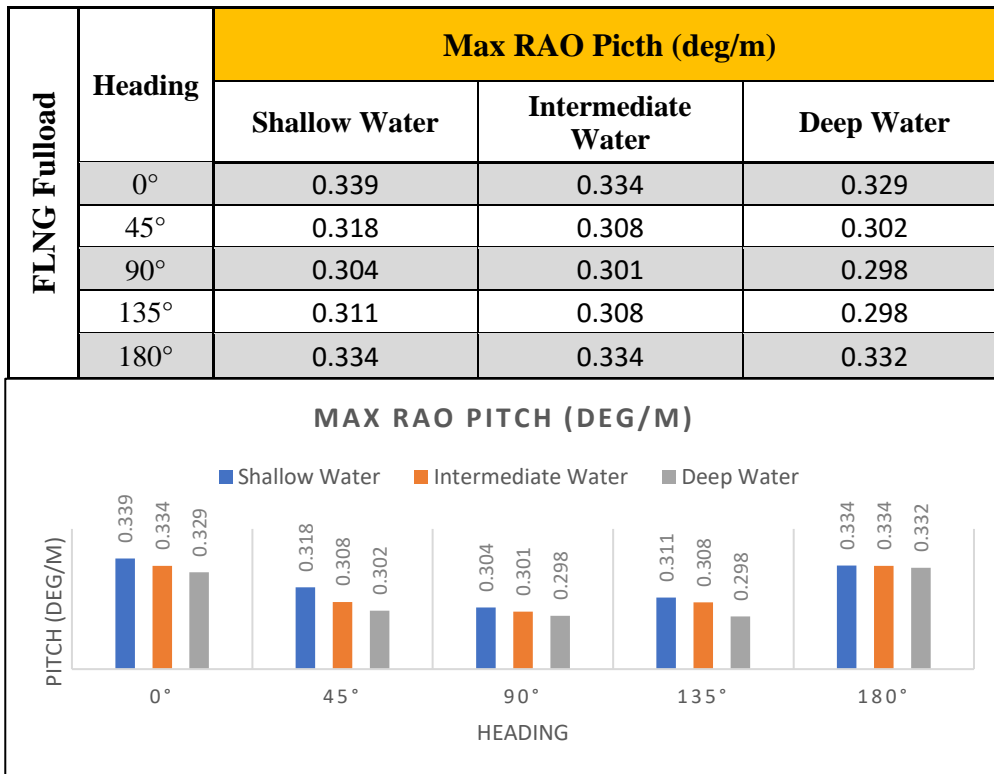


(c)

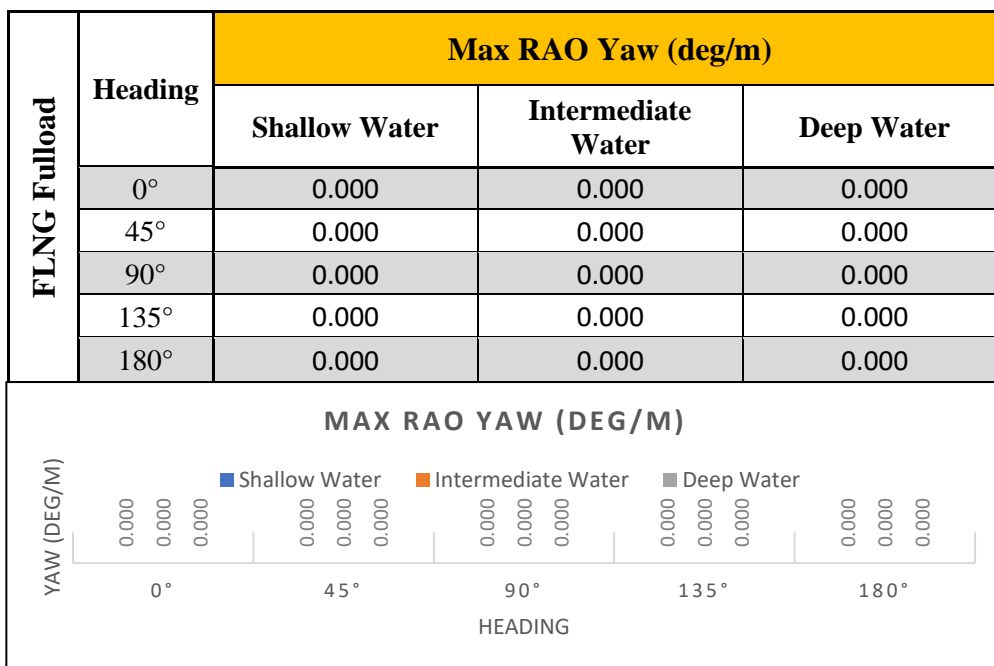
FLNG Fullload	Heading	Max RAO Roll (deg/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.000	0.000	0.000
	45°	0.000	0.000	0.000
	90°	0.000	0.000	0.000
	135°	0.000	0.000	0.000
	180°	0.000	0.000	0.000



(d)



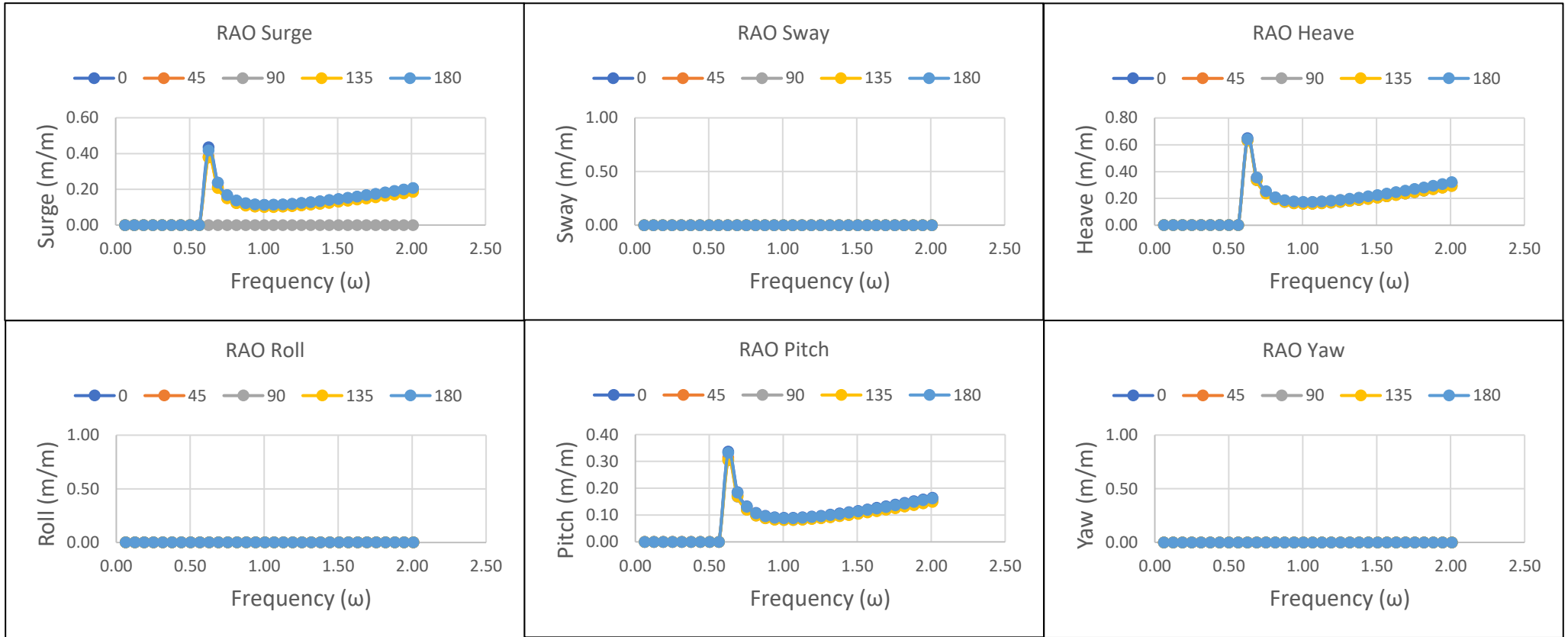
(e)



(f)

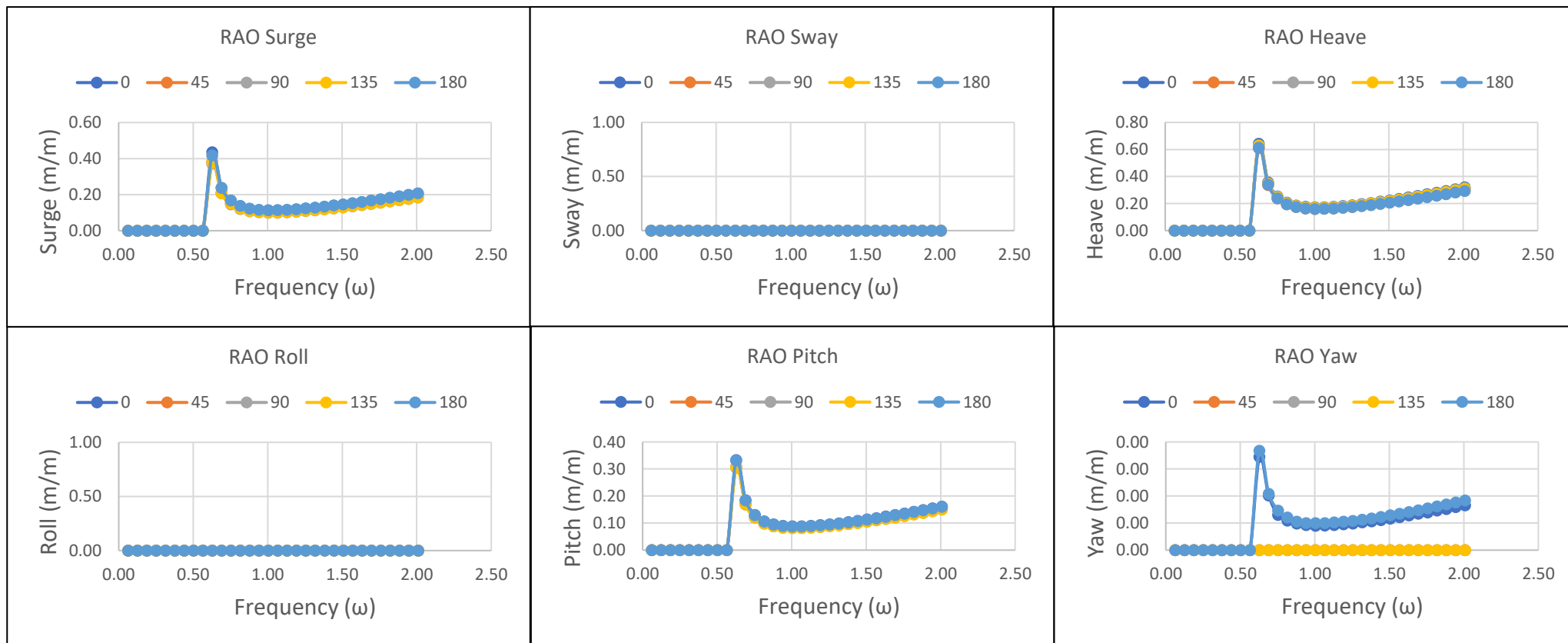
**Gambar 4.50** Max RAO Tertambat FLNG Fullload Surge (a), Sway (b), Heave (c), Roll (d), Pitch (e), Yaw (f), di setiap Kedalaman

**4.10.A.4 RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast pada Shallow Water**



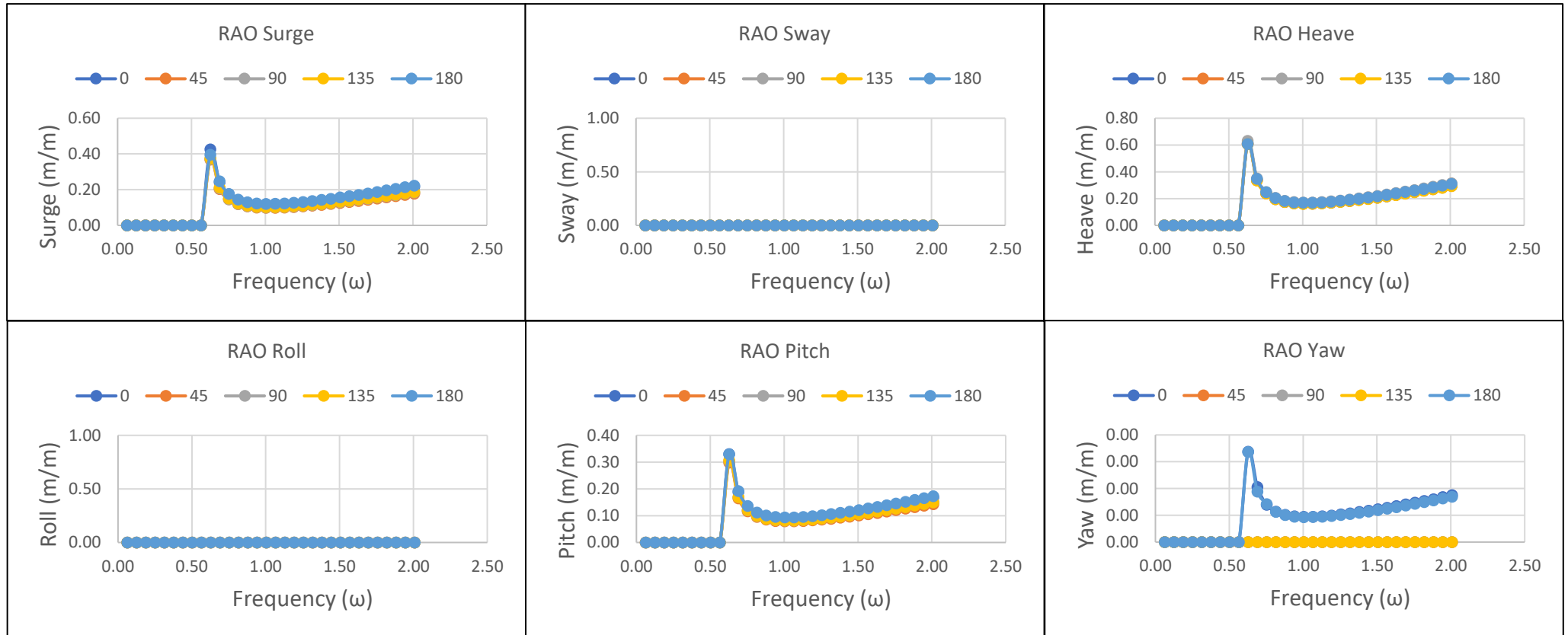
**Gambar 4.51** RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi *Ballast* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Shallow Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

#### 4.10.A.5 RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast pada Intermediate Water



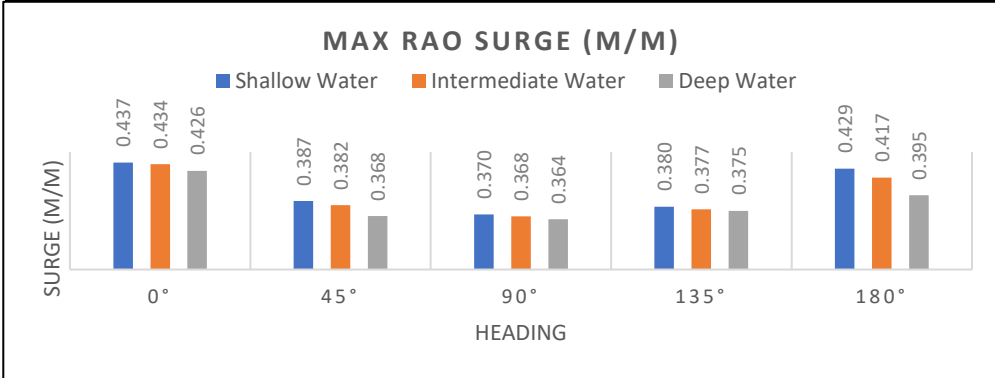
**Gambar 4.52** RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi *Ballast* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di *Intermediate Water* Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

**4.10.A.6 RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast pada Deep Water**



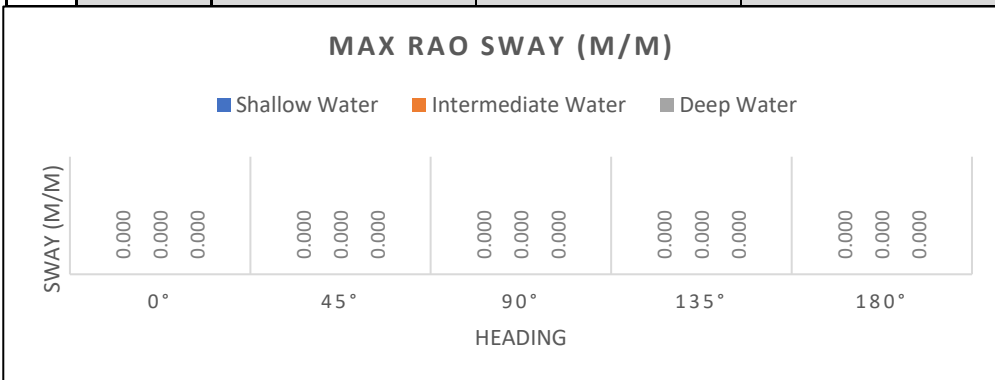
**Gambar 4.53** RAO Tertambat Kapal FLNG Saga Down Kondisi Ballast Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di Deep Water Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

FLNG Ballast	Heading	Max RAO Surge (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.445	0.436	0.431
	45°	0.401	0.395	0.386
	90°	0.370	0.368	0.364
	135°	0.401	0.395	0.380
	180°	0.444	0.437	0.415



(a)

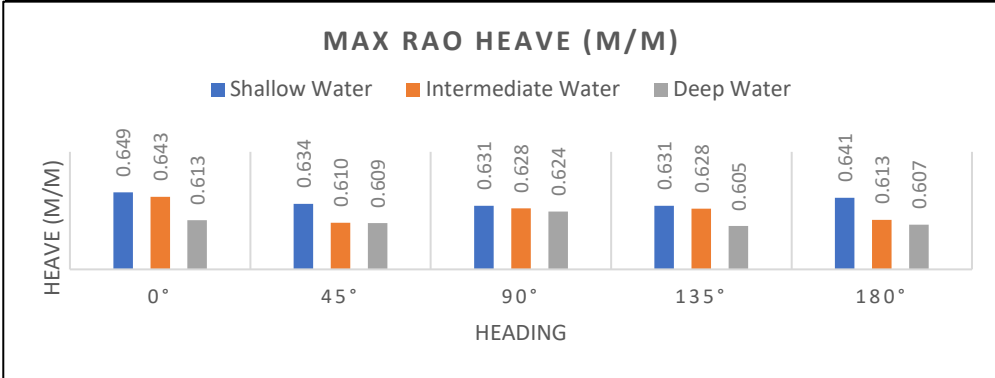
FLNG Ballast	Heading	Max RAO Sway (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.000	0.000	0.000
	45°	0.000	0.000	0.000
	90°	0.000	0.000	0.000
	135°	0.000	0.000	0.000
	180°	0.000	0.000	0.000



(b)

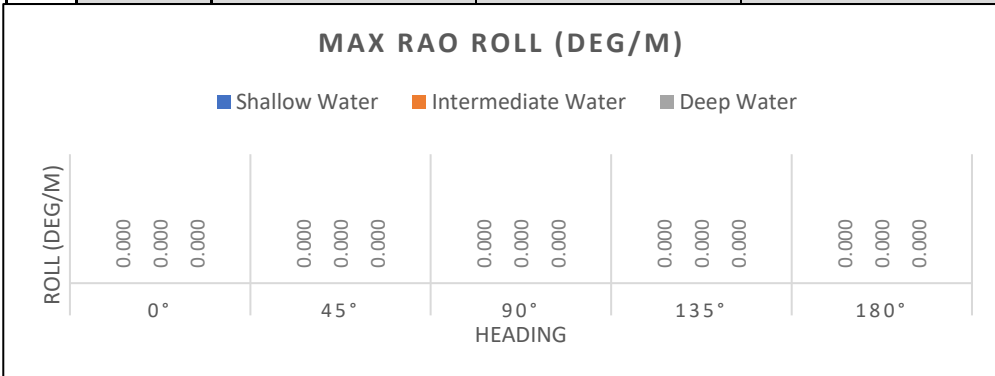


FLNG Ballast	Heading	Max RAO Heave (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.649	0.643	0.613
	45°	0.634	0.610	0.609
	90°	0.631	0.628	0.624
	135°	0.631	0.628	0.605
	180°	0.641	0.613	0.607

