



TUGAS AKHIR - MO 184804

**STUDI KOMPARASI ANTARA PENGARUH PENGGUNAAN *SUBSEA BUOY* DENGAN *BUOYANCY MODULES* TERHADAP KEKUATAN *SUBSEA HOSE* PADA *CALM BUOY***

Faris Rahmat Anggoro

NRP.0431154000025

DOSEN PEMBIMBING :

Ir. Murdjito, M.Sc. Eng.

Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc.

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019



FINAL PROJECT - MO 184804

**COMPARATIVE STUDY BETWEEN THE EFFECT OF SUBSEA BUOY  
USE WITH BUOYANCY MODULES USE ON SUBSEA HOSE  
SERENGTH IN CALM BUOY**

Faris Rahmat Anggoro

NRP.0431154000025

Supervisors :

Ir. Murdjito, M.Sc. Eng.

Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc.

Ocean Engineering Department

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2019

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**STUDI KOMPARASI ANTARA PENGARUH PENGGUNAAN**  
***SUBSEA BUOY* DENGAN *BUOYANCY MODULES* TERHADAP**  
**KEKUATAN *SUBSEA HOSE* PADA *CALM BUOY***

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:

Faris Rahmat Anggoro

NRP. 0431154000025

Disetujui oleh:

1. Ir. Murdjito, M.Sc.Eng.

(Pembimbing 1)

2. Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc

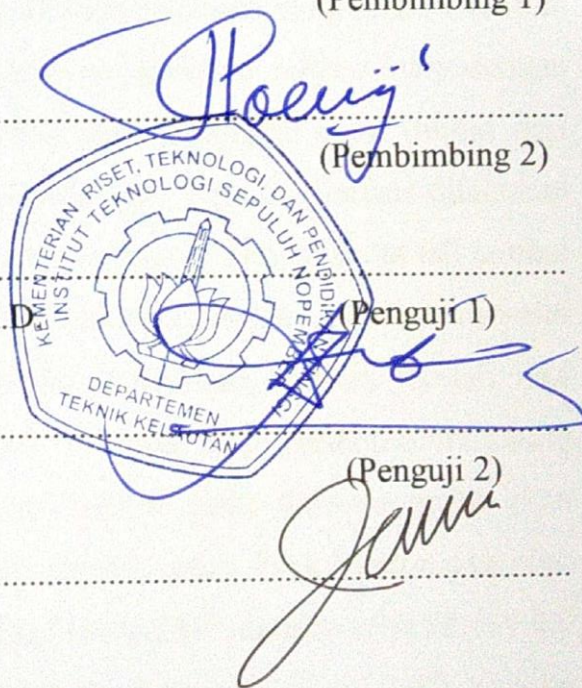
(Pembimbing 2)

3. Prof. Ir. Eko Budi Djarmiko, M.Sc., Ph.D

(Penguji 1)

4. Raditya Danu, S.T., M.T.

(Penguji 2)



SURABAYA, JULI 2019

STUDI KOMPARASI ANTARA PENGARUH PENGGUNAAN *SUBSEA BUOY*  
DENGAN *BUOYANCY MODULES* TERHADAP KEKUATAN *SUBSEA HOSE*  
PADA *CALM BUOY*

Nama Mahasiswa : Faris Rahmat Anggoro  
NRP : 04311540000025  
Departemen : Teknik Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.  
Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc.