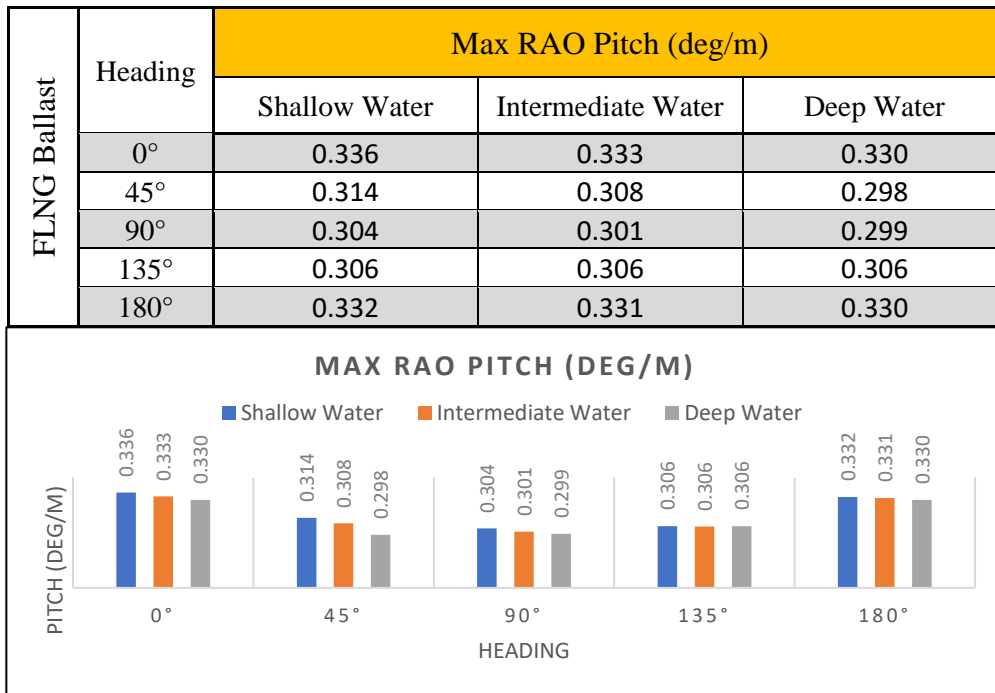


(c)

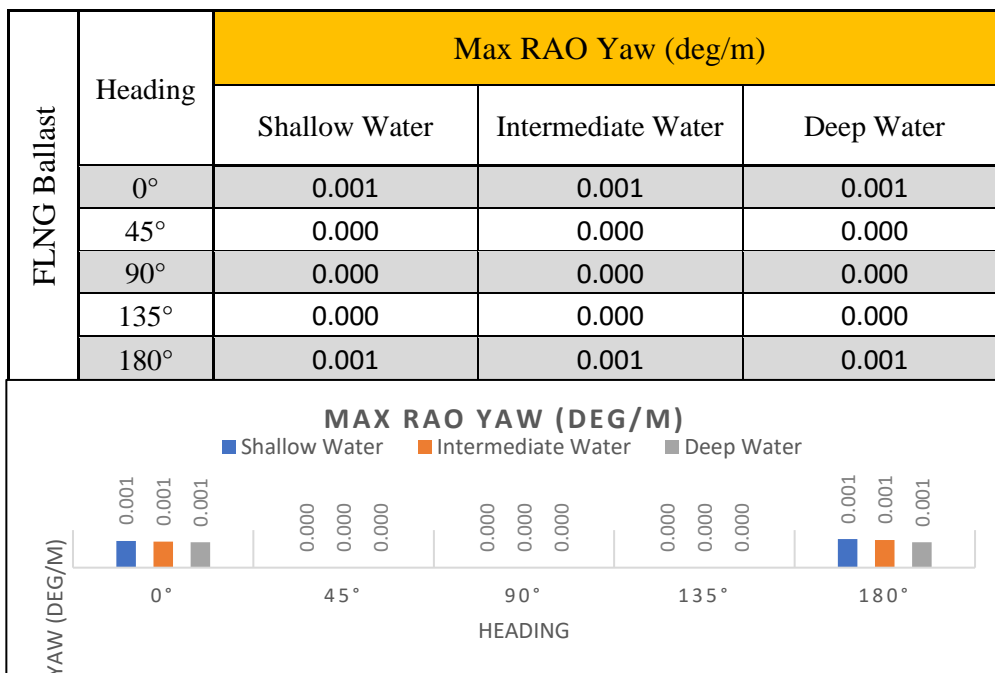
FLNG Ballast	Heading	Max RAO Roll (deg/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.000	0.000	0.000
	45°	0.000	0.000	0.000
	90°	0.000	0.000	0.000
	135°	0.000	0.000	0.000
	180°	0.000	0.000	0.000



(d)



(e)

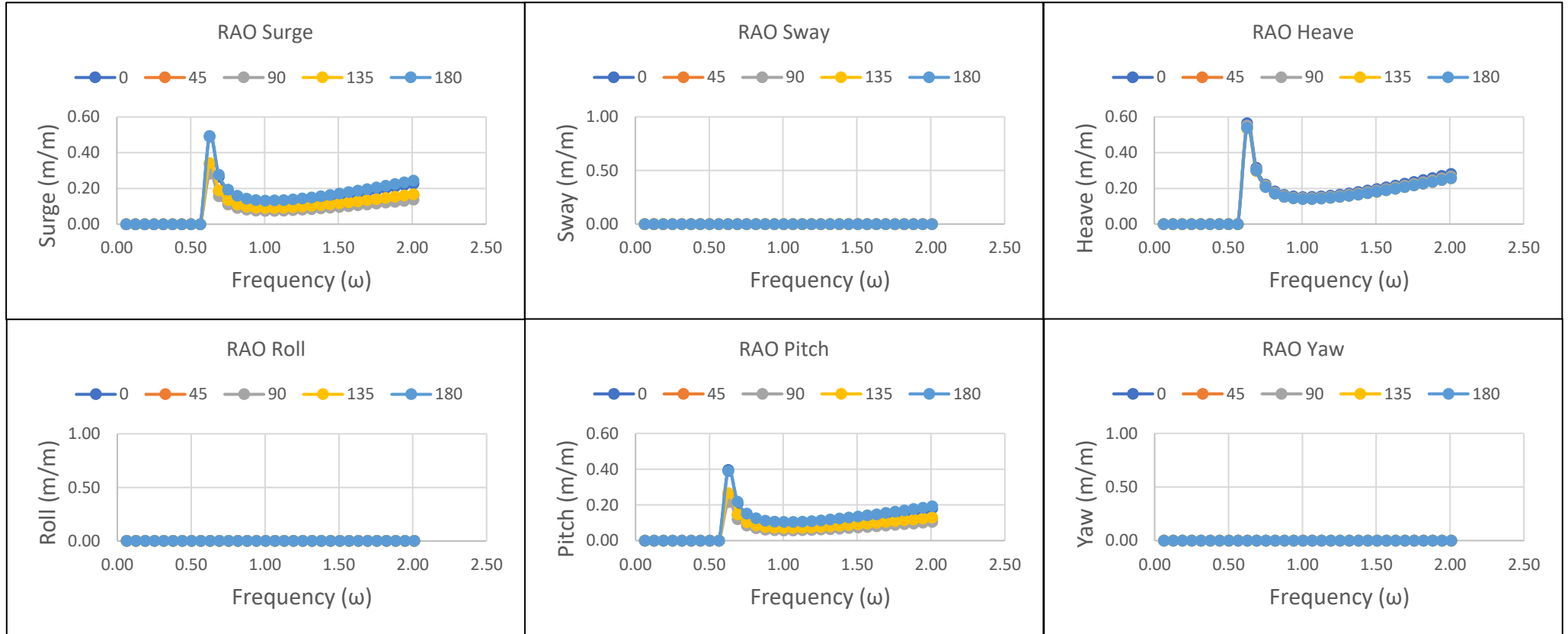


(f)

Gambar 4.54 Max RAO Tertambat FLNG *Fulload Surge* (a), Sway (b), Heave (c), Roll (d), Pitch (e), Yaw (f), di setiap Kedalaman

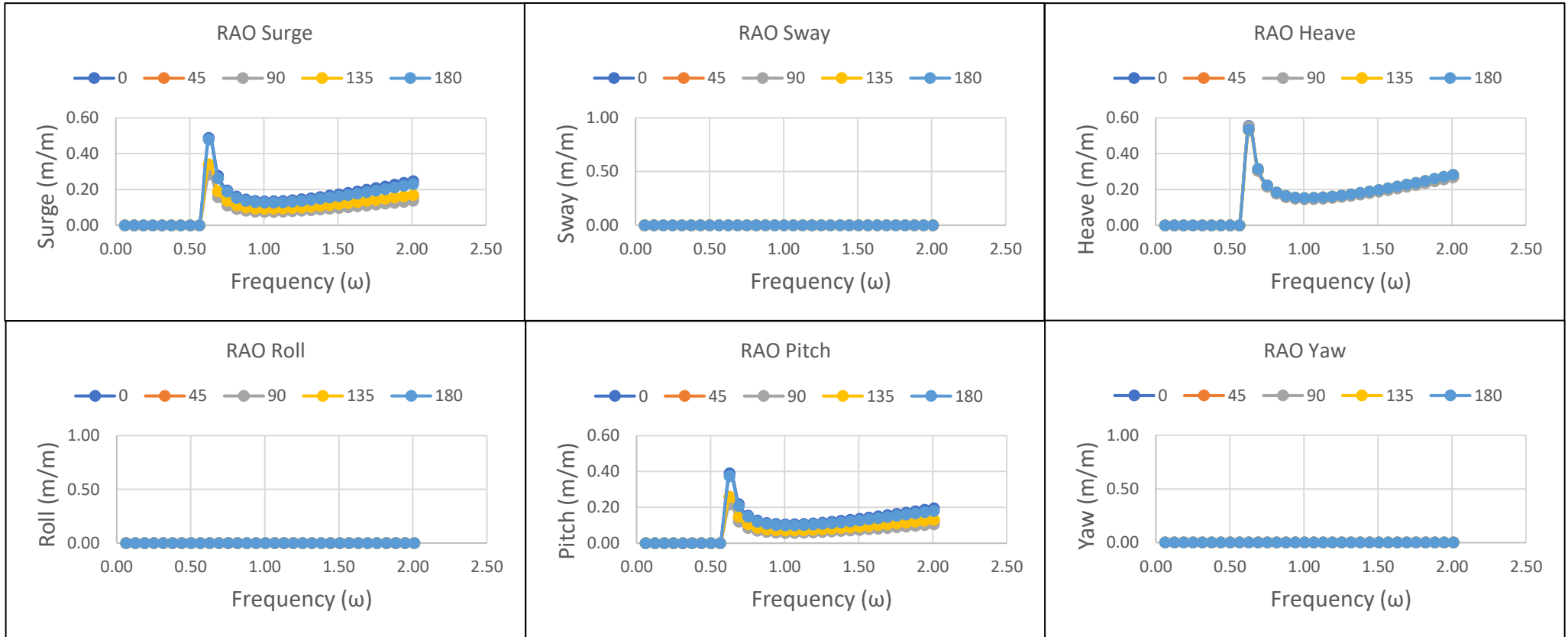
#### 4.10.B) RAO TERTAMBAT KAPAL LNG Carrier Surya Aki

##### 4.10.B.1 RAO Tertambat Kapal LNG Carrier Surya Aki Kondisi Fullload pada Shallow Water



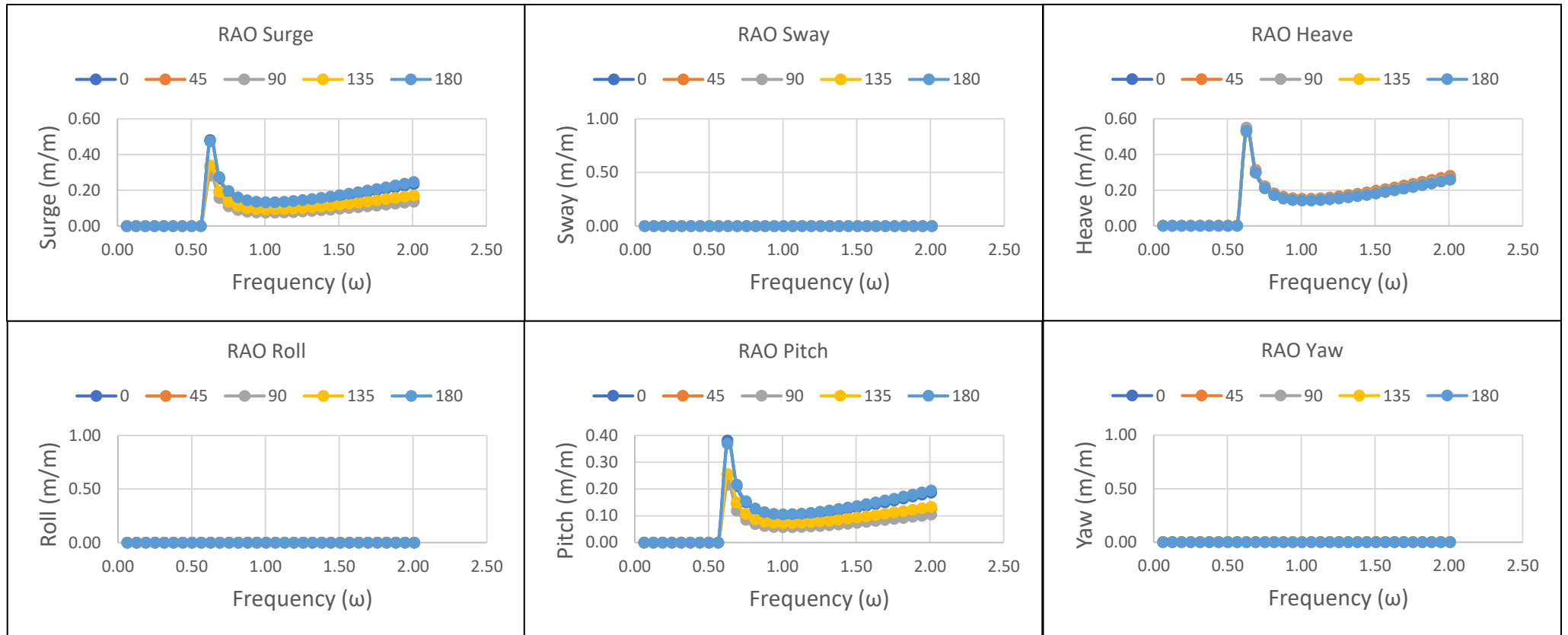
**Gambar 4.55** RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi *Fullload* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di *Shallow Water* Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

**4.10.B.2 RAO Tertambat Kapal LNG Carrier Surya Aki Kondisi Fullload pada Intermediate Water**



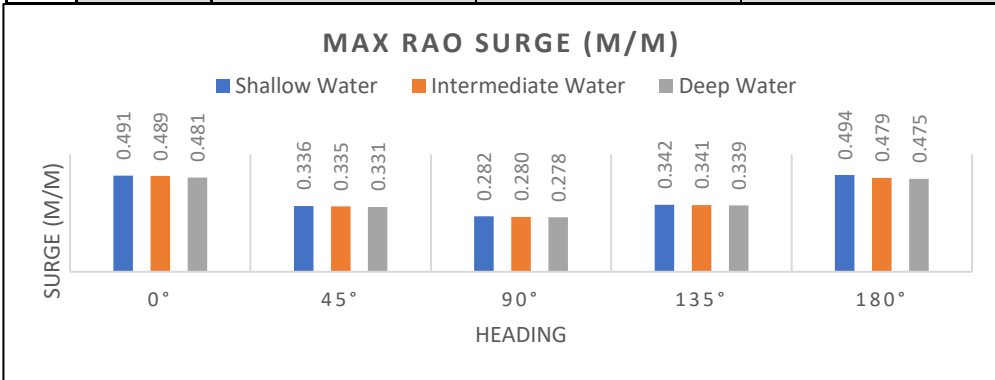
**Gambar 4.56** RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi *Fullload* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di *Intermediate Water* Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

### 4.10.B.3 RAO Tertambat Kapal LNG Carrier Surya Aki Kondisi Fullload pada Deep Water



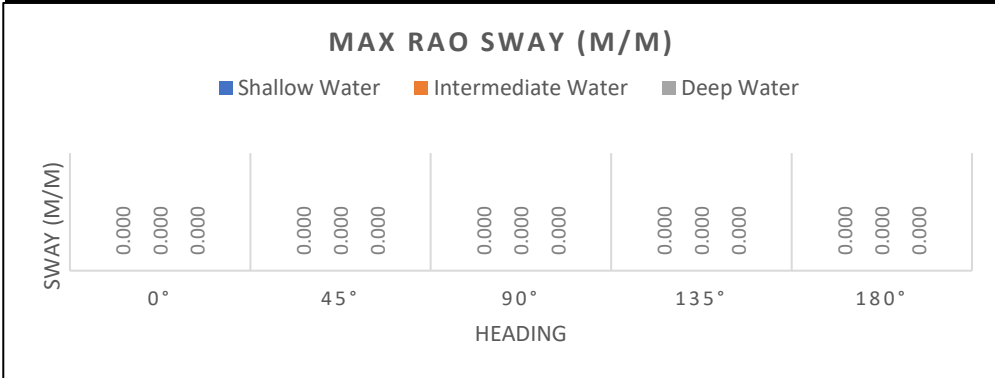
**Gambar 4.57** RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi *Fullload* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di *Deep Water* Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

LNG Carrier Fullload	Heading	Max RAO Surge (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.491	0.489	0.481
	45°	0.336	0.335	0.331
	90°	0.282	0.280	0.278
	135°	0.342	0.341	0.339
	180°	0.494	0.479	0.475



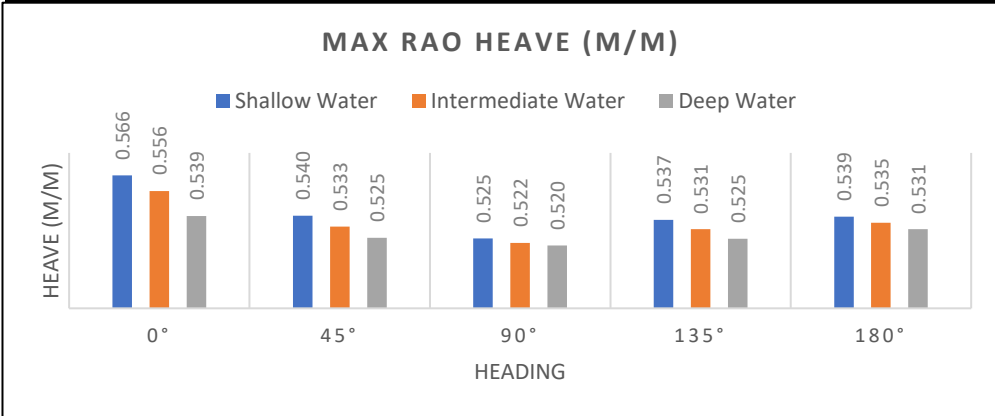
(a)

LNG Carrier Fullload	Heading	Max RAO Sway (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.000	0.000	0.000
	45°	0.000	0.000	0.000
	90°	0.000	0.000	0.000
	135°	0.000	0.000	0.000
	180°	0.000	0.000	0.000



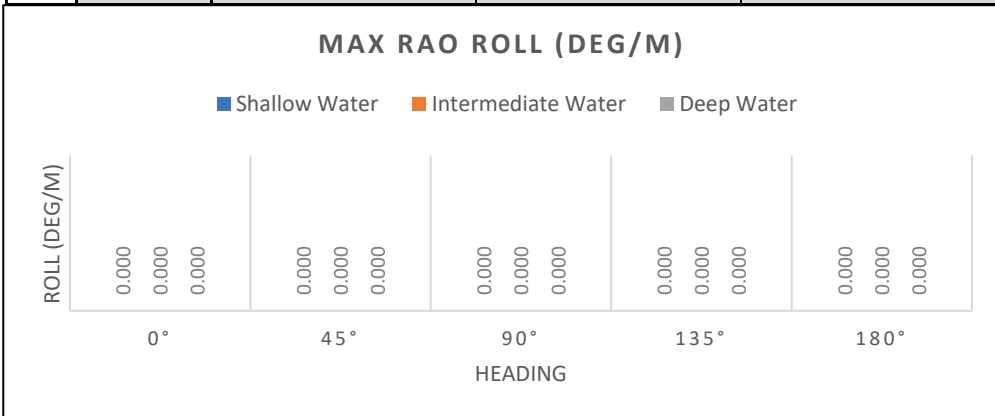
(b)

LNG Carrier Fullload	Heading	Max RAO Heave (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.566	0.556	0.539
	45°	0.540	0.533	0.525
	90°	0.525	0.522	0.520
	135°	0.537	0.531	0.525
	180°	0.539	0.535	0.531

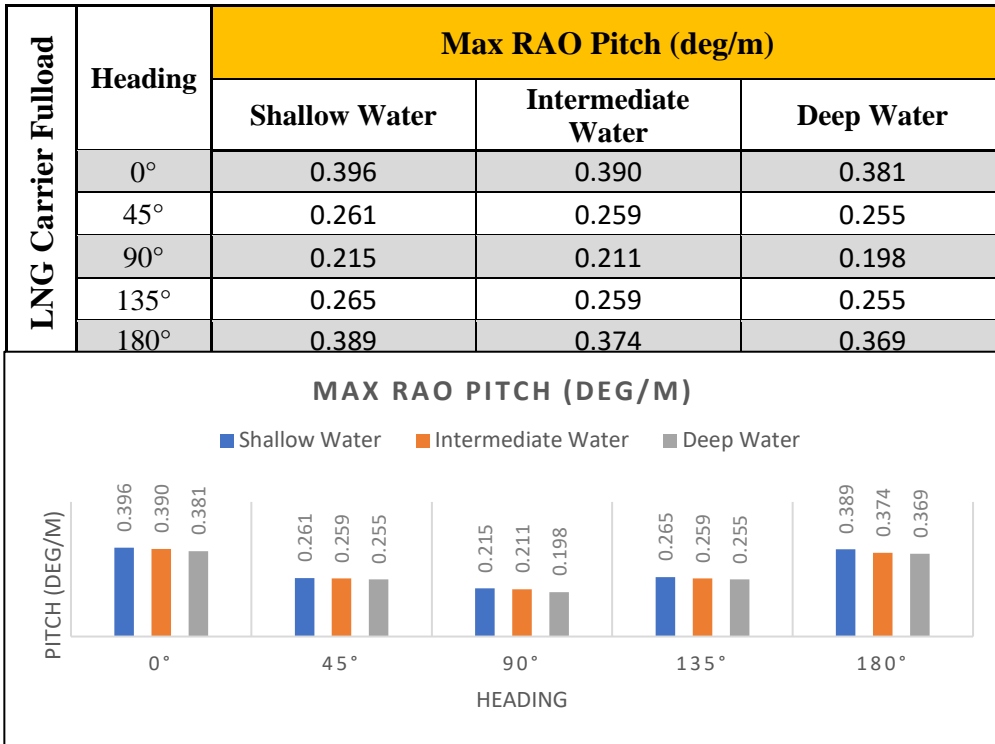


(c)

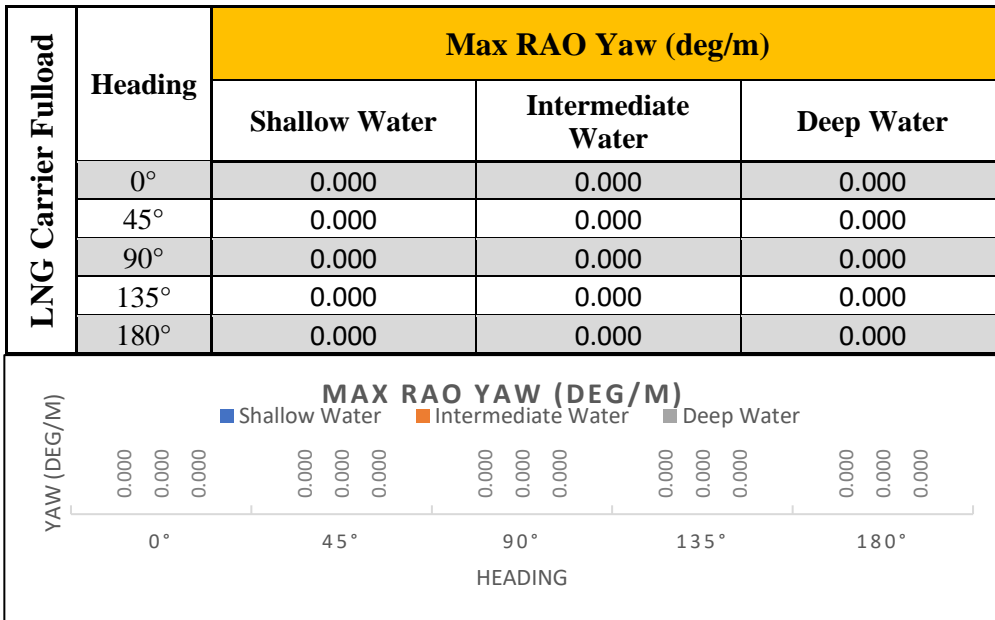
LNG Carrier Fullload	Heading	Max RAO Roll (deg/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.000	0.000	0.000
	45°	0.000	0.000	0.000
	90°	0.000	0.000	0.000
	135°	0.000	0.000	0.000
	180°	0.000	0.000	0.000



(d)



(e)

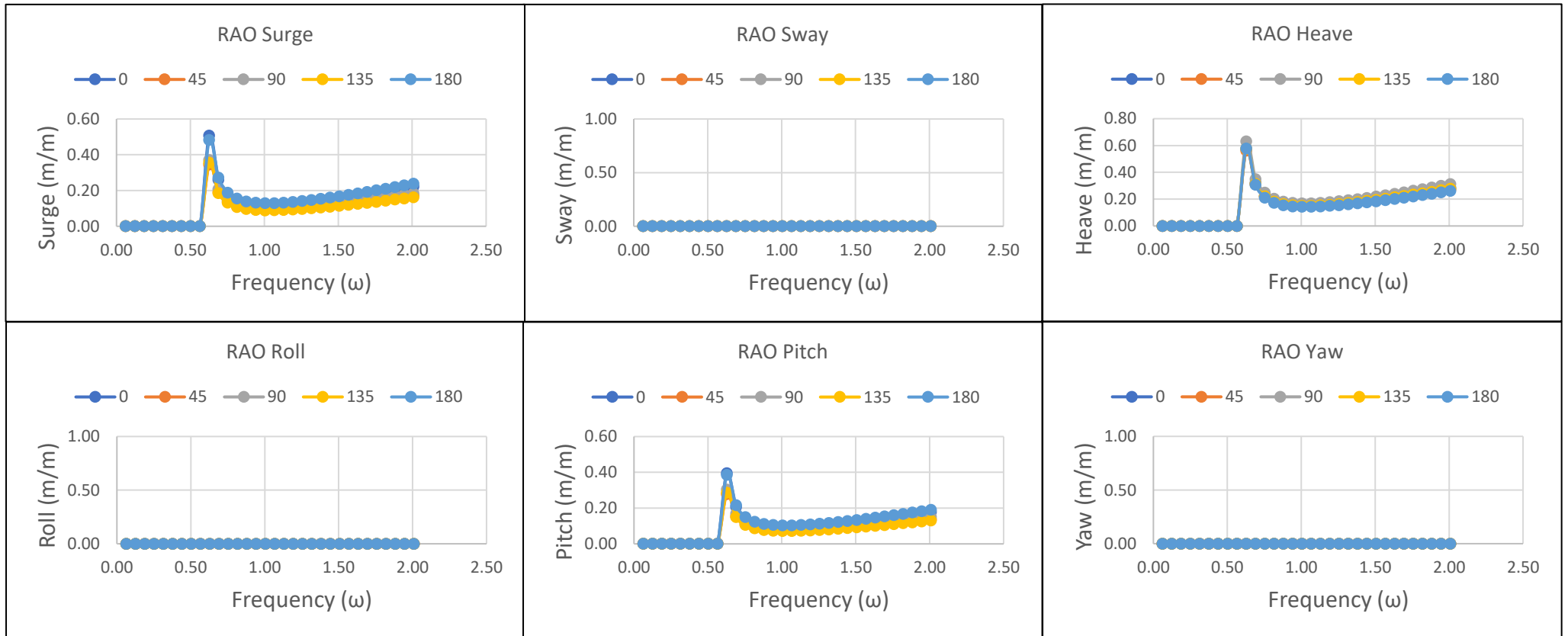


(f)

**Gambar 4.58** Max RAO Tertambat LNGC Fullload Surge (a), Sway (b), Heave (c), Roll (d), Pitch (e), Yaw (f), di setiap Kedalaman

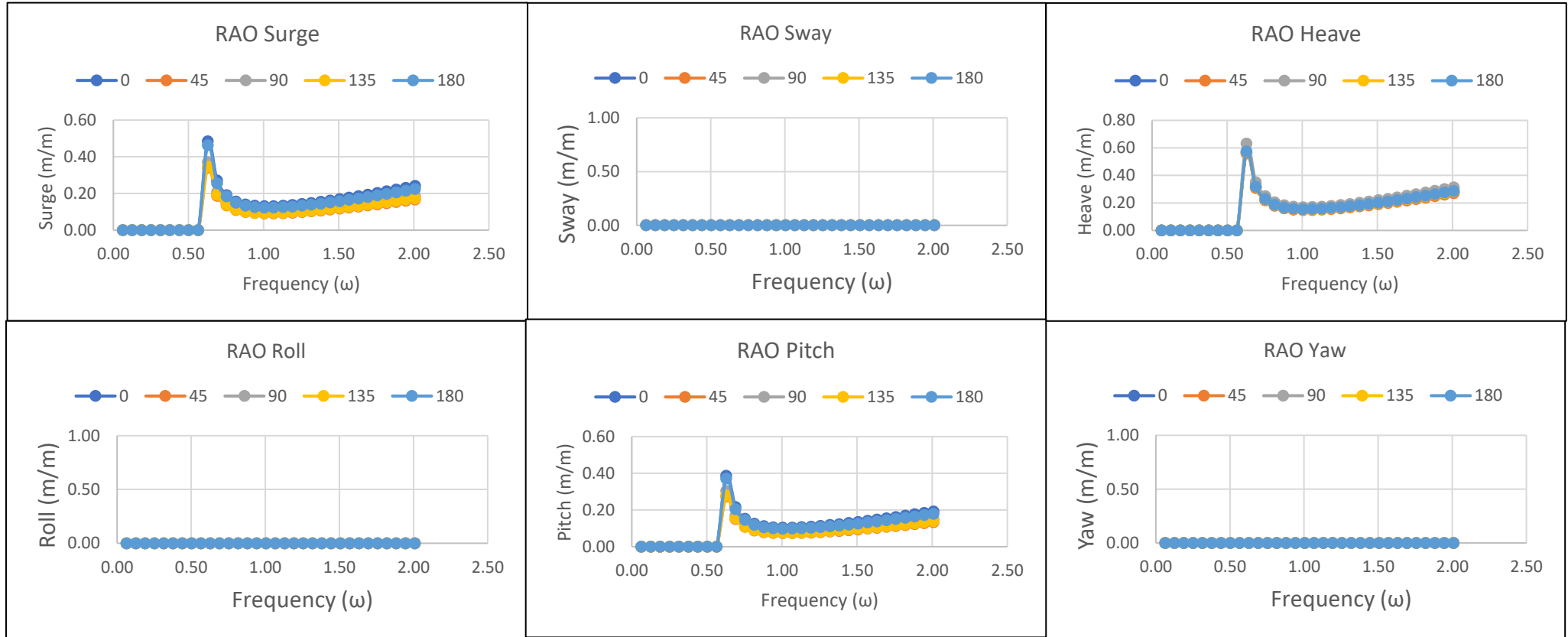


**4.10.B.4 RAO Tertambat Kapal LNG Carrier Surya Aki Kondisi Ballast pada Shallow Water**



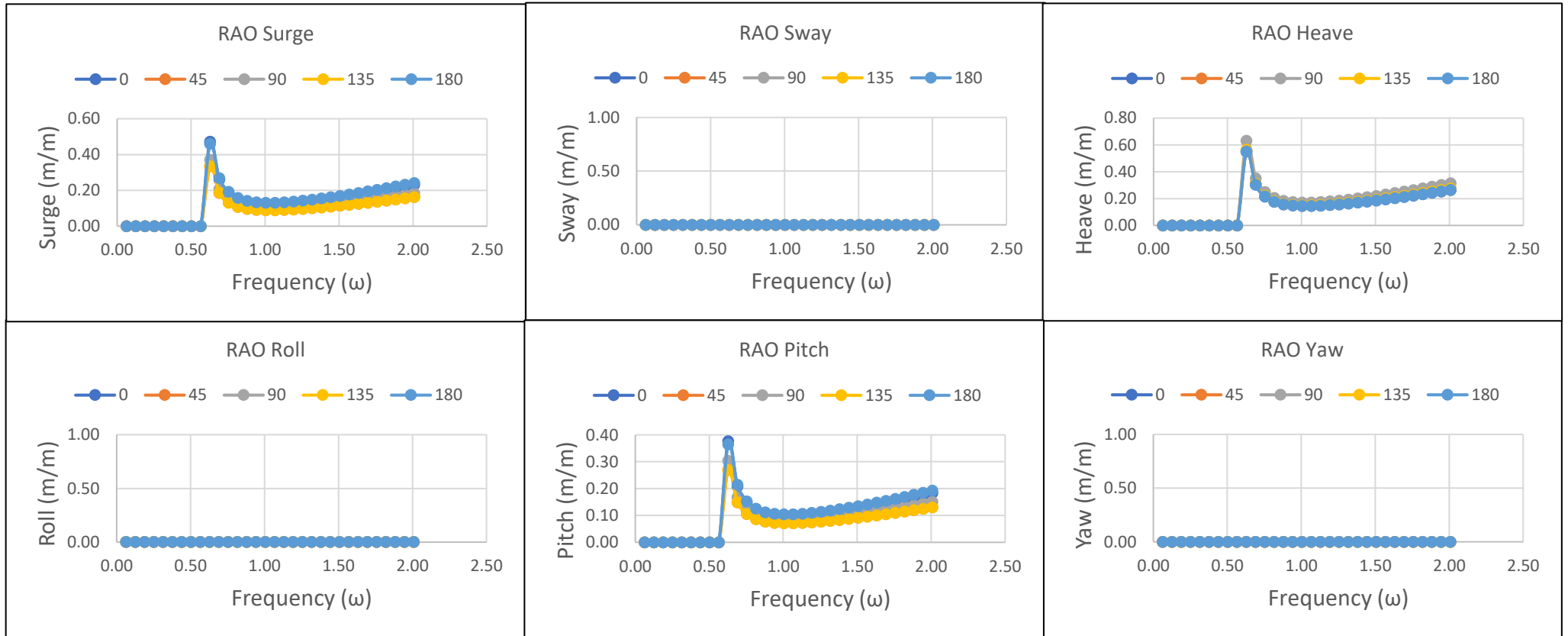
**Gambar 4.59** RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi *Ballast* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di *Shallow Water* Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

**4.10.B.5 RAO Tertambat Kapal LNG Carrier Surya Aki Kondisi Ballast pada Intermediate Water**



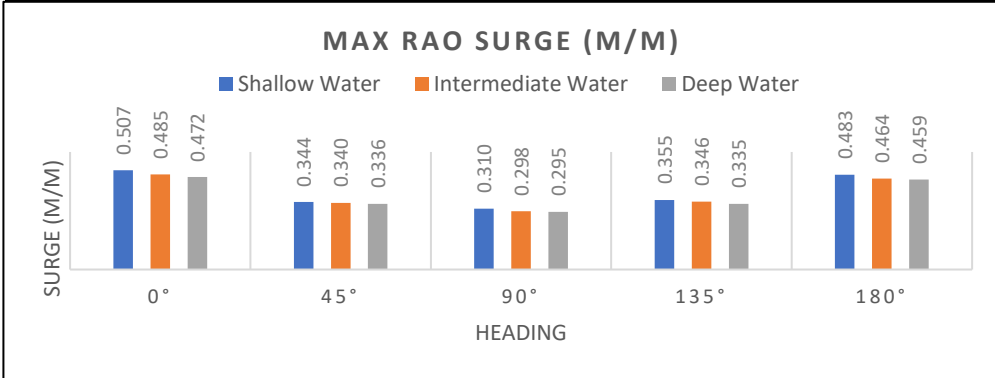
**Gambar 4.60** RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi *Ballast* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di *Intermediate Water* Heading 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

**4.10.B.6 RAO Tertambat Kapal LNG Carrier Surya Aki Kondisi Ballast pada Deep Water**



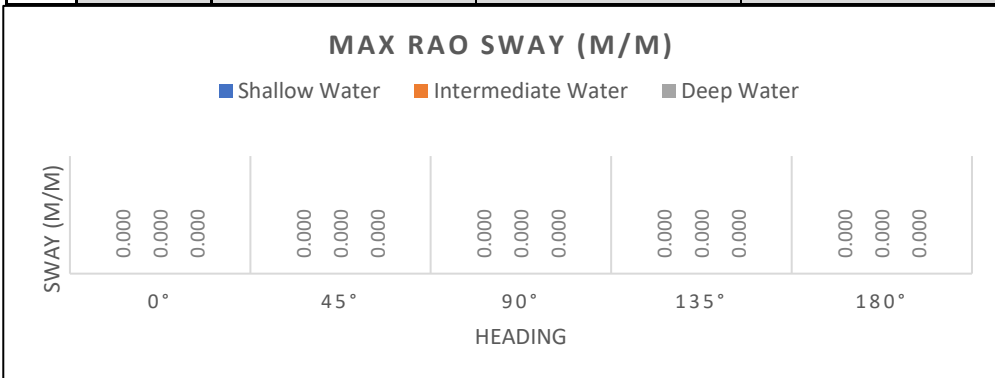
**Gambar 4.61** RAO Tertambat Kapal LNGC Surya Aki Kondisi *Ballast* Gerakan Surge, Sway, Heave, Roll, Pitch, Yaw, di *Intermediate Water Heading* 0°, 45°, 90°, 135°, 180°

LNG Carrier Ballast	Heading	Max RAO Surge (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.507	0.485	0.472
	45°	0.344	0.340	0.336
	90°	0.310	0.298	0.295
	135°	0.355	0.346	0.335
	180°	0.483	0.464	0.459