### ABSTRAK

*Subsea hose* merupakan bagian yang penting dalam suatu sistem *offloading Single Point Mooring* (SPM) berjenis CALM, maka dari itu perlu dilakukan penelitian terkait dengan kekuatan *subsea hose* akibat dari beban-beban yang ada. Penelitian ini akan berfokus pada perbandingan pengaruh penggunaan *subsea buoy* dengan *bouyancy modules* terhadap kekuatan *subsea hose*. Kekuatan akan dilihat dari besarnya *max. hose tension* dan *min. bend radius* yang terjadi. Analisis dilakukan saat kondisi operasi. Variasi yang digunakan yaitu dengan variasi sudut tali tambat pada *fairlead* yaitu  $60^0$ ,  $45^0$ , dan  $30^0$ , variasi posisi peletakan dari *subsea buoy* yaitu pada kedalaman 35m, 34m, 25m, dan pada permukaan, variasi jumlah dari *bouyancy modules* yaitu 8 buah, 10 buah, dan 12 buah. Hasil penelitian ini antara lain adalah dengan berkurangnya sudut tali tambat pada *fairlead* maka akan memperkecil tegangan yang terjadi pada tali tambat. *Max. hose tension* dan *min. bend radius* terjadi saat sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^0$ , dengan nilai 25.638 kN dan 3.346 m pada *subsea buoy* pada kedalaman 35 m, 34.345 kN dan 2.476 m pada *subsea buoy* pada kedalaman 34 m, 34.670 kN dan 2.443 m pada *subsea buoy* pada kedalaman 25 m, 79.449 kN dan 1.226 m pada *subsea buoy* pada permukaan, 25.277 kN dan 3.382 m pada 8 *bouyancy modules*, 25.053 kN dan 3.405m pada 10 *bouyancy modules*, 24.834 kN dan 3.427 m pada 12 *bouyancy modules*.

**Kata Kunci :** *bend radius, CALM Buoy, subsea hose, tension.*

COMPARATIVE STUDY BETWEEN THE EFFECT OF SUBSEA BUOY USE  
WITH BUOYANCY MODULES USE ON SUBSEA HOSE STRENGTH IN  
CALM BUOY

Name : Faris Rahmat Anggoro  
Registration Number : 04311540000025  
Department : Ocean Engineering  
Supervisors : Ir. Murdjito, M.Sc., Eng.  
Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc.

**ABSTRACT**

Subsea hose is an important part of a CALM type Single Point Mooring (SPM) offloading system, therefore research needs to be done regarding the strength of subsea hose due to existing loads. This study will focus on comparing the effect of subsea buoys use with buoyancy modules use on the strength of the subsea hose. Strength will be seen from the max hose tension and min. bend radius that occurs. The analysis is carried out during operating conditions. Variations used are variations in the mooring angle at fairlead, are  $60^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  and  $30^{\circ}$ , variations of subsea positions are at water depth 35m, 34m, 25m, and at surface, variations in the number of buoyancy modules are 8 pieces, 10 pieces, and 12 pieces. The results of this study include reducing the angle of the mooring line at fairlead, thus reducing the stress that occurs on the mooring rope. Max. hose tension and min. bend radius occurs at the mooring angle at fairlead  $30^{\circ}$ , with values of 25.638 kN and 3.346 m on subsea buoy with water depth 35 m, 34.345 kN and 2.476 m on subsea buoy with water depth 34 m, 34.670 kN and 2.443 m on subsea buoy with water depth 25 m, 79.449 kN and 1.226 m on subsea buoy at surface, 25.277 kN and 3.382 m on 8 buoyancy modules, 25.053 kN and 3.405 m on 10 buoyancy modules, 24.834 kN and 3.427 m on 12 buoyancy modules.

**Keywords :** bend radius, CALM Buoy, subsea hose, tension.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Komparasi Antara Pengaruh Penggunaan *Subsea Buoy* dengan *Buoyancy Modules* terhadap Kekuatan *Subsea Hose* pada *CALM Buoy*” ini dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Sarjana (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Saya menyadari dalam penelitian dan penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat saya harapkan sebagai bahan penyempurnaan penelitian dan laporan selanjutnya. Saya berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang rekayasa kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, Mei 2019

Faris Rahmat Anggoro

## UCAPAN TERIMA KASIH

Selesainya penulisan laporan tugas akhir ini tentu tidak terlepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin berterima kasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Allah SWT, karena atas berkah, rahmat, dan hidayah-Nya penulis mendapatkan berbagai bantuan, dukungan, dan kemudahan dalam setiap masalah yang penulis hadapi.
2. Keluarga penulis yang senantiasa tak pernah berhenti memberikan doa, dukungan serta bantuan materi selama menjalani masa perkuliahan.
3. Bapak Ir. Murdjito, M.Sc.Eng., sebagai dosen pembimbing pertama yang telah berkenan membimbing, memberikan kritik dan saran bagi penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc., sebagai dosen pembimbing kedua yang telah berkenan membimbing, memberikan kritik dan saran bagi penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak Zaki Putrajaya, S.T., dari PHE WMO yang telah membantu penulis dalam memperoleh data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.
6. Keluarga besar Tritonous L-33 yang senantiasa berjuang bersama dan menyemangati satu sama lain selama pengerjaan tugas akhir.
7. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dan inspirasi.