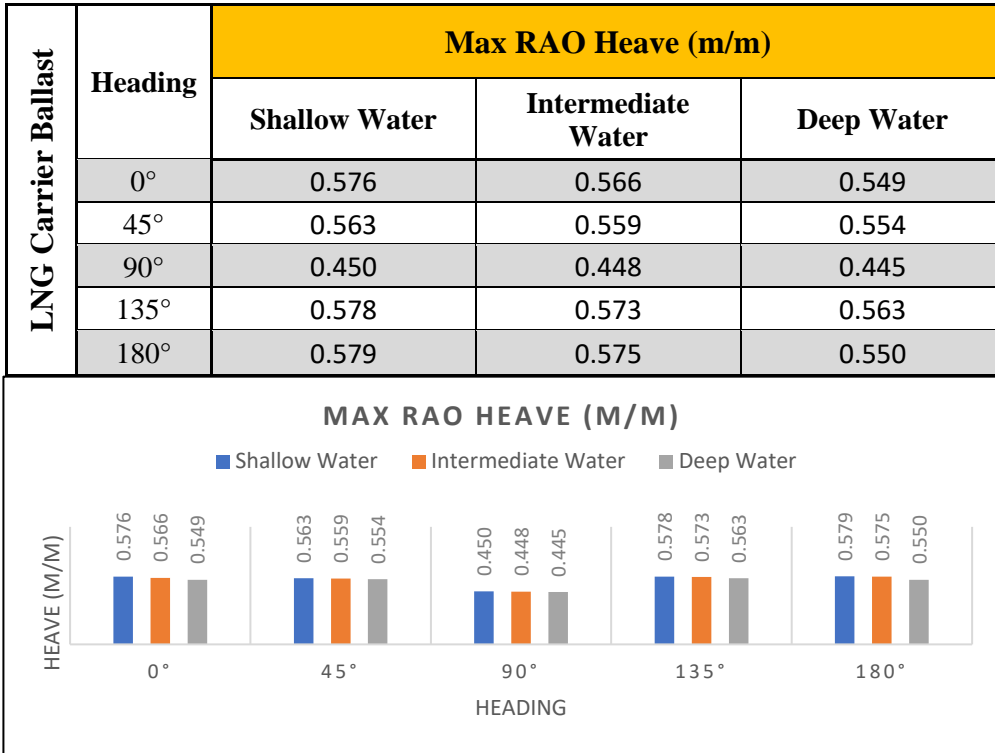


(a)

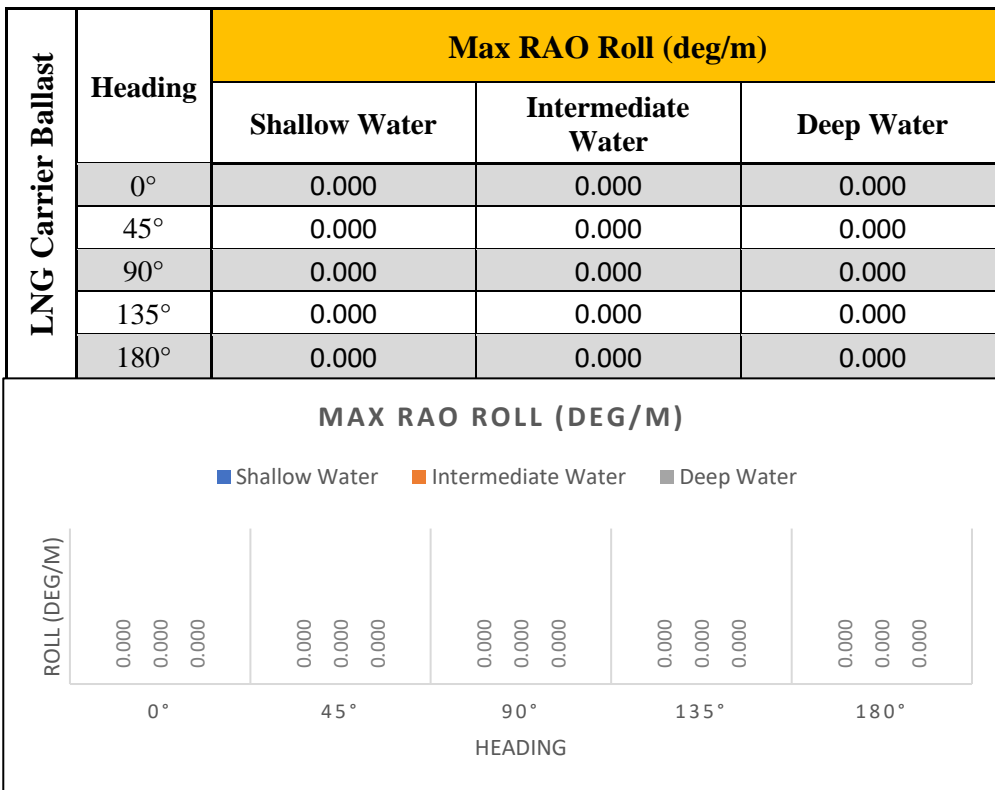
LNG Carrier Fullload	Heading	Max RAO Sway (m/m)		
		Shallow Water	Intermediate Water	Deep Water
	0°	0.000	0.000	0.000
	45°	0.000	0.000	0.000
	90°	0.000	0.000	0.000
	135°	0.000	0.000	0.000
	180°	0.000	0.000	0.000



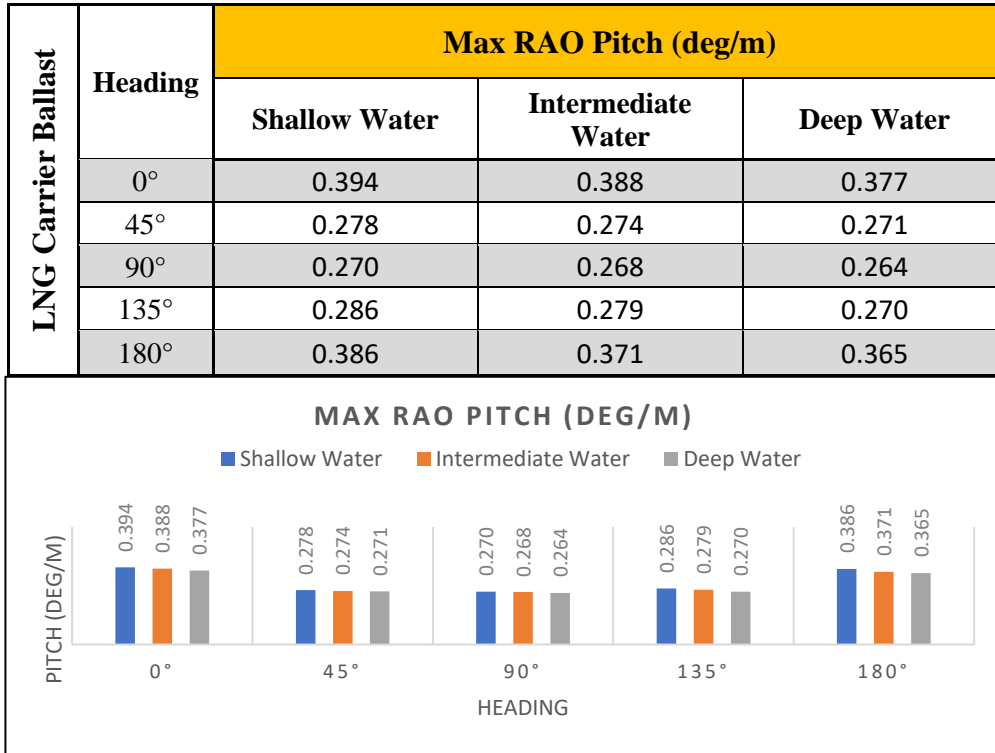
(b)



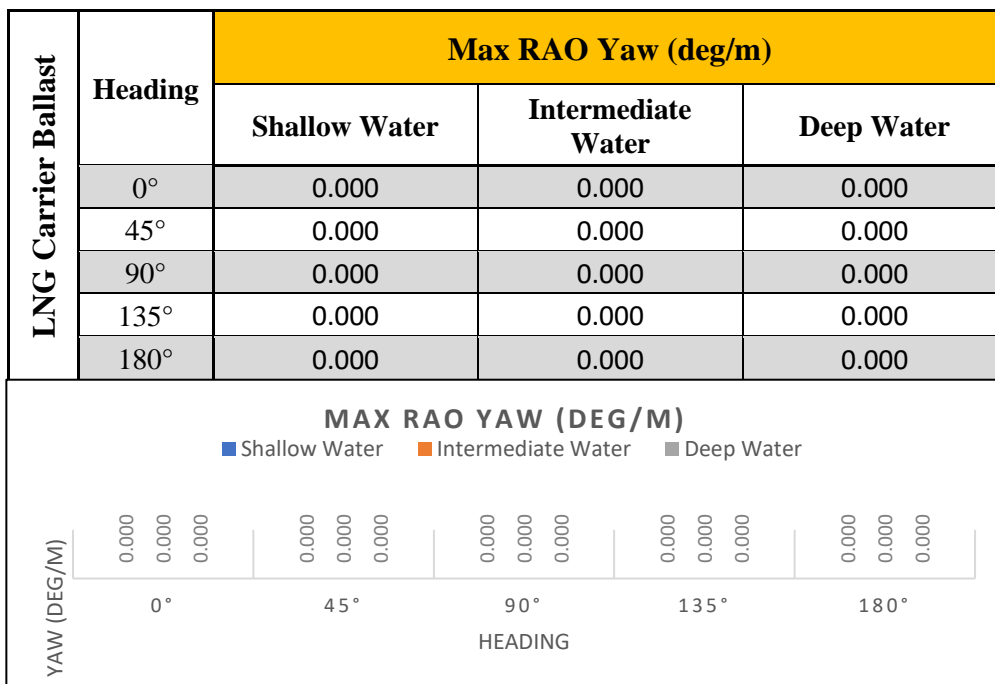
(c)



(d)



(e)



(f)

**Gambar 4.62** Max RAO Tertambat LNGC Ballast Surge (a), Sway (b), Heave (c), Roll (d), Pitch (e), Yaw (f), di setiap Kedalaman

## BAB V PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Nilai tension tali tambat akan semakin besar pada perairan dangkal (*Shallow Water*). Dan nilai tension tali tambat kapal akan semakin kecil jika perairan semakin dalam (*Deep Water*). Hal tersebut berlaku pada semua simulasi pembebanan, semua heading pembebanan, dan semua kondisi kapal. Pada penelitian ini, nilai *tension* maximum pada *shallow water* = 81.987 kN, nilai *tension* maximum pada *intermediate water* = 79.882 kN, dan nilai *tension* maximum pada *deep water* = 76.487 kN.
- 2) Ditinjau dari kondisi kapal, nilai *tension* maksimum tali tambat terjadi pada kondisi kapal *FLNG Ballast – LNGC Ballast* dengan nilai sebesar 81.987 kN. Hal ini disebabkan karena semakin sedikit muatan kapal, maka kapal akan semakin tidak stabil, sehingga tarikan tali tambat akan semakin besar yang menyebabkan tegangan (*tension*) tali tambat akan semakin besar pula.
- 3) Pengaruh beban gelombang terhadap *tension* tali tambat kapal memiliki nilai minimum pada perairan dangkal (*shallow water*), dan semakin besar pada perairan dalam (*deep water*). Rata – rata pengaruh beban gelombang terhadap *tension* tali tambat kapal pada *shallow water* = 92.007%, pada *intermediate water* = 96.713%, dan pada *deep water* = 97.205%. Berbanding terbalik dengan pengaruh beban arus dan angin terhadap *tension* tali tambat kapal, dimana pengaruh beban arus dan angin memiliki nilai maksimum pada perairan dangkal dan semakin kecil pada perairan dalam. Rata – rata pengaruh beban arus dan angin terhadap *tension* tali tambat kapal pada *shallow water* = 7.993%, pada *intermediate water* = 3.287%, dan pada *deep water* = 2.795%.
- 4) Pada penelitian ini, nilai max *tension* overall = 81.987 kN dengan SF (*safety factor*) = 6.27 sehingga masih memenuhi kriteria *safety factor* API RP 2SK (2015) yaitu >1.67.

## DAFTAR PUSTAKA

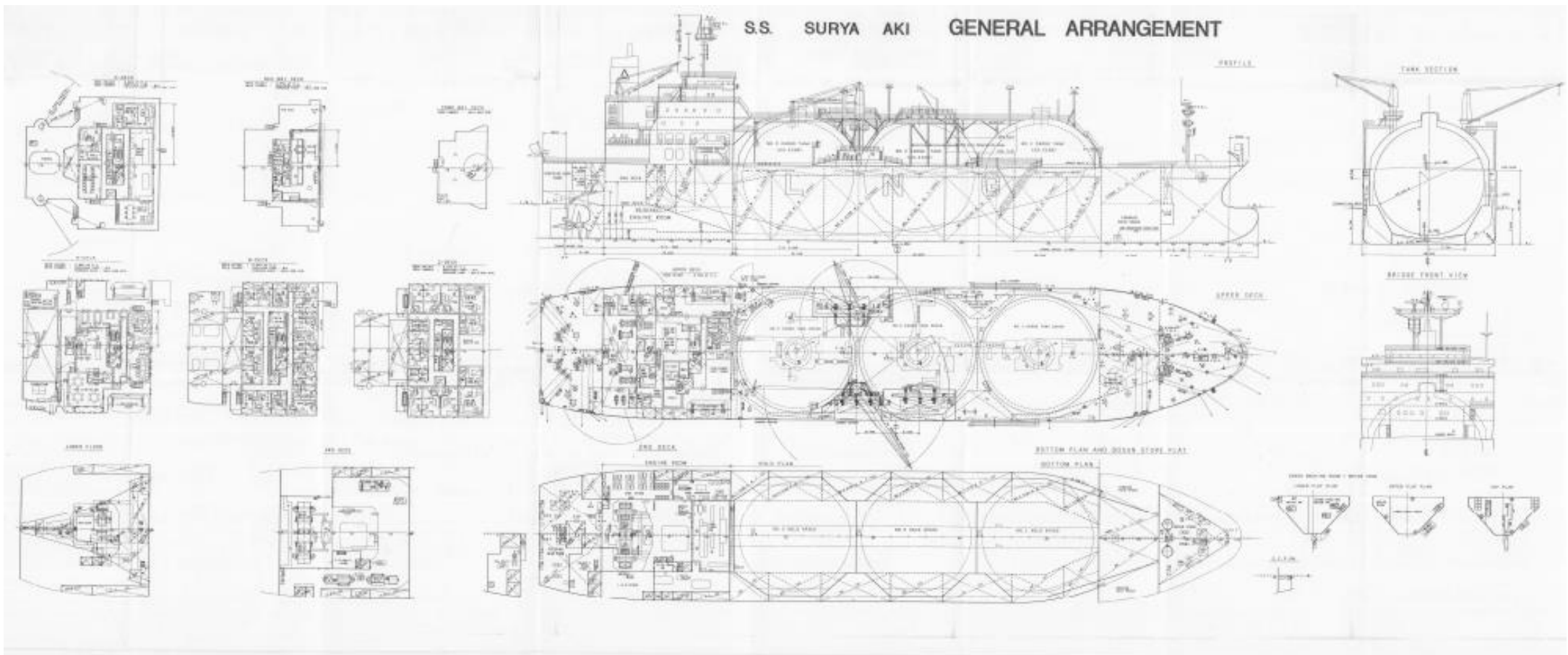
- API RP 2SK 3<sup>rd</sup> Edition, 2015, *Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures*, Washington, DC.
- Azhar, T.A, 2013, *Studi Komparasi Pengaruh Dolphin Mooring System Dan Tower Mooring System Terhadap Perilaku Gerak FSRU PGN Dan LNG Carrier*, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Djarmiko, E.B., 2012, *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak*, Surabaya : ITS Press.
- DNV-RP C205, 2010, *Environmental Conditions And Environmental Loads*, Oslo, Norway.
- DNV-GL OS E301, 2018, *Offshore Standards Position Mooring*, Oslo, Norway.
- Hitoshi F., Ikegami K., Shuku M., 1982, *Design of Mooring System of Oil storage Barges in Shallow Water*, Nagasaki Technical Institute , Nagasaki, Japan.
- Jeong H., Kim M., Lee J., Ha M., 2010, *Offloading Operability Analysis of Side-by-Side Moored LNG FPSO*, Marine Research Institute, Gyeongsangnam Do, Korea.
- Lehmann, I., *Deepwater Mooring System Design and Analysis*, Delf University, Netherlands.
- Mare, V., *Review Of Practical Methods For Assessing Shallow And Restricted Water Effects*, Ghent University, Belgium.
- Naval Facilities Engineering Command, 1986, *Fixed Moorings Design Manual*, Stovall Street Alexandria, Virginia.
- OCIMF, 1997, *Mooring Equipment Guidelines 2<sup>nd</sup> Edition*, London, United Kingdom, Witherby.
- Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai*, Yogyakarta : Beta Offset
- Triatmodjo, B., 2010, *Perencanaan Pelabuhan*, Yogyakarta : Beta Offset.
- US Army Corps of Engineers, 1984, *Shore Protection Manual (SPM)*, Department of The Army, Washington, DC.



Wibowo, H.N., 2005, *Pengaruh Kedalaman Air Terhadap Beban Gelombang Pada Tali Tambat Terminal Tanker Floating Storage Offloading (FSO)*, Balai Pengkajian Penelitian Hidrodinamika BPPT, Surabaya.

Wibowo, R.K., 2016, *Analisis Dampak Variasi Kedalaman Air Terhadap Performa Calm Buoy Untuk Kondisi Perairan Dangkal*, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

## LAMPIRAN



**Gambar : General Arrangement LNGC Surya Aki**

**LAMPIRAN A**  
(HIDRODINAMIKA KAPAL *FLNG SAGA DOWN*)

```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     ----- February 12, 2020 *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*
* Draft          = 10.3 Meters      Trim Angle      = 0.00 Deg.      GMT          = 2.5 Meters *
* Roll Gy. Radius = 12.0 Meters     Pitch Gy. Radius = 48.6 Meters  Yaw Gy. Radius = 48.6 Meters *
* Heading        = 0.00 Deg.       Forward Speed   = 0.00 Knots     Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****

```

+++ M O T I O N R E S P O N S E O P E R A T O R S +++  
=====

Results are in Body System

Of Point On Body FLNGSAGA At X = -90.0 Y = 0.0 Z = 10.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.993	85	0.000	0	0.999	-4	0.000	0	0.058	-95	0.000	0
0.2001	31.40	0.962	69	0.000	0	0.982	-20	0.000	0	0.232	-110	0.000	0
0.3002	20.93	0.873	43	0.000	0	0.908	-46	0.000	0	0.502	-135	0.000	0
0.4002	15.70	0.693	6	0.000	0	0.714	-84	0.002	42	0.798	-170	0.000	0
0.5003	12.56	0.417	-41	0.000	0	0.359	-128	0.000	0	0.951	143	0.000	0
0.6001	10.47	0.116	-91	0.000	0	0.077	-64	0.000	0	0.684	90	0.000	0
0.7005	8.97	0.062	-24	0.000	0	0.311	-103	0.000	0	0.282	100	0.000	0
0.8004	7.85	0.038	-106	0.000	0	0.118	-150	0.000	0	0.540	58	0.000	0
0.9002	6.98	0.012	20	0.000	0	0.106	-167	0.000	0	0.200	22	0.000	0
1.0005	6.28	0.007	14	0.000	0	0.039	179	0.000	0	0.143	9	0.000	0
1.1004	5.71	0.009	4	0.000	0	0.030	167	0.000	0	0.070	12	0.000	0
1.2014	5.23	0.008	7	0.000	0	0.017	-170	0.000	0	0.036	2	0.000	0
1.3009	4.83	0.005	29	0.000	0	0.010	-171	0.000	0	0.029	3	0.000	0
1.3994	4.49	0.004	51	0.000	0	0.006	-168	0.000	0	0.022	19	0.001	-81
1.4996	4.19	0.005	-46	0.001	-147	0.005	-174	0.001	-159	0.020	0	0.003	31
1.5988	3.93	0.000	0	0.002	157	0.003	-164	0.002	136	0.013	19	0.004	-24
1.7028	3.69	0.003	90	0.002	51	0.003	-132	0.002	33	0.011	16	0.004	-130
1.8003	3.49	0.004	66	0.001	-40	0.004	-131	0.001	-56	0.008	18	0.002	137
1.8982	3.31	0.003	42	0.000	0	0.003	-139	0.000	0	0.006	38	0.001	56
2.0010	3.14	0.002	23	0.000	0	0.003	-145	0.000	0	0.008	58	0.000	0

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     -----                             *
*                                     February 12, 2020                       *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan |*
*                                                                                   *
* Draft          = 10.3 Meters      Trim Angle      = 0.00 Deg.      GMT          = 2.5 Meters *
* Roll Gy. Radius = 12.0 Meters     Pitch Gy. Radius = 48.6 Meters  Yaw Gy. Radius = 48.6 Meters *
* Heading        = 45.00 Deg.      Forward Speed  = 0.00 Knots   Linearization Based on 1/ 20 *
*                                                                                   *
*****

```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++  
=====

Results are in Body System

Of Point On Body FLNGSAGA At X = -90.0 Y = 0.0 Z = 10.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.703	86	0.702	86	0.999	-3	0.043	87	0.041	-94	0.027	175
0.2001	31.40	0.686	75	0.681	75	0.991	-14	0.202	78	0.165	-104	0.106	164
0.3002	20.93	0.645	56	0.633	56	0.957	-33	0.710	63	0.366	-121	0.226	143
0.4002	15.70	0.565	30	0.532	29	0.864	-59	2.547	-65	0.624	-146	0.336	117
0.5003	12.56	0.442	-3	0.392	-1	0.678	-92	0.523	-147	0.891	-179	0.443	80
0.6001	10.47	0.278	-47	0.218	-42	0.413	-133	0.098	-117	1.046	139	0.434	34
0.7005	8.97	0.121	-106	0.040	-76	0.001	20	0.261	-76	0.967	87	0.286	-23
0.8004	7.85	0.027	110	0.053	-5	0.292	-118	0.332	-119	0.307	30	0.047	-106
0.9002	6.98	0.021	9	0.022	-62	0.107	-178	0.169	-169	0.309	61	0.077	8
1.0005	6.28	0.008	45	0.027	1	0.053	-141	0.078	-107	0.185	19	0.023	-123
1.1004	5.71	0.016	38	0.010	-129	0.051	-162	0.120	-155	0.087	43	0.049	17
1.2014	5.23	0.010	45	0.019	9	0.024	-133	0.028	-136	0.075	34	0.020	176
1.3009	4.83	0.013	55	0.006	144	0.013	-120	0.051	-159	0.051	71	0.027	-2
1.3994	4.49	0.022	126	0.008	0	0.003	170	0.020	-126	0.039	116	0.011	116
1.4996	4.19	0.023	53	0.010	42	0.014	-156	0.013	-144	0.049	57	0.010	-136
1.5988	3.93	0.002	-166	0.005	-170	0.006	-103	0.018	-151	0.016	48	0.019	23
1.7028	3.69	0.002	-144	0.005	-122	0.002	-62	0.010	-113	0.015	53	0.017	50
1.8003	3.49	0.002	28	0.002	-107	0.003	-129	0.003	-38	0.011	74	0.009	59
1.8982	3.31	0.002	62	0.001	-95	0.003	-101	0.003	-80	0.007	107	0.006	77
2.0010	3.14	0.001	84	0.001	-19	0.002	-98	0.004	-99	0.003	140	0.004	100

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     ----- February 12, 2020 *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*
* Draft = 10.3 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 2.5 Meters *
* Roll Gy. Radius = 12.0 Meters Pitch Gy. Radius = 48.6 Meters Yaw Gy. Radius = 48.6 Meters *
* Heading = 90.00 Deg. Forward Speed = 0.00 Knots Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****

```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++  
=====

Results are in Body System

Of Point On Body FLNGSAGA At X = -90.0 Y = 0.0 Z = 10.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.001	0	0.993	90	1.000	0	0.061	90	0.001	-179	0.001	100
0.2001	31.40	0.001	0	0.972	90	1.001	0	0.288	89	0.001	180	0.001	90
0.3002	20.93	0.002	-2	0.937	90	1.007	0	1.046	86	0.000	0	0.004	84
0.4002	15.70	0.003	-3	0.867	89	1.028	0	3.570	-20	0.002	4	0.030	-34
0.5003	12.56	0.005	-2	0.796	91	1.091	0	1.157	-85	0.010	-1	0.023	-94
0.6001	10.47	0.010	2	0.711	93	1.256	-5	0.572	-86	0.034	-25	0.027	-102
0.7005	8.97	0.026	-24	0.618	96	1.537	-27	0.308	-83	0.108	-70	0.034	-107
0.8004	7.85	0.038	-81	0.523	101	1.125	-68	0.155	-75	0.157	-157	0.048	-111
0.9002	6.98	0.025	-120	0.434	107	0.515	-83	0.067	-64	0.083	155	0.060	-122
1.0005	6.28	0.018	-135	0.349	115	0.249	-79	0.025	-16	0.033	136	0.069	-130
1.1004	5.71	0.010	-140	0.272	125	0.122	-63	0.014	52	0.013	146	0.069	-139
1.2014	5.23	0.009	-164	0.205	138	0.103	-58	0.010	114	0.057	-161	0.061	-144
1.3009	4.83	0.006	-138	0.156	156	0.066	-41	0.016	179	0.012	172	0.048	-144
1.3994	4.49	0.002	-67	0.121	176	0.042	-22	0.027	-150	0.002	-11	0.037	-140
1.4996	4.19	0.015	-145	0.091	-157	0.029	-1	0.019	-97	0.025	-128	0.017	-115
1.5988	3.93	0.004	-147	0.076	-132	0.017	15	0.018	-91	0.009	-99	0.016	-105
1.7028	3.69	0.002	-142	0.066	-107	0.009	26	0.019	-59	0.006	-53	0.010	-22
1.8003	3.49	0.006	-136	0.050	-83	0.026	40	0.015	-20	0.018	-134	0.013	-22
1.8982	3.31	0.001	5	0.040	-58	0.011	96	0.017	0	0.009	-34	0.011	3
2.0010	3.14	0.001	56	0.018	-54	0.006	117	0.006	88	0.009	-33	0.004	32

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     -----                             *
*                                     February 12, 2020                       *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                     *
* Draft = 10.3 Meters      Trim Angle = 0.00 Deg.      GMT = 2.5 Meters *
* Roll Gy. Radius = 12.0 Meters      Pitch Gy. Radius = 48.6 Meters      Yaw Gy. Radius = 48.6 Meters *
* Heading = 135.00 Deg.      Forward Speed = 0.00 Knots      Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****

```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++  
=====

Results are in Body System

Of Point On Body FLNGSAGA At X = -90.0 Y = 0.0 Z = 10.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
Frequency	Period	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.		Ampl.		Ampl.		Ampl.		Ampl.		Ampl.	
0.1001	62.80	0.703	-85	0.702	94	0.999	4	0.043	93	0.041	95	0.027	5
0.2001	31.40	0.686	-74	0.681	105	0.991	15	0.202	101	0.165	105	0.106	16
0.3002	20.93	0.645	-55	0.633	124	0.957	33	0.710	112	0.366	122	0.226	37
0.4002	15.70	0.565	-30	0.527	149	0.864	60	2.549	17	0.624	147	0.369	61
0.5003	12.56	0.434	2	0.396	-176	0.688	95	0.530	-28	0.882	177	0.446	99
0.6001	10.47	0.257	41	0.227	-141	0.463	143	0.108	-51	1.012	-146	0.449	145
0.7005	8.97	0.098	74	0.079	-141	0.207	-139	0.235	-116	0.943	-107	0.325	-161
0.8004	7.85	0.047	8	0.096	-163	0.249	-38	0.303	-90	0.351	-82	0.090	-103
0.9002	6.98	0.041	80	0.069	-106	0.130	19	0.199	-45	0.179	104	0.093	152
1.0005	6.28	0.030	-152	0.011	83	0.013	168	0.049	-12	0.141	-178	0.123	-114
1.1004	5.71	0.017	18	0.044	-125	0.035	-16	0.078	-42	0.013	-59	0.059	24
1.2014	5.23	0.019	-163	0.028	13	0.010	112	0.067	36	0.046	177	0.063	-141
1.3009	4.83	0.013	42	0.019	-145	0.008	72	0.008	30	0.019	82	0.047	16
1.3994	4.49	0.013	-59	0.018	27	0.011	90	0.027	79	0.035	-34	0.032	-143
1.4996	4.19	0.010	22	0.013	-100	0.003	31	0.002	-168	0.011	-26	0.029	70
1.5988	3.93	0.003	-127	0.010	98	0.002	-113	0.009	137	0.008	-126	0.020	-79
1.7028	3.69	0.001	145	0.004	-6	0.002	156	0.012	-107	0.003	138	0.011	-173
1.8003	3.49	0.001	51	0.003	-102	0.002	70	0.000	0	0.002	38	0.005	90
1.8982	3.31	0.001	13	0.003	-154	0.001	5	0.005	-99	0.002	-50	0.006	24
2.0010	3.14	0.001	-56	0.002	142	0.000	0	0.004	-160	0.004	-86	0.004	-30



```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     -----                             *
*                                     February 12, 2020                       *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                     *                                     *
* Draft          = 10.3 Meters      Trim Angle      = 0.00 Deg.      GMT          = 2.5 Meters *
* Roll Gy. Radius = 12.0 Meters     Pitch Gy. Radius = 48.6 Meters  Yaw Gy. Radius = 48.6 Meters *
* Heading        = 180.00 Deg.      Forward Speed  = 0.00 Knots   Linearization Based on 1/ 20 *
*                                     *                                     *
*****

```

```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++
=====|

```

Results are in Body System

Of Point On Body FLNGSAGA At X = -90.0 Y = 0.0 Z = 10.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.993	-84	0.000	0	0.999	5	0.000	0	0.058	96	0.000	0
0.2001	31.40	0.962	-68	0.000	0	0.982	21	0.000	0	0.232	111	0.000	0
0.3002	20.93	0.874	-42	0.000	0	0.908	47	0.000	0	0.502	136	0.000	0
0.4002	15.70	0.692	-5	0.000	0	0.715	85	0.001	-100	0.797	171	0.000	0
0.5003	12.56	0.407	39	0.000	0	0.385	142	0.000	0	0.941	-144	0.000	0
0.6001	10.47	0.099	92	0.000	0	0.171	-85	0.000	0	0.681	-89	0.000	0
0.7005	8.97	0.055	-7	0.000	0	0.338	23	0.000	0	0.224	33	0.000	0
0.8004	7.85	0.022	104	0.000	0	0.144	98	0.000	0	0.421	157	0.000	0
0.9002	6.98	0.026	-35	0.000	0	0.079	-72	0.000	0	0.108	-97	0.000	0
1.0005	6.28	0.024	153	0.000	0	0.025	66	0.000	0	0.091	125	0.000	0
1.1004	5.71	0.013	16	0.000	0	0.023	-43	0.000	0	0.020	-49	0.001	157
1.2014	5.23	0.012	-115	0.000	0	0.005	-152	0.000	0	0.028	177	0.001	24
1.3009	4.83	0.009	158	0.001	97	0.007	68	0.001	81	0.013	104	0.001	-86
1.3994	4.49	0.008	84	0.001	25	0.004	-7	0.001	4	0.006	48	0.002	-160
1.4996	4.19	0.009	-66	0.002	-129	0.000	0	0.003	-140	0.017	-76	0.005	49
1.5988	3.93	0.004	-124	0.003	157	0.001	-22	0.003	139	0.006	-101	0.006	-24
1.7028	3.69	0.001	-160	0.002	79	0.001	-60	0.002	57	0.005	-89	0.004	-103
1.8003	3.49	0.001	-84	0.001	36	0.000	0	0.001	11	0.004	-93	0.001	-146
1.8982	3.31	0.001	-109	0.000	0	0.001	31	0.001	3	0.004	-70	0.001	-140
2.0010	3.14	0.001	-141	0.000	0	0.001	43	0.000	0	0.004	-40	0.000	0

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     ----- February 12, 2020                    *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                   *
*           Draft      = 10.3 Meters           Trim Angle = 0.00 Deg.             *
*                                                                                   *
*****

```

```

+++ A D D E D   I N E R T I A   C O E F F I C I E N T S   F O R   F L N G S A G A +++
=====

```

Results are in Body System

Of Point On Body FLNGSAGA At X = -90.0 Y = 0.0 Z = 10.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Period Sec.	Values Normalized By Mass with Weight = 46083.7					
	/--- Added Mass Coefficients -----/			/----- Added Radii of Gyration -----/		
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
62.80	0.0483	0.8784	2.8805	4.709	59.477	44.193
31.40	0.0517	0.9232	2.7912	4.713	61.171	44.853
20.93	0.0576	1.0193	2.3362	4.723	64.001	46.108
15.70	0.0582	1.1666	1.7685	4.734	64.220	48.455
12.56	0.0481	1.2260	1.2996	4.740	59.351	51.942
10.47	0.0368	1.0094	1.0832	4.741	51.703	53.241
8.97	0.0332	0.7072	1.0355	4.790	46.102	47.362
7.85	0.0285	0.4644	1.0221	4.805	44.854	40.670
6.98	0.0212	0.3001	1.0508	4.797	43.577	34.117
6.28	0.0218	0.1890	1.0661	4.741	44.502	26.817
5.71	0.0169	0.1263	1.0324	4.689	45.012	20.519
5.23	0.0147	0.0960	1.2544	4.597	35.848	16.977
4.83	0.0141	0.0864	1.2601	4.547	43.152	15.733
4.49	0.0163	0.0845	1.2770	4.497	45.545	15.787
4.19	0.0010	0.1061	1.2882	4.567	42.885	16.590
3.93	0.0079	0.1107	1.2958	4.551	44.623	16.907
3.69	0.0155	0.1353	1.3157	4.519	45.944	20.604
3.49	0.0192	0.1452	1.3203	4.544	47.202	21.115
3.31	0.0209	0.1536	1.3428	4.520	47.025	21.819
3.14	0.0182	0.1539	1.3381	4.525	46.574	21.128

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               ----- February 12, 2020                    *
*                               Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                             *
*                               Draft      = 10.3 Meters                      Trim Angle = 0.00 Deg. *
*                               *                                             *
*****

```

```

+++ L I N E A R I Z E D   D A M P I N G   C O E F F I C I E N T S   F O R   F L N G S A G A +++
=====

```

Results are in Body System

Of Point On Body FLNGSAGA At X = -90.0 Y = 0.0 Z = 10.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Period Sec.	Values Normalized By Mass with Weight = 46083.7					
	/----- -Surge-	Damping / Mass -Sway -	-----/ -Heave-	/--- -Roll -	Damping Radii of Gyration -Pitch-	----/ --Yaw--
62.80	0.0000	0.0000	0.0264	0.011	-0.711	0.478
31.40	0.0002	0.0008	0.1656	0.027	2.420	1.393
20.93	0.0019	0.0101	0.3750	0.099	10.449	2.892
15.70	0.0077	0.0658	0.5386	0.229	21.310	6.245
12.56	0.0146	0.2390	0.5770	0.369	29.862	13.956
10.47	0.0173	0.4718	0.5024	0.412	33.503	26.257
8.97	0.0183	0.6080	0.4220	0.449	31.754	35.594
7.85	0.0218	0.6659	0.3478	0.986	29.502	38.887
6.98	0.0216	0.6592	0.2701	1.090	27.909	41.571
6.28	0.0226	0.6223	0.1831	1.537	27.086	41.502
5.71	0.0213	0.5645	0.0829	1.612	24.124	39.789
5.23	0.0173	0.4970	0.2717	1.633	35.469	36.831
4.83	0.0119	0.4349	0.1961	1.561	20.928	33.812
4.49	-0.0019	0.3795	0.1500	1.272	12.492	30.938
4.19	0.0564	0.3171	0.1348	1.828	31.151	28.764
3.93	0.0164	0.2834	0.0974	1.584	20.854	26.820
3.69	0.0085	0.2489	0.0707	1.482	17.888	24.967
3.49	0.0108	0.2177	0.1298	1.463	20.486	23.842
3.31	0.0176	0.1941	0.1117	1.457	24.093	22.875
3.14	0.0180	0.1058	0.1010	1.261	24.138	20.927

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                          *
*                               Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                           *
*                               *                                           *
*****

```

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR FLNGSAGA +++
=====

```

Drift Name = FLNGSAGA Heading = 0.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	3.3	0.0	16.8	-0.0	1105.8	-0.7
0.2001	31.400	0.9	0.0	9.1	-0.1	478.9	-0.7
0.3002	20.930	-10.2	0.0	4.0	-0.1	-233.3	-0.7
0.4002	15.700	-7.7	-0.0	7.1	-0.2	-893.2	0.4
0.5003	12.560	9.1	0.0	5.7	-0.1	-1445.0	-1.8
0.6001	10.470	-2.4	0.0	4.1	0.1	-1440.7	-0.2
0.7005	8.970	4.5	0.0	6.4	0.2	-807.7	-1.0
0.8004	7.850	-1.8	0.0	7.7	-0.7	-675.5	-6.2
0.9002	6.980	-3.8	-0.0	-4.0	0.1	-795.1	8.7
1.0005	6.280	-1.2	-0.0	-4.0	0.1	-585.7	0.6
1.1004	5.710	-1.5	-0.2	-2.9	1.8	-518.6	40.7
1.2014	5.230	-1.3	-0.1	-2.3	1.1	-468.3	25.0
1.3009	4.830	-1.6	-0.7	-1.0	5.9	-215.7	123.5
1.3994	4.490	-4.4	-3.0	1.0	28.2	-11.0	563.0
1.4996	4.190	17.2	5.1	30.7	-81.3	6499.6	-910.1
1.5988	3.930	18.2	5.2	31.1	-90.3	6174.2	-900.0
1.7028	3.690	24.8	9.1	28.7	-115.6	5614.3	-1623.6
1.8003	3.490	12.8	1.9	23.2	-3.6	4354.0	-438.6
1.8982	3.310	5.2	-0.7	17.9	5.2	3208.0	94.6
2.0010	3.140	9.8	-3.2	21.1	35.9	3748.8	547.6

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     -----                             *
*                                     February 12, 2020                       *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                              *
*                                                                              *
*****

```

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR FLNGSAGA +++
=====

```

Drift Name = FLNGSAGA Heading = 45.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	3.3	-0.2	15.9	5.4	1016.7	14.4
0.2001	31.400	1.8	-2.9	4.7	56.8	67.1	235.5
0.3002	20.930	-4.6	-20.5	-9.4	79.7	-1204.8	1752.7
0.4002	15.700	-13.8	-1.2	15.9	403.9	123.8	-2431.3
0.5003	12.560	-4.4	-56.0	-27.5	914.1	-4353.6	5633.4
0.6001	10.470	15.4	-76.4	-27.3	725.4	-4654.9	7141.4
0.7005	8.970	-3.4	-63.4	-31.8	534.7	-4993.8	6033.7
0.8004	7.850	-0.4	-47.8	-32.3	630.1	-3548.9	4486.8
0.9002	6.980	3.3	-68.9	-20.2	936.7	-1911.1	6841.2
1.0005	6.280	6.1	-72.4	-16.1	945.9	-1115.3	7556.2
1.1004	5.710	6.5	-84.5	-7.4	1170.0	-279.8	8355.7
1.2014	5.230	6.8	-80.8	-6.3	1119.6	168.0	7257.8
1.3009	4.830	8.9	-92.2	-7.6	1287.1	797.0	7711.1
1.3994	4.490	77.9	-84.9	53.6	1154.8	14432.6	5293.5
1.4996	4.190	105.7	-61.0	133.3	671.9	25629.9	5981.3
1.5988	3.930	94.3	-29.3	101.2	354.8	19415.0	-1498.3
1.7028	3.690	96.1	-4.8	116.5	144.6	22457.3	-4173.0
1.8003	3.490	27.7	-39.9	46.8	515.2	9043.4	5019.8
1.8982	3.310	14.9	-50.0	27.7	640.6	5293.8	4545.0
2.0010	3.140	-2.6	-46.5	17.7	587.1	3268.0	4424.5