Semoga segala kebaikan atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini mendapatkan balasan yang setimpal oleh Allah SWT. Aamiin.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Analisis .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Laporan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Dasar Teori .....	8
2.2.1 Single Point Mooring (SPM) .....	8
2.2.2 Subsea Hose .....	9
2.2.3 Konfigurasi Subsea Hose .....	10
2.2.4 Subsea Buoy.....	10
2.2.5 Buoyancy modules .....	11
2.2.6 Teori Dasar Gerak Bangunan Laut Akibat Eksitasi Gelombang .....	11
2.2.7 <i>Response Amplitude Operator</i> (RAO) .....	12
2.2.8 Spektrum Gelombang.....	12
2.2.9 Respon Bangunan Laut di Gelombang Acak .....	13
2.2.10 <i>Effective Tension</i> .....	14
2.2.11 <i>Bending Radius</i> .....	14



BAB III METODOLOGI.....	17
3.1 Metodologi Penelitian .....	17
3.2 Data .....	20
3.2.1 Data Struktur .....	21
3.2.2 Data Lingkungan .....	24
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Pemodelan FSO dan CALM <i>Buoy</i> .....	25
4.2 Analisis RAO ( <i>Response Amplitude Operator</i> ) .....	26
4.2.1 RAO FSO .....	26
4.2.2 RAO CALM <i>Buoy</i> .....	36
4.3 Pemodelan dan Analisis Sistem Tambat .....	37
4.4 Pemodelan dan Analisis <i>Subsea Hose</i> .....	42
4.4.1 <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subseay Buoy</i> pada Kedalaman 35 m.....	43
4.4.2 <i>Subsea Hose</i> dengan 8 <i>Buoyancy Modules</i> .....	47
4.4.3 Perbandingan Pengaruh Penggunaan <i>Subsea Buoy</i> dengan <i>Buoyancy Modules</i> terhadap <i>Max. Hose Tension</i> dan <i>Min. Bend Radius</i> pada <i>Subsea Hose</i> .....	51
4.5 Pengaruh Perubahan Posisi <i>Subsea Buoy</i> dan Jumlah <i>Buoyancy Modules</i> terhadap <i>Max. Hose Tension</i> dan <i>Min. Bend Radius</i> pada <i>Subsea Hose</i> ...	53
4.5.1 <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subseay Buoy</i> pada Kedalaman 34 m.....	53
4.5.2 <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subseay Buoy</i> pada Kedalaman 25 m.....	57
4.5.3 <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan.....	61
4.5.4 <i>Subsea Hose</i> dengan 10 <i>Buoyancy Modules</i> .....	65
4.5.5 <i>Subsea Hose</i> dengan 12 <i>Buoyancy Modules</i> .....	69
4.5.5 Perbandingan <i>Max. Hose Tension</i> dan <i>Min. Bend Radius</i> pada <i>Subsea Hose</i> karena Pengaruh Perubahan Posisi <i>Subsea Buoy</i> dan Jumlah <i>Buoyancy Modules</i> .....	73
BAB V PENUTUP.....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
Daftar Pustaka .....	79
Lampiran	
Biodata Penulis	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Buoyancy Modules</i> .....	2
Gambar 1.2 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> .....	3
Gambar 2.1 <i>CALM System</i> .....	9
Gambar 2.2 <i>Subsea Hose</i> .....	10
Gambar 2.3 <i>Buoyancy Modules</i> .....	11
Gambar 2.4 6 Derajat Kebebasan Gerakan Bangunan Laut .....	12
Gambar 2.5 Transformasi Spektra Gelombang Menjadi Spektra Respon .....	14
Gambar 2.6 <i>Bending Radius</i> .....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	17
Gambar 3. 2 Peletakan 8 <i>Buoyancy Modules</i> pada <i>Subsea Hose</i> .....	23
Gambar 3.3 Peletakan 10 <i>Buoyancy Modules</i> pada <i>Subsea Hose</i> .....	23
Gambar 3.4 Peletakan 12 <i>Buoyancy Modules</i> pada <i>Subsea Hose</i> .....	23
Gambar 4.1 Pemodelan FSO dan <i>CALM Buoy</i> di MOSES .....	25
Gambar 4.2 Grafik RAO <i>Surge</i> FSO Kondisi <i>Ballast</i> .....	26
Gambar 4.3 Grafik RAO <i>Surge</i> FSO Kondisi <i>Full Load</i> .....	27
Gambar 4.4 Grafik RAO <i>Sway</i> FSO Kondisi <i>Ballast</i> .....	28