```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     February 12, 2020                          *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                              *
*                                                                              *
*****

```

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR FLNGSAGA +++
=====

```

Drift Name = FLNGSAGA Heading = 90.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	3.3	-0.3	15.0	2.1	925.0	25.9
0.2001	31.400	2.6	-2.4	0.1	17.4	-381.3	225.5
0.3002	20.930	2.1	-8.6	-30.4	39.7	-3183.8	801.3
0.4002	15.700	1.9	-203.2	-4.4	703.5	-804.1	18005.3
0.5003	12.560	2.2	-123.3	-18.8	1156.5	-2088.8	11343.8
0.6001	10.470	4.9	-168.8	-48.5	1627.0	-4862.1	15774.6
0.7005	8.970	6.1	-179.3	-59.2	1788.5	-5876.5	17301.7
0.8004	7.850	-4.9	-77.2	-55.2	1240.6	-5660.3	7403.1
0.9002	6.980	12.9	-60.9	-38.2	1264.2	-3749.1	6244.7
1.0005	6.280	18.8	-70.7	-24.5	1234.4	-1999.4	7665.3
1.1004	5.710	19.7	-75.4	-26.3	1143.1	-1627.9	8310.0
1.2014	5.230	22.8	-96.2	-203.1	1205.6	-15575.0	10049.9
1.3009	4.830	18.2	-88.0	-1.6	1250.2	1021.2	9150.6
1.3994	4.490	15.7	-82.4	1.0	1144.3	1506.5	8812.8
1.4996	4.190	76.8	-100.4	76.4	1225.1	16985.5	7579.9
1.5988	3.930	22.4	-110.5	23.2	1326.2	4855.6	10656.8
1.7028	3.690	16.2	-88.0	20.5	1074.7	4434.5	7624.8
1.8003	3.490	34.4	-70.1	24.4	797.9	7832.5	6411.1
1.8982	3.310	24.0	-139.5	29.8	1623.4	5541.5	14002.9
2.0010	3.140	36.4	-53.5	42.2	700.6	8044.1	5409.9

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     -----                             *
*                                     February 12, 2020                          *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                              *
*                                                                              *
*****

```

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR FLNGSAGA +++
=====

```

Drift Name = FLNGSAGA Heading = 135.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	3.3	-0.2	15.9	-2.5	1016.8	20.7
0.2001	31.400	2.2	-0.4	4.5	-30.9	98.6	79.5
0.3002	20.930	-2.3	9.2	-11.3	-6.3	-1032.3	-691.4
0.4002	15.700	-8.6	-75.6	-55.2	665.1	-5383.4	5731.4
0.5003	12.560	4.4	-70.0	-33.3	354.4	-3272.6	5257.5
0.6001	10.470	34.1	-80.3	-38.1	412.3	-2458.8	5952.7
0.7005	8.970	7.1	-68.8	-49.9	648.5	-3132.0	4538.2
0.8004	7.850	-2.1	-46.4	-44.8	874.0	-3666.3	3007.7
0.9002	6.980	3.9	-59.9	-26.1	816.1	-1993.3	5380.3
1.0005	6.280	6.1	-62.0	-19.6	882.1	-1263.5	5207.0
1.1004	5.710	8.8	-80.7	-11.0	1074.8	37.8	8178.0
1.2014	5.230	8.0	-81.6	-9.1	1130.0	253.5	8380.0
1.3009	4.830	4.9	-97.1	-7.9	1284.3	512.5	10244.5
1.3994	4.490	14.9	-104.1	2.1	1222.0	2137.6	10508.5
1.4996	4.190	23.8	-95.5	36.2	1105.1	7790.1	10568.5
1.5988	3.930	37.8	-87.6	43.1	1005.8	9100.4	8093.6
1.7028	3.690	28.6	-67.1	28.6	832.0	7847.9	6128.3
1.8003	3.490	29.6	-78.5	32.2	1028.3	7625.3	9251.5
1.8982	3.310	10.5	-66.0	10.9	807.0	2986.2	6606.3
2.0010	3.140	9.2	-53.2	6.0	649.2	2431.8	5285.8

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                          *
*                               Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                           *
*                               *                                           *
*****

```

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR FLNGSAGA +++
-----

```

Drift Name = FLNGSAGA Heading = 180.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	3.3	0.0	16.8	-0.0	1105.3	-0.7
0.2001	31.400	1.4	0.0	8.7	-0.1	529.7	-0.8
0.3002	20.930	-6.6	0.0	1.9	-0.1	150.3	-0.7
0.4002	15.700	1.2	-0.0	2.1	0.1	179.6	2.3
0.5003	12.560	28.6	-0.0	-3.4	0.2	900.8	6.2
0.6001	10.470	5.8	-0.1	-7.8	0.8	729.9	17.4
0.7005	8.970	10.6	-0.1	-5.5	0.9	302.1	17.3
0.8004	7.850	2.0	-0.0	-5.3	-0.1	-130.9	9.8
0.9002	6.980	0.5	-0.1	-10.2	-0.1	-553.5	12.5
1.0005	6.280	1.1	0.1	-5.3	-1.8	71.7	-10.9
1.1004	5.710	1.9	0.3	-2.5	-4.3	655.2	-58.1
1.2014	5.230	2.3	-0.5	1.3	3.6	1217.4	101.6
1.3009	4.830	4.2	-1.0	6.1	8.0	2087.8	195.8
1.3994	4.490	8.1	-0.8	17.0	0.1	4091.7	158.1
1.4996	4.190	28.4	-5.9	43.4	-11.7	9724.1	1159.3
1.5988	3.930	36.8	10.4	46.9	-179.3	9876.1	-1924.8
1.7028	3.690	7.3	4.9	14.1	-74.3	3737.9	-910.2
1.8003	3.490	1.2	2.7	1.1	-21.6	1422.5	-466.6
1.8982	3.310	3.5	2.9	6.8	-14.1	2496.3	-485.1
2.0010	3.140	8.1	2.1	9.8	-13.6	3199.1	-376.3



```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     ----- February 12, 2020                    *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*****

```

```

+++ P A N E L   W A V E   F R E Q U E N C Y   F O R C E S   F O R   F L N G S A G A +++
=====

```

Pressure Name = FLNGSAGA      Heading = 0.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	48	-93	0	0	4898	-4	0	0	424323	-6	1	175
0.2001	31.40	182	-109	0	0	4296	-17	0	118	372982	-25	3	132
0.3002	20.93	345	-134	0	0	3370	-36	1	54	292530	-54	8	67
0.4002	15.70	424	-167	0	0	2261	-61	1	-21	198840	-94	16	-11
0.5003	12.56	339	159	0	0	1005	-87	2	-113	106998	-148	27	-104
0.6001	10.47	143	150	0	0	287	-35	3	149	35508	120	39	145
0.7005	8.97	191	-173	0	0	502	-28	4	7	21707	-36	58	11
0.8004	7.85	168	155	0	0	282	-32	4	-149	11314	-165	76	-146
0.9002	6.98	118	171	1	-156	339	-16	5	28	10583	-11	102	20
1.0005	6.28	93	161	1	-19	208	-19	6	167	4697	-177	130	157
1.1004	5.71	84	170	1	91	210	-20	5	-73	5695	-72	130	-91
1.2014	5.23	67	175	1	132	180	-3	5	-51	4125	7	151	-36
1.3009	4.83	49	-162	2	-137	135	0	15	43	254	101	376	44
1.3994	4.49	46	-133	5	-102	111	5	41	82	3025	-109	910	76
1.4996	4.19	81	122	22	10	93	-5	172	-167	4945	141	4005	-168
1.5988	3.93	12	136	25	-36	64	9	186	149	4162	-162	4603	142
1.7028	3.69	38	-105	28	-139	75	42	203	46	4806	154	5128	40
1.8003	3.49	61	-122	18	129	113	43	138	-45	4394	101	3235	-50
1.8982	3.31	64	-141	7	51	120	36	53	-115	3152	43	1211	-130
2.0010	3.14	50	-153	4	-43	109	31	32	146	3601	-61	783	134

```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     February 12, 2020                          *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*****

```

```

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR FLNGSAGA +++
=====

```

Pressure Name = FLNGSAGA      Heading = 45.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	34	-91	62	-93	4901	-2	719	86	424496	-4	5804	85
0.2001	31.40	130	-102	246	-105	4338	-11	2837	75	375670	-16	23124	71
0.3002	20.93	255	-120	538	-125	3550	-23	6130	56	304773	-35	51116	46
0.4002	15.70	351	-142	872	-156	2736	-37	9741	26	230513	-59	85716	9
0.5003	12.56	381	-164	1043	161	1866	-56	11243	-14	164342	-90	112407	-42
0.6001	10.47	332	168	774	106	907	-77	7777	-68	101797	-136	104705	-113
0.7005	8.97	157	144	130	35	170	-42	1096	175	49611	150	59121	147
0.8004	7.85	112	-142	280	148	487	2	3461	6	31347	30	29948	-12
0.9002	6.98	201	-170	91	65	383	-22	1437	-28	23166	-80	23465	-177
1.0005	6.28	108	178	184	154	262	17	1903	2	11861	129	21557	-13
1.1004	5.71	133	-154	76	-5	350	10	1101	35	13222	-15	22969	170
1.2014	5.23	93	-152	153	164	252	31	1871	0	3127	146	20557	-20
1.3009	4.83	124	-126	65	-66	187	49	1165	50	6411	-80	15054	141
1.3994	4.49	230	-53	73	165	47	12	1085	12	23896	-53	9504	-42
1.4996	4.19	276	-142	101	-152	292	16	1447	30	14955	-90	12560	25
1.5988	3.93	14	12	68	-6	142	71	357	113	6278	138	16779	-174
1.7028	3.69	10	23	83	48	42	104	504	-141	11140	-146	18416	-134
1.8003	3.49	39	-142	33	63	105	46	319	-135	4204	-54	9486	-123
1.8982	3.31	44	-113	26	74	123	75	127	-132	4943	33	7506	-107
2.0010	3.14	19	-90	14	152	83	80	229	42	5773	49	4658	-71

```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     ----- February 12, 2020                    *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*****

```

```

+++ P A N E L   W A V E   F R E Q U E N C Y   F O R C E S   F O R   F L N G S A G A +++
=====

```

Pressure Name = FLNGSAGA      Heading = 90.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	1	0	88	-89	4904	0	1018	90	424687	0	8213	90
0.2001	31.40	4	0	351	-89	4381	2	4049	90	379162	2	32948	90
0.3002	20.93	9	1	797	-90	3737	8	9093	89	323071	8	74999	89
0.4002	15.70	17	0	1431	-93	3257	19	16079	86	280925	18	135141	86
0.5003	12.56	24	-4	2142	-100	2987	29	23596	79	256832	29	203287	79
0.6001	10.47	30	0	2602	-108	2639	36	28045	72	226307	36	249639	71
0.7005	8.97	40	3	2737	-110	2209	47	28898	70	188612	47	267409	68
0.8004	7.85	47	2	2665	-108	1867	59	27536	72	158930	59	265692	68
0.9002	6.98	48	9	2471	-102	1533	74	25145	78	130774	74	248321	72
1.0005	6.28	57	15	2182	-93	1184	89	22053	88	101369	90	216223	78
1.1004	5.71	47	20	1869	-80	799	112	18994	102	69676	112	176839	89
1.2014	5.23	89	-16	1587	-61	1088	112	16267	120	90400	99	140769	107
1.3009	4.83	48	22	1382	-39	853	132	14134	140	71566	131	115548	129
1.3994	4.49	15	99	1230	-16	668	153	12391	162	60636	154	98777	155
1.4996	4.19	186	19	1073	12	569	174	11042	-169	37768	159	89612	-173
1.5988	3.93	53	30	1022	38	396	-166	10353	-143	31583	-176	83294	-144
1.7028	3.69	30	44	1021	64	236	-154	10300	-117	21540	-166	92298	-119
1.8003	3.49	118	37	876	90	811	-142	8983	-92	53190	-142	74834	-96
1.8982	3.31	26	146	783	116	383	-84	7898	-68	27405	-100	67395	-71
2.0010	3.14	15	176	397	122	244	-64	4418	-59	12251	-89	35963	-63

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     ----- February 12, 2020 *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                 *
*                                                                 *
*****

```

```

+++ P A N E L   W A V E   F R E Q U E N C Y   F O R C E S   F O R   F L N G S A G A +++
=====

```

Pressure Name = FLNGSAGA      Heading = 135.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	34	92	62	-85	4901	4	719	94	424550	5	5805	95
0.2001	31.40	130	103	246	-74	4339	16	2837	105	378174	21	23129	109
0.3002	20.93	256	122	539	-55	3550	40	6142	123	321959	52	51018	132
0.4002	15.70	352	152	877	-31	2732	75	9832	146	269687	94	83741	163
0.5003	12.56	384	-161	1058	-3	1863	119	11597	172	203146	146	102408	-157
0.6001	10.47	353	-104	806	26	909	174	8392	-160	129313	-143	87283	-103
0.7005	8.97	203	-33	235	26	134	-76	2103	179	72964	-50	45208	-17
0.8004	7.85	80	133	452	-17	422	96	5489	143	47319	76	41348	133
0.9002	6.98	215	-103	440	50	344	173	4503	-155	40913	-158	53739	-105
1.0005	6.28	175	8	136	-162	46	17	648	51	27046	-12	47776	31
1.1004	5.71	95	-162	308	21	230	160	3603	-170	23718	158	46227	-169
1.2014	5.23	141	9	247	163	83	-74	1851	-42	19428	-30	42439	-2
1.3009	4.83	109	-137	168	8	93	-109	1863	-164	16738	-109	33206	-178
1.3994	4.49	134	125	190	-171	192	-91	1766	-8	16161	-160	31154	13
1.4996	4.19	99	-166	149	63	61	-144	1471	-111	11078	173	27810	-120
1.5988	3.93	40	46	136	-93	38	70	1227	78	9600	55	23445	87
1.7028	3.69	18	-37	58	165	56	-23	751	21	7838	-31	12226	-6
1.8003	3.49	10	-134	57	70	55	-109	584	-109	6912	-119	9068	-103
1.8982	3.31	12	177	55	17	21	-167	485	173	4094	152	9731	-162
2.0010	3.14	25	113	39	-42	16	-116	343	109	4146	99	7479	141

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     ----- February 12, 2020 *
* Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                       *
*                                                                                       *
*****

```

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR FLNGSAGA +++  
=====

Pressure Name = FLNGSAGA      Heading = 180.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	48	94	0	0	4899	5	0	0	424397	7	1	174
0.2001	31.40	182	110	0	0	4297	22	0	-163	376440	30	4	-173
0.3002	20.93	346	137	0	0	3369	53	1	-141	315355	70	11	-143
0.4002	15.70	427	178	0	0	2259	99	1	-107	245581	125	18	-103
0.5003	12.56	352	-119	0	0	1009	160	1	-50	149616	-159	16	-42
0.6001	10.47	152	-20	0	0	230	-38	1	28	77719	-46	4	-146
0.7005	8.97	178	165	0	0	449	97	2	0	53682	100	47	-35
0.8004	7.85	199	-70	1	-83	163	-136	4	103	39294	-107	92	95
0.9002	6.98	88	123	1	98	232	89	7	-79	29124	78	149	-85
1.0005	6.28	134	-42	2	-79	95	-124	11	100	22089	-90	276	102
1.1004	5.71	76	-169	2	127	149	134	18	-53	18202	133	415	-52
1.2014	5.23	74	57	3	3	50	31	23	-173	12454	3	562	-177
1.3009	4.83	74	-24	5	-104	90	-116	34	78	12648	-98	851	75
1.3994	4.49	77	-95	9	-172	64	167	68	12	7858	-165	1659	6
1.4996	4.19	101	99	26	26	17	-169	192	-152	11524	97	4869	-153
1.5988	3.93	54	53	35	-36	27	160	259	148	5489	95	6440	143
1.7028	3.69	15	32	29	-109	28	124	215	77	6615	98	5275	69
1.8003	3.49	13	85	12	-150	15	-177	84	40	4407	99	2155	28
1.8982	3.31	22	73	10	-143	37	-145	80	48	4606	144	1761	34
2.0010	3.14	13	59	5	-138	46	-133	38	46	6028	175	903	40

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                          *
*                               Seakeeping analysis from Motions FLNG Saga Down (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                           *
*                               *                                           *
*****

```

```

+++ ADDED INERTIA COEFFICIENTS FOR FLNGSAGA +++
=====

```

Results are in Body System

Pressure Name = FLNGSAGA

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Period Sec.	Values Normalized By Mass with Weight = 45975.7					
	/--- Added Mass Coefficients -----/			/----- Added Radii of Gyration ----/		
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
62.80	0.0484	0.8804	2.8873	10.844	158.765	101.794
31.40	0.0518	0.9253	2.7978	11.080	157.227	104.095
20.93	0.0578	1.0217	2.3417	11.573	147.009	108.738
15.70	0.0583	1.1693	1.7727	12.257	131.620	115.700
12.56	0.0482	1.2289	1.3027	12.409	114.685	119.716
10.47	0.0369	1.0118	1.0858	11.204	103.188	112.566
8.97	0.0333	0.7089	1.0379	9.559	98.632	97.723
7.85	0.0286	0.4655	1.0245	8.095	97.549	82.315
6.98	0.0212	0.3008	1.0532	7.046	98.220	66.966
6.28	0.0218	0.1894	1.0686	6.379	99.394	51.344
5.71	0.0170	0.1266	1.0348	6.016	98.700	37.823
5.23	0.0148	0.0963	1.2574	5.882	104.596	29.287
4.83	0.0142	0.0866	1.2631	5.869	107.248	26.595
4.49	0.0163	0.0847	1.2800	5.887	108.677	26.797
4.19	0.0010	0.1064	1.2912	6.059	108.800	31.560
3.93	0.0079	0.1110	1.2988	6.156	109.828	33.361
3.69	0.0155	0.1356	1.3188	6.378	110.516	39.292
3.49	0.0192	0.1455	1.3234	6.425	110.804	42.192
3.31	0.0210	0.1540	1.3460	6.503	111.312	42.947
3.14	0.0182	0.1543	1.3413	6.452	111.430	42.754

**LAMPIRAN B**  
(HIDRODINAMIKA KAPAL *LNGC SURYA AKI*)

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     -----                             *
*                               Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                                     *
* Draft = 7.3 Meters      Trim Angle = 0.00 Deg.      GMT = 1.9 Meters *
* Roll Gy. Radius = 11.2 Meters      Pitch Gy. Radius = 37.8 Meters      Yaw Gy. Radius = 37.8 Meters *
* Heading = 0.00 Deg.      Forward Speed = 0.00 Knots      Linearization Based on 1/ 20 *
*                                                                                                     *
*****

```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body System

Of Point On Body LNGCSURY At X = -71.4 Y = 0.0 Z = 8.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.990	87	0.000	0	0.999	-3	0.000	0	0.059	-95	0.000	0
0.2001	31.40	0.971	73	0.000	0	0.991	-16	0.000	0	0.234	-106	0.000	0
0.3002	20.93	0.918	52	0.000	0	0.955	-37	0.000	0	0.522	-125	0.001	134
0.4002	15.70	0.807	23	0.000	0	0.861	-66	0.003	-83	0.892	-153	0.001	95
0.5003	12.56	0.625	-15	0.001	-137	0.671	-104	0.001	-136	1.274	170	0.002	43
0.6001	10.47	0.384	-63	0.001	160	0.366	-151	0.001	160	1.524	125	0.002	-20
0.7005	8.97	0.124	-127	0.001	88	0.022	-150	0.001	83	1.298	68	0.002	-99
0.8004	7.85	0.031	1	0.000	0	0.249	-109	0.001	2	0.550	29	0.001	176
0.9002	6.98	0.030	-62	0.000	0	0.159	-173	0.000	0	0.608	23	0.000	0
1.0005	6.28	0.015	-11	0.000	0	0.112	172	0.000	0	0.351	-29	0.000	0
1.1004	5.71	0.028	-38	0.000	0	0.071	137	0.000	0	0.171	-36	0.001	77
1.2014	5.23	0.013	-37	0.000	0	0.038	120	0.000	0	0.119	-56	0.001	-117
1.3009	4.83	0.017	-64	0.000	0	0.030	103	0.000	0	0.071	-68	0.001	28
1.3994	4.49	0.010	-61	0.000	0	0.014	105	0.000	0	0.043	-76	0.000	0
1.4996	4.19	0.008	-86	0.000	0	0.009	83	0.000	0	0.031	-86	0.000	0
1.5988	3.93	0.009	-83	0.000	0	0.005	70	0.000	0	0.019	-102	0.001	102
1.7028	3.69	0.011	-10	0.001	-10	0.004	-6	0.001	-39	0.007	-104	0.002	158
1.8003	3.49	0.015	-125	0.000	0	0.003	88	0.000	0	0.019	-130	0.001	32
1.8982	3.31	0.003	-107	0.000	0	0.002	-5	0.000	0	0.007	-143	0.000	0
2.0010	3.14	0.001	129	0.000	0	0.002	-6	0.000	0	0.004	-157	0.000	0



```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     ----- February 12, 2020                    *
* Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                     *
* Draft          = 7.3 Meters      Trim Angle   = 0.00 Deg.    GMT           = 1.9 Meters *
* Roll Gy. Radius = 11.2 Meters    Pitch Gy. Radius = 37.8 Meters Yaw Gy. Radius = 37.8 Meters *
* Heading        = 45.00 Deg.     Forward Speed = 0.00 Knots  Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****

```

+++ M O T I O N R E S P O N S E O P E R A T O R S +++  
=====

Results are in Body System

Of Point On Body LNGCSURY At X = -71.4 Y = 0.0 Z = 8.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.700	88	0.703	87	1.000	-2	0.043	88	0.041	-95	0.025	174
0.2001	31.40	0.689	78	0.689	78	0.996	-11	0.216	81	0.166	-101	0.099	166
0.3002	20.93	0.664	63	0.658	63	0.979	-26	0.935	68	0.374	-115	0.217	149
0.4002	15.70	0.614	42	0.590	42	0.935	-46	2.171	-92	0.661	-134	0.337	135
0.5003	12.56	0.534	15	0.494	15	0.844	-73	0.702	-134	1.017	-159	0.492	103
0.6001	10.47	0.423	-19	0.360	-16	0.686	-107	0.404	-153	1.427	167	0.581	67
0.7005	8.97	0.276	-65	0.200	-56	0.453	-151	0.222	-177	1.779	124	0.558	22
0.8004	7.85	0.125	-129	0.036	-86	0.093	108	0.061	179	1.772	66	0.383	-34
0.9002	6.98	0.038	117	0.066	-14	0.285	-110	0.137	-112	0.811	0	0.104	-121
1.0005	6.28	0.039	25	0.045	-86	0.193	-178	0.215	-173	0.254	8	0.137	26
1.1004	5.71	0.031	-18	0.031	46	0.075	155	0.118	109	0.275	0	0.109	-76
1.2014	5.23	0.014	9	0.044	-56	0.049	165	0.053	-108	0.165	-24	0.067	88
1.3009	4.83	0.022	-7	0.014	143	0.049	153	0.090	156	0.098	-19	0.084	-30
1.3994	4.49	0.012	-20	0.027	-12	0.026	166	0.024	92	0.078	-11	0.024	164
1.4996	4.19	0.018	-6	0.008	-137	0.019	-154	0.037	156	0.041	-5	0.053	-3
1.5988	3.93	0.019	7	0.017	-3	0.012	-14	0.018	77	0.016	-82	0.016	-148
1.7028	3.69	0.025	156	0.003	-156	0.023	93	0.024	130	0.030	-102	0.036	-24
1.8003	3.49	0.016	-130	0.011	-43	0.013	124	0.009	63	0.028	-76	0.005	121
1.8982	3.31	0.015	-44	0.058	110	0.004	156	0.074	119	0.020	-53	0.095	-43
2.0010	3.14	0.003	40	0.029	13	0.004	108	0.025	18	0.014	-47	0.053	-148

```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     February 12, 2020                          *
* Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                     *                                           *
* Draft = 7.3 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 1.9 Meters *
* Roll Gy. Radius = 11.2 Meters Pitch Gy. Radius = 37.8 Meters Yaw Gy. Radius = 37.8 Meters *
* Heading = 90.00 Deg. Forward Speed = 0.00 Knots Linearization Based on 1/ 20 *
*                                     *                                           *
*****

```

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++  
=====

Results are in Body System

Of Point On Body LNGCSURY At X = -71.4 Y = 0.0 Z = 8.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.016	180	0.994	90	1.000	0	0.061	90	0.002	-179	0.002	94
0.2001	31.40	0.003	180	0.979	90	1.000	0	0.306	89	0.002	180	0.003	90
0.3002	20.93	0.001	-4	0.953	90	1.003	0	1.324	85	0.002	178	0.013	83
0.4002	15.70	0.004	-5	0.903	90	1.011	0	2.889	-55	0.001	44	0.049	-62
0.5003	12.56	0.007	-14	0.850	90	1.038	0	0.987	-87	0.009	24	0.033	-91
0.6001	10.47	0.009	-16	0.780	91	1.104	0	0.551	-87	0.040	9	0.040	-95
0.7005	8.97	0.014	6	0.702	93	1.254	-5	0.326	-84	0.141	-21	0.052	-103
0.8004	7.85	0.040	-8	0.623	96	1.482	-23	0.177	-80	0.396	-75	0.064	-111
0.9002	6.98	0.062	-66	0.541	100	1.207	-55	0.066	-63	0.518	-157	0.081	-115
1.0005	6.28	0.043	-109	0.461	105	0.689	-74	0.041	18	0.292	150	0.107	-129
1.1004	5.71	0.024	-129	0.379	110	0.366	-75	0.059	57	0.155	133	0.113	-142
1.2014	5.23	0.015	-131	0.298	119	0.201	-68	0.060	69	0.082	124	0.111	-154
1.3009	4.83	0.004	177	0.233	131	0.087	-49	0.050	95	0.037	123	0.091	-161
1.3994	4.49	0.013	-148	0.182	146	0.098	-55	0.042	125	0.065	157	0.075	-163
1.4996	4.19	0.009	-145	0.143	164	0.058	-39	0.041	157	0.039	142	0.060	-160
1.5988	3.93	0.010	-137	0.114	-173	0.034	-18	0.049	-166	0.020	155	0.046	-153
1.7028	3.69	0.026	-97	0.083	-156	0.017	5	0.016	-149	0.016	-111	0.029	-162
1.8003	3.49	0.024	82	0.080	-137	0.023	22	0.033	-109	0.014	100	0.018	-171
1.8982	3.31	0.008	91	0.080	-100	0.012	51	0.047	-76	0.003	-41	0.028	168
2.0010	3.14	0.006	122	0.054	-89	0.014	25	0.027	-73	0.006	164	0.013	-47

```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     ----- February 12, 2020                    *
* Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                   *
* Draft          = 7.3 Meters      Trim Angle    = 0.00 Deg.      GMT          = 1.9 Meters *
* Roll Gy. Radius = 11.2 Meters   Pitch Gy. Radius = 37.8 Meters  Yaw Gy. Radius = 37.8 Meters *
* Heading        = 135.00 Deg.    Forward Speed = 0.00 Knots   Linearization Based on 1/ 20 *
*                                                                                   *
*****

```

+++ M O T I O N R E S P O N S E O P E R A T O R S +++  
=====

Results are in Body System

Of Point On Body LNGCSURY At X = -71.4 Y = 0.0 Z = 8.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.700	-87	0.703	93	1.000	3	0.043	92	0.041	96	0.025	6
0.2001	31.40	0.689	-77	0.689	102	0.996	12	0.216	98	0.166	102	0.099	14
0.3002	20.93	0.664	-62	0.658	117	0.979	27	0.935	105	0.375	116	0.218	30
0.4002	15.70	0.616	-41	0.590	138	0.933	47	2.168	-30	0.664	135	0.363	44
0.5003	12.56	0.538	-15	0.496	165	0.842	75	0.697	-42	1.026	160	0.491	76
0.6001	10.47	0.416	14	0.365	-161	0.708	111	0.398	-24	1.432	-172	0.583	112
0.7005	8.97	0.239	48	0.208	-125	0.580	156	0.232	-3	1.725	-146	0.584	156
0.8004	7.85	0.066	80	0.053	-115	0.455	-162	0.078	8	1.662	-122	0.473	-152
0.9002	6.98	0.046	-27	0.088	-177	0.097	-105	0.086	-90	0.861	-102	0.246	-86
1.0005	6.28	0.061	39	0.109	-119	0.150	18	0.161	-48	0.125	-58	0.102	56
1.1004	5.71	0.052	138	0.074	-30	0.076	79	0.159	18	0.136	155	0.185	-177
1.2014	5.23	0.030	-95	0.048	106	0.014	-139	0.094	105	0.097	-124	0.185	-76
1.3009	4.83	0.024	66	0.050	-117	0.024	29	0.032	-90	0.023	-12	0.113	44
1.3994	4.49	0.022	-135	0.041	14	0.014	166	0.063	56	0.026	-152	0.081	-160
1.4996	4.19	0.020	88	0.028	170	0.010	99	0.046	175	0.029	51	0.071	-4
1.5988	3.93	0.015	22	0.023	-8	0.016	-16	0.019	10	0.012	-58	0.055	165
1.7028	3.69	0.024	-4	0.017	176	0.009	-88	0.028	-160	0.007	20	0.038	6
1.8003	3.49	0.012	-85	0.011	3	0.001	-129	0.014	1	0.006	-45	0.030	178
1.8982	3.31	0.001	-54	0.074	-173	0.002	-100	0.071	-163	0.004	-156	0.128	26
2.0010	3.14	0.002	-142	0.004	-95	0.001	34	0.005	-112	0.005	138	0.005	108

```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     February 12, 2020                          *
*                                     Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                     *
* Draft          = 7.3 Meters      Trim Angle   = 0.00 Deg.      GMT           = 1.9 Meters *
* Roll Gy. Radius = 11.2 Meters   Pitch Gy. Radius = 37.8 Meters  Yaw Gy. Radius = 37.8 Meters *
* Heading        = 180.00 Deg.    Forward Speed = 0.00 Knots   Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****

```

```

+++ M O T I O N   R E S P O N S E   O P E R A T O R S +++
=====

```

Results are in Body System

Of Point On Body LNGCSURY At X = -71.4 Y = 0.0 Z = 8.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	0.990	-86	0.000	0	0.999	4	0.000	0	0.059	96	0.000	0
0.2001	31.40	0.971	-72	0.000	0	0.991	17	0.000	0	0.234	107	0.000	0
0.3002	20.93	0.918	-51	0.000	0	0.955	38	0.000	0	0.522	126	0.001	-134
0.4002	15.70	0.810	-22	0.000	0	0.859	67	0.003	84	0.895	154	0.001	-95
0.5003	12.56	0.630	15	0.001	135	0.670	107	0.001	135	1.285	-170	0.002	-44
0.6001	10.47	0.371	58	0.001	-163	0.411	165	0.002	-165	1.530	-130	0.002	14
0.7005	8.97	0.086	103	0.001	-94	0.239	-97	0.002	-100	1.303	-86	0.003	78
0.8004	7.85	0.072	3	0.001	-5	0.293	10	0.001	-11	0.619	-22	0.002	164
0.9002	6.98	0.076	91	0.001	107	0.264	75	0.001	103	0.326	109	0.002	-81
1.0005	6.28	0.043	-122	0.001	-125	0.053	178	0.001	-131	0.251	-154	0.001	49
1.1004	5.71	0.038	50	0.000	0	0.042	-2	0.001	37	0.051	-15	0.001	-143
1.2014	5.23	0.026	-135	0.000	0	0.014	130	0.000	0	0.050	-174	0.001	26
1.3009	4.83	0.020	67	0.000	0	0.011	16	0.000	0	0.018	-33	0.001	-136
1.3994	4.49	0.014	-86	0.000	0	0.004	179	0.000	0	0.012	-148	0.001	93
1.4996	4.19	0.012	152	0.000	0	0.003	88	0.000	0	0.006	45	0.001	-32
1.5988	3.93	0.007	52	0.000	0	0.001	175	0.000	0	0.007	-49	0.000	0
1.7028	3.69	0.006	-133	0.001	169	0.005	145	0.001	144	0.005	-156	0.001	-21
1.8003	3.49	0.008	-27	0.000	0	0.001	-103	0.000	0	0.010	15	0.001	161
1.8982	3.31	0.001	144	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.005	2	0.000	0
2.0010	3.14	0.002	146	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.004	-38	0.000	0

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     ----- February 12, 2020 *
* Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                     Draft      =   7.3 Meters          Trim Angle =   0.00 Deg. *
*                                     *                                     *
*****

```

+++ A D D E D I N E R T I A C O E F F I C I E N T S F O R L N G C S U R Y +++

Results are in Body System

Of Point On Body LNGCSURY At X = -71.4 Y = 0.0 Z = 8.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Period Sec.	Values Normalized By Mass with Weight = 18438.8						
	/--- Added Mass Coefficients -----/			/----- Added Radii of Gyration -----/			
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--	
62.80	0.0589	0.8602	3.0114	3.719	42.543	31.839	
31.40	0.0618	0.8922	3.0080	3.726	43.288	32.212	
20.93	0.0678	0.9584	2.6976	3.742	44.688	32.898	
15.70	0.0735	1.0711	2.2221	3.768	45.772	34.125	
12.56	0.0708	1.1971	1.7443	3.798	44.728	36.297	
10.47	0.0594	1.2003	1.3656	3.812	41.501	39.292	
8.97	0.0482	1.0004	1.1637	3.791	37.360	40.164	
7.85	0.0436	0.7538	1.1007	3.766	33.860	35.761	
6.98	0.0385	0.5130	1.0844	3.754	32.367	30.563	
6.28	0.0316	0.3178	1.0897	3.652	31.764	23.454	
5.71	0.0234	0.1882	1.1157	3.592	31.747	16.280	
5.23	0.0256	0.1247	1.1142	3.517	32.275	11.686	
4.83	0.0190	0.0992	0.9368	3.505	34.369	10.659	
4.49	0.0172	0.0902	1.2856	3.483	25.535	10.570	
4.19	0.0160	0.0916	1.2846	3.474	30.901	11.268	
3.93	0.0176	0.1017	1.3105	3.423	32.228	11.797	
3.69	0.0177	0.0808	1.3322	3.610	32.356	11.010	
3.49	0.0173	0.0850	1.4200	3.471	33.845	11.838	
3.31	0.0151	0.1542	1.4050	3.305	33.299	14.604	
3.14	0.0142	0.1159	1.4011	3.422	33.296	13.004	

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                          *
*                               Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                           *
*                               Draft      =   7.3 Meters                    Trim Angle =   0.00 Deg.                    *
*                               *                                           *
*****

```

+++ L I N E A R I Z E D D A M P I N G C O E F F I C I E N T S F O R L N G C S U R Y +++

Results are in Body System

Of Point On Body LNGCSURY At X = -71.4 Y = 0.0 Z = 8.2

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Period Sec.	Values Normalized By Mass with Weight = 18438.8					
	Damping / Mass		Damping Radii of Gyration			
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
62.80	0.0000	0.0000	0.0206	0.013	0.462	0.187
31.40	0.0001	0.0003	0.1372	0.025	1.827	0.525
20.93	0.0011	0.0041	0.3412	0.088	5.448	0.960
15.70	0.0054	0.0285	0.5453	0.219	11.557	1.904
12.56	0.0141	0.1209	0.6788	0.427	18.065	5.003
10.47	0.0225	0.3230	0.7006	0.692	22.689	12.062
8.97	0.0263	0.5511	0.6252	0.934	24.830	22.297
7.85	0.0286	0.7055	0.5307	1.086	24.325	29.617
6.98	0.0339	0.8036	0.4454	1.328	22.494	32.824
6.28	0.0345	0.8060	0.3556	1.533	21.008	35.076
5.71	0.0386	0.7596	0.2584	1.557	20.087	33.575
5.23	0.0346	0.6757	0.1474	1.526	18.332	31.315
4.83	0.0338	0.6040	-0.0285	1.450	15.676	28.743
4.49	0.0232	0.5407	0.4475	1.403	21.844	26.948
4.19	0.0198	0.4834	0.2725	1.386	12.565	25.205
3.93	0.0190	0.4288	0.1947	1.349	16.978	23.667
3.69	0.0081	0.3402	0.1662	1.302	19.862	21.365
3.49	0.0431	0.3726	0.1115	0.660	6.050	23.030
3.31	0.0236	0.3264	0.0732	-1.647	11.732	27.491
3.14	0.0130	0.2778	0.0611	1.503	10.247	17.919

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                       *
*                               Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                       *
*                               *                                       *
*                               *                                       *
*****

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR LNGCSURY +++  
=====

Drift Name = LNGCSURY Heading = 0.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	2.0	-0.0	9.5	0.0	41.7	0.2
0.2001	31.400	1.1	-0.0	5.2	0.1	-207.9	0.8
0.3002	20.930	-4.4	-0.0	1.4	-0.0	-474.3	1.1
0.4002	15.700	-11.2	0.0	3.9	-0.5	-601.9	-2.5
0.5003	12.560	3.1	0.0	10.3	0.3	-508.3	1.0
0.6001	10.470	5.6	-0.0	13.6	0.2	-242.2	5.4
0.7005	8.970	-8.6	0.2	18.0	-1.2	-186.0	-26.5
0.8004	7.850	-4.6	0.0	6.8	-0.9	-522.9	-0.5
0.9002	6.980	-8.8	-0.2	5.7	0.9	-529.1	22.0
1.0005	6.280	-3.0	0.0	-2.4	-0.6	-473.8	-2.3
1.1004	5.710	-1.3	-0.0	-3.3	0.5	-518.0	5.8
1.2014	5.230	-0.3	-0.1	-2.8	-0.0	-403.8	5.8
1.3009	4.830	-0.2	0.1	-2.0	-0.5	-350.8	-12.1
1.3994	4.490	-0.3	0.1	-1.7	-0.7	-270.9	-6.1
1.4996	4.190	-1.1	-0.0	-1.6	0.3	-247.0	3.4
1.5988	3.930	8.8	2.1	-2.3	-16.3	-94.0	-269.5
1.7028	3.690	201.3	48.2	2.0	-352.5	2249.4	-6143.3
1.8003	3.490	261.4	53.1	18.4	-393.8	4170.8	-6779.3
1.8982	3.310	21.5	3.5	0.1	-26.1	315.0	-446.3
2.0010	3.140	13.1	1.7	0.4	-12.6	228.1	-220.9

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                       *
*                               Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Flaoting). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                       *
*                               *                                       *
*                               *                                       *
*****

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR LNGCSURY +++  
=====

Drift Name = LNGCSURY Heading = 45.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	2.0	-0.2	9.0	2.2	-1.3	16.2
0.2001	31.400	1.2	-1.6	2.7	20.9	-406.1	129.7
0.3002	20.930	-2.0	-9.7	-6.5	35.5	-1044.8	738.7
0.4002	15.700	-9.0	-5.0	-1.8	247.9	-957.8	88.3
0.5003	12.560	-10.6	-30.9	-16.2	309.0	-2356.3	2537.0
0.6001	10.470	9.6	-63.8	-16.2	646.0	-2780.5	5732.6
0.7005	8.970	27.8	-88.7	-13.6	372.5	-2745.0	7904.6
0.8004	7.850	11.7	-68.8	-17.0	435.1	-3324.5	6280.1
0.9002	6.980	26.0	-41.2	-38.6	194.1	-4081.5	4050.6
1.0005	6.280	29.8	-56.2	-41.5	546.8	-4343.3	5292.6
1.1004	5.710	30.7	-59.6	-36.4	487.5	-3795.3	6005.8
1.2014	5.230	22.6	-55.5	-27.0	504.8	-2925.3	5187.8
1.3009	4.830	16.2	-63.0	-22.3	597.5	-2585.1	5796.3
1.3994	4.490	13.5	-56.8	-20.0	542.9	-2486.4	4812.1
1.4996	4.190	26.8	-69.2	-23.5	658.3	-2296.1	6295.5
1.5988	3.930	212.1	126.4	-25.3	-896.6	286.2	-17304.6
1.7028	3.690	1088.7	260.4	53.1	-1894.7	13997.5	-34881.2
1.8003	3.490	633.6	-298.0	31.0	2308.6	8021.1	35233.7
1.8982	3.310	885.1	-1508.8	80.6	11264.6	15657.4	187844.6
2.0010	3.140	1100.6	606.5	71.6	-4301.6	17397.0	-80155.3



```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                       *
*                               Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                         *
*                               *                                         *
*                               *                                         *
*****

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR LNGCSURY +++  
=====

Drift Name = LNGCSURY Heading = 90.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	2.0	-0.2	8.5	1.1	-40.3	17.5
0.2001	31.400	1.5	-1.4	0.3	7.6	-598.5	129.0
0.3002	20.930	1.1	-3.6	-17.0	3.1	-1862.9	359.7
0.4002	15.700	0.6	-71.7	0.9	290.1	-599.1	5265.3
0.5003	12.560	2.2	-62.9	-24.2	414.8	-2646.5	5004.4
0.6001	10.470	5.7	-99.8	-45.1	652.2	-4394.1	8121.0
0.7005	8.970	15.9	-138.2	-60.7	847.4	-5754.4	11690.9
0.8004	7.850	22.3	-166.0	-77.8	646.4	-7533.1	14867.6
0.9002	6.980	8.9	-111.5	-72.5	715.9	-7681.0	10476.3
1.0005	6.280	52.4	-67.0	-55.5	959.8	-6040.9	7011.6
1.1004	5.710	53.5	-48.7	-47.8	690.6	-4980.1	4780.2
1.2014	5.230	45.3	-46.7	-37.7	585.5	-4076.6	4491.7
1.3009	4.830	40.1	-55.9	-40.6	549.0	-3758.8	5824.7
1.3994	4.490	27.7	-45.5	-57.3	461.2	-4903.8	4301.4
1.4996	4.190	28.0	-62.7	-26.6	580.2	-3193.1	6226.6
1.5988	3.930	60.4	-65.0	-26.4	573.2	-3003.1	6760.0
1.7028	3.690	716.1	68.3	9.0	-467.9	5639.9	-10489.0
1.8003	3.490	1362.9	113.8	85.4	-737.3	20900.7	-18762.1
1.8982	3.310	364.8	-339.1	17.6	2570.8	5116.1	39666.4
2.0010	3.140	161.1	-57.7	-0.9	470.8	1016.1	6508.8

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                          *
*                               Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                           *
*                               *                                           *
*****

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR LNGCSURY +++  
=====

Drift Name = LNGCSURY Heading = 135.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

ENCOUNTER		TRANSLATION			ROTATION		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	2.0	-0.1	9.0	-0.7	-2.7	7.1
0.2001	31.400	1.5	-0.4	2.4	-9.9	-423.5	47.7
0.3002	20.930	-0.6	5.3	-8.8	-26.8	-1163.0	-284.9
0.4002	15.700	-5.5	-63.1	-20.0	198.2	-2201.4	4629.1
0.5003	12.560	-6.6	-49.8	-26.8	239.4	-2924.9	3809.6
0.6001	10.470	13.3	-66.5	-36.6	193.9	-3928.0	4979.7
0.7005	8.970	40.9	-82.9	-53.7	362.6	-5127.5	6251.3
0.8004	7.850	19.7	-59.3	-66.1	82.9	-6057.1	3744.2
0.9002	6.980	2.2	-29.2	-51.2	247.8	-4632.2	1217.7
1.0005	6.280	17.8	-49.9	-42.0	443.3	-3864.2	4370.7
1.1004	5.710	17.6	-50.7	-33.8	490.5	-3303.9	4566.2
1.2014	5.230	21.4	-46.1	-27.7	460.5	-2603.8	3829.1
1.3009	4.830	27.4	-32.6	-23.1	340.5	-1944.7	2183.5
1.3994	4.490	39.1	-10.1	-19.8	163.2	-1522.8	-669.9
1.4996	4.190	165.6	152.5	-5.0	-1091.1	1117.0	-21246.2
1.5988	3.930	377.6	137.0	19.0	-988.8	5885.1	-19125.6
1.7028	3.690	295.4	-125.1	-17.0	979.6	198.1	14141.1
1.8003	3.490	389.6	135.3	-11.4	-929.4	1543.8	-18792.0
1.8982	3.310	1005.0	822.5	75.9	-5966.8	16924.8	-106290.0
2.0010	3.140	114.1	-223.7	-15.2	1709.9	-647.6	26187.7

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                          *
*                               Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Flaoting). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                           *
*                               *                                           *
*****

```

```

+++ M E A N   D R I F T   F O R C E S   F O R   L N G C S U R Y +++
=====

```

Drift Name = LNGCSURY Heading = 180.00 Computed

Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)\*\*2

Reported in the Body System

E N C O U N T E R		T R A N S L A T I O N			R O T A T I O N		
Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1001	62.800	2.1	-0.0	9.5	0.0	39.4	0.1
0.2001	31.400	1.5	-0.0	4.7	0.0	-232.9	0.1
0.3002	20.930	-2.2	0.0	-1.5	-0.1	-598.2	-0.3
0.4002	15.700	-4.9	0.0	-5.3	-0.6	-978.0	-2.6
0.5003	12.560	16.2	0.0	-9.5	0.1	-1355.0	0.7
0.6001	10.470	30.4	-0.0	-23.6	0.1	-1839.6	4.1
0.7005	8.970	6.4	0.1	-24.9	-2.5	-1968.4	-7.1
0.8004	7.850	16.3	0.5	-21.3	-2.2	-1691.7	-58.7
0.9002	6.980	0.7	0.6	-15.2	-6.3	-1543.4	-74.2
1.0005	6.280	5.5	0.7	-15.4	-5.0	-1393.8	-83.5
1.1004	5.710	6.5	0.4	-15.9	-3.5	-1363.4	-53.6
1.2014	5.230	7.0	0.4	-14.4	-3.5	-1241.9	-52.9
1.3009	4.830	8.2	0.4	-13.7	-3.4	-1137.2	-52.8
1.3994	4.490	8.8	0.9	-13.0	-6.1	-1085.4	-109.5
1.4996	4.190	10.4	0.5	-12.3	-3.7	-1000.3	-61.3
1.5988	3.930	11.6	0.9	-11.6	-6.5	-936.2	-121.4
1.7028	3.690	56.5	12.2	-2.6	-92.4	622.9	-1533.1
1.8003	3.490	173.1	29.6	-10.2	-216.9	423.4	-3796.0
1.8982	3.310	10.7	-0.7	-12.1	5.0	-937.0	97.7
2.0010	3.140	29.0	0.5	-13.5	-3.9	-982.2	-58.9

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     ----- February 12, 2020 *
* Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                 *
*                                                                 *
*****

```

```

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR LNGCSURY +++
=====

```

Pressure Name = LNGCSURY      Heading = 0.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	20	-91	0	0	2739	-3	0	0	187667	-4	2	116
0.2001	31.40	75	-104	0	0	2492	-14	0	90	170771	-18	8	93
0.3002	20.93	154	-125	0	0	2096	-30	1	53	143320	-41	18	56
0.4002	15.70	222	-153	0	0	1621	-50	2	1	109349	-70	33	4
0.5003	12.56	235	173	0	0	1101	-74	3	-67	73887	-107	53	-63
0.6001	10.47	177	141	1	29	543	-99	4	-152	40216	-156	73	-149
0.7005	8.97	75	130	1	-73	178	-76	4	104	12902	127	88	105
0.8004	7.85	97	170	1	157	251	-53	5	-27	7632	-32	104	-20
0.9002	6.98	114	137	1	10	203	-76	6	-177	7190	-127	125	-164
1.0005	6.28	63	129	1	-144	133	-60	6	34	1308	61	128	32
1.1004	5.71	85	126	1	32	147	-68	6	-149	3204	-83	147	-146
1.2014	5.23	49	119	1	-154	106	-76	4	21	679	-144	117	25
1.3009	4.83	65	105	1	13	97	-82	4	-161	1346	-102	113	-169
1.3994	4.49	40	111	1	164	74	-94	4	-8	929	-153	102	-19
1.4996	4.19	40	90	0	0	57	-110	2	135	1245	153	29	124
1.5988	3.93	47	92	2	91	40	-121	9	-79	940	118	209	-89
1.7028	3.69	59	165	5	155	45	169	32	-14	3923	148	624	-28
1.8003	3.49	100	48	3	34	35	-100	23	-133	3512	18	400	-152
1.8982	3.31	23	65	0	0	27	170	4	-23	1505	101	48	-27
2.0010	3.14	7	-41	0	0	29	171	3	11	1156	147	41	0

```

*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     ----- February 12, 2020                    *
* Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                       *
*                                                                                       *
*****

```

```

+++ P A N E L   W A V E   F R E Q U E N C Y   F O R C E S   F O R   L N G C S U R Y +++
=====

```

Pressure Name = LNGCSURY      Heading = 45.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	14	-88	25	-92	2740	-2	226	87	187708	-3	1840	86
0.2001	31.40	54	-98	98	-101	2504	-9	896	78	171425	-12	7354	75
0.3002	20.93	111	-113	217	-118	2149	-19	1971	63	146394	-27	16444	56
0.4002	15.70	170	-132	370	-141	1762	-31	3312	41	117737	-45	28567	28
0.5003	12.56	207	-154	512	-174	1389	-46	4492	9	90496	-67	41589	-10
0.6001	10.47	216	-177	541	141	997	-64	4606	-30	66215	-95	49413	-62
0.7005	8.97	189	155	366	86	571	-84	2991	-78	42517	-132	43918	-131
0.8004	7.85	111	127	54	-25	210	-88	198	-123	21133	171	26849	129
0.9002	6.98	38	175	204	140	179	-22	1465	-26	9740	65	18806	-20
1.0005	6.28	102	-176	113	37	258	-38	658	-61	10855	-41	18317	-168
1.1004	5.71	105	146	139	-167	170	-54	1184	-17	6145	-124	16194	37
1.2014	5.23	55	159	139	88	133	-31	843	-74	1444	80	15358	-104
1.3009	4.83	86	159	59	-86	160	-30	506	13	3645	-34	11574	113
1.3994	4.49	54	153	112	144	143	-34	1030	-40	2518	-79	10387	-36
1.4996	4.19	86	172	27	15	123	16	299	-66	4687	59	7996	167
1.5988	3.93	91	-174	95	160	100	161	812	-30	9123	149	8550	-11
1.7028	3.69	130	-20	14	9	213	-91	295	-75	11055	-76	6066	151
1.8003	3.49	116	48	70	124	146	-60	662	-63	5988	-22	5755	-57
1.8982	3.31	111	132	417	-72	48	-27	2375	102	3480	96	45496	116
2.0010	3.14	23	-151	243	-177	63	-74	1579	1	2125	-130	28022	10

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     ----- February 12, 2020 *
* Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                 *
*                                                                 *
*****

```

```

+++ P A N E L   W A V E   F R E Q U E N C Y   F O R C E S   F O R   L N G C S U R Y +++
=====

```

Pressure Name = LNGCSURY      Heading = 90.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	1	0	35	-89	2741	0	320	90	187755	0	2601	90
0.2001	31.40	3	0	139	-89	2516	1	1273	90	172232	1	10434	90
0.3002	20.93	6	0	315	-89	2204	5	2854	90	150666	5	23696	90
0.4002	15.70	10	-1	567	-91	1912	13	5066	88	130430	13	42854	88
0.5003	12.56	16	-7	886	-95	1714	23	7788	84	116493	23	67579	84
0.6001	10.47	20	-16	1200	-101	1595	32	10332	78	107792	32	92808	77
0.7005	8.97	21	-18	1399	-107	1443	40	11753	72	96998	40	110126	71
0.8004	7.85	22	-13	1482	-110	1245	49	12146	70	83249	49	118410	67
0.9002	6.98	24	-10	1458	-111	1076	60	11604	70	71320	60	118145	64
1.0005	6.28	23	-2	1327	-107	925	72	10405	75	60922	73	106906	64
1.1004	5.71	20	-8	1149	-100	764	87	9001	83	50103	88	88733	68
1.2014	5.23	18	-11	979	-87	586	103	7773	97	38026	104	70753	80
1.3009	4.83	23	-63	859	-70	288	130	6833	113	18755	134	58453	98
1.3994	4.49	54	3	762	-51	563	110	6045	130	34211	103	49262	118
1.4996	4.19	43	15	684	-30	395	132	5345	150	22978	133	42658	141
1.5988	3.93	56	31	621	-6	283	156	4698	173	16951	158	38124	168
1.7028	3.69	152	81	498	12	171	-178	4013	-166	11364	160	31040	-167
1.8003	3.49	160	-96	541	31	263	-159	4186	-151	21166	-146	36019	-147
1.8982	3.31	52	-86	615	70	165	-129	4540	-113	12237	-130	44068	-103
2.0010	3.14	50	-54	458	83	207	-155	3459	-98	13711	-147	30376	-100

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               February 12, 2020                       *
*                               Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                               *                                       *
*                               *                                       *
*****

```

+++ P A N E L W A V E F R E Q U E N C Y F O R C E S F O R L N G C S U R Y +++

Pressure Name = LNGCSURY Heading = 135.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
Frequency	Period	Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	14	89	25	-86	2740	3	226	93	187722	4	1838	94
0.2001	31.40	54	99	98	-77	2505	12	896	102	171916	16	7344	105
0.3002	20.93	112	114	217	-61	2153	30	1971	116	150077	38	16408	123
0.4002	15.70	170	136	371	-41	1768	58	3326	136	129150	70	28316	148
0.5003	12.56	208	168	518	-15	1391	93	4597	159	108597	110	40231	179
0.6001	10.47	220	-146	567	13	996	134	4997	-173	83355	159	46092	-140
0.7005	8.97	207	-93	430	49	570	-175	3749	-143	55823	-139	41918	-88
0.8004	7.85	146	-29	124	100	190	-111	1059	-116	33432	-62	30424	-11
0.9002	6.98	71	76	199	-48	108	88	1717	136	18830	43	28150	96
1.0005	6.28	99	-142	341	23	212	168	2800	-166	16821	163	33874	-159
1.1004	5.71	134	-44	291	110	135	-112	2134	-88	14531	-83	33780	-55
1.2014	5.23	88	76	176	-121	45	54	835	45	9804	49	28069	65
1.3009	4.83	75	-114	178	30	83	-147	1279	-149	8168	-154	23176	-155
1.3994	4.49	81	43	172	167	77	-19	1215	-28	8192	-2	20533	-8
1.4996	4.19	87	-94	130	-33	76	-85	647	137	9199	-104	17425	152
1.5988	3.93	68	-159	121	152	136	160	818	-29	11659	157	15995	-28
1.7028	3.69	132	176	101	-17	87	87	567	145	6615	110	12763	168
1.8003	3.49	77	93	75	171	11	48	417	-8	2392	96	10374	-9
1.8982	3.31	6	115	537	4	23	79	3423	-179	2335	60	60300	-168
2.0010	3.14	14	30	35	75	15	-144	205	-98	1464	-81	3464	-97

```

*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     ----- February 12, 2020                    *
* Seakeeping analysis from Motions LNGC Surya Aki (Free Floating). Author : Nugie Ramadhan *
*                                                                                   *
*                                                                                   *
*****

```

```

+++ P A N E L   W A V E   F R E Q U E N C Y   F O R C E S   F O R   L N G C S U R Y +++
=====

```

Pressure Name = LNGCSURY      Heading = 180.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
-----		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
Frequency	Period	/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/		/-----/	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1001	62.80	20	92	0	0	2739	4	0	0	187686	5	2	-115
0.2001	31.40	75	105	0	0	2493	17	0	-90	171456	22	8	-92
0.3002	20.93	154	126	0	0	2102	41	1	-54	148369	52	19	-57
0.4002	15.70	223	157	0	0	1629	76	2	-6	124184	94	35	-6
0.5003	12.56	242	-158	1	-121	1104	122	3	56	95275	148	60	60
0.6001	10.47	198	-95	1	-49	540	-179	5	126	59572	-142	95	135
0.7005	8.97	110	-1	1	42	124	-59	6	-141	32241	-42	127	-133
0.8004	7.85	107	148	1	152	214	98	8	-29	22174	85	170	-28
0.9002	6.98	137	-94	2	-91	180	-163	10	84	18712	-144	212	89
1.0005	6.28	89	40	2	38	63	0	10	-145	12156	0	228	-139
1.1004	5.71	85	-132	2	-167	91	166	9	9	9170	168	212	12
1.2014	5.23	75	38	1	22	37	-47	4	-163	5890	-18	144	-168
1.3009	4.83	64	-113	1	-157	39	-162	6	24	4233	-171	165	23
1.3994	4.49	52	92	1	80	20	-4	7	-93	2708	19	159	-102
1.4996	4.19	50	-27	1	-41	24	-98	6	150	2470	-98	155	135
1.5988	3.93	31	-131	1	-103	8	-10	7	88	645	116	133	70
1.7028	3.69	34	46	3	-23	44	-36	18	165	3874	-20	376	152
1.8003	3.49	56	150	3	162	13	68	21	-6	2343	159	348	-22
1.8982	3.31	8	-38	0	0	7	168	0	0	1627	178	34	-36
2.0010	3.14	16	-32	0	0	2	-148	3	-105	907	146	65	-83



## BIODATA PENULIS



Nugie Ramadhan, dilahirkan di Lamongan pada tanggal 17 Januari 1998, merupakan anak kelima dari lima bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN 1 Maduran Lamongan, SMPN 1 Maduran Lamongan, dan SMAN 2 Lamongan. Setelah lulus SMA pada tahun 2016, penulis diterima di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 04311640000038. Selama menempuh masa perkuliahan, Penulis sempat aktif di HIMATEKLA FTK ITS, Lembaga Dakwah Jurusan (LDJ), Jamaah Masjid Manarul Ilmi (JMMI) ITS, dan Asisten Lab. Hidrodinamika FTK ITS. Pada tahun 2019, Penulis berkesempatan melaksanakan kerja praktek di PT. Adhi Karya (Persero) Tbk sebagai *Structural Engineer* dan *Project Engineer* selama dua bulan. Selama masa studi srata 1 (sarjana) yang ditempuh 4 tahun, penulis tertarik dalam bidang *structural engineering* dan *offshore hydrodynamics engineering* yang pada akhirnya Penulis mengambil Tugas Akhir di bidang *offshore hydrodynamics engineering* dengan tema topik *mooring analysis*.

Kontak Penulis :

Email : [nugie7753@gmail.com](mailto:nugie7753@gmail.com)

Telepon : 085602954254

LinkedIn : <https://www.linkedin.com/in/nugie-ramadhan-19559317b/>

Intagram : nugie\_rmd

Line ID : nugie9