Gambar 4.5 Grafik RAO <i>Sway</i> FSO Kondisi <i>Full Load</i> .....	28
Gambar 4.6 Grafik RAO <i>Heave</i> FSO Kondisi <i>Ballast</i> .....	29
Gambar 4.7 Grafik RAO <i>Heave</i> FSO Kondisi <i>Full Load</i> .....	30
Gambar 4.8 Grafik RAO RAO <i>Roll</i> FSO Kondisi <i>Ballast</i> .....	30
Gambar 4.9 Grafik RAO RAO <i>Roll</i> FSO Kondisi <i>Full Load</i> .....	31
Gambar 4.10 Grafik RAO <i>Pitch</i> FSO Kondisi <i>Ballast</i> .....	32
Gambar 4.11 Grafik RAO <i>Pitch</i> FSO Kondisi <i>Full Load</i> .....	33
Gambar 4. 12 Grafik RAO <i>Yaw</i> FSO Kondisi <i>Ballast</i> .....	34
Gambar 4.13 Grafik RAO <i>Yaw</i> FSO Kondisi <i>Full Load</i> .....	34
Gambar 4.14 Grafik RAO <i>CALM Buoy</i> Gerakan Translasi .....	36
Gambar 4.15 Grafik RAO <i>CALM Buoy</i> Gerakan Rotasi .....	37
Gambar 4.16 Pemodelan Sistem Tambat Kondisi <i>In Line</i> .....	38
Gambar 4.17 Pemodelan Sistem Tambat Kondisi <i>Between Line</i> .....	38
Gambar 4.18 Pemodelan Sistem Tambat dengan Sudut <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	39

Gambar 4.19 Pemodelan Sistem Tambat dengan Sudut <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	39
Gambar 4.20 Pemodelan Sistem Tambat dengan Sudut <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	39
Gambar 4.21 Grafik Besar Max. Line <i>Tension</i> Berdasarkan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> .....	42
Gambar 4.22 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	43
Gambar 4.23 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	44
Gambar 4.24 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	46
Gambar 4.25 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 8 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	47
Gambar 4.26 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 8 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	49
Gambar 4.27 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 8 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	50
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Max. <i>Hose Tension</i> antara Penggunaan <i>Subsea Buoy</i> dengan <i>Buoyancy Modules</i> .....	52
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Min. <i>Bend Radius</i> antara Penggunaan <i>Subsea Buoy</i> dengan <i>Buoyancy Modules</i> .....	52
Gambar 4.30 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	53
Gambar 4.31 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	55
Gambar 4.32 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	56
Gambar 4.33 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	57
Gambar 4.34 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	59
Gambar 4.35 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	60

Gambar 4.36 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	62
Gambar 4.37 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	63
Gambar 4.38 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	64
Gambar 4.39 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 10 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	66
Gambar 4.40 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 10 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	67
Gambar 4.41 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 10 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	68
Gambar 4.42 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 12 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	70
Gambar 4.43 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 12 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	71
Gambar 4.44 Konfigurasi <i>Subsea Hose</i> dengan 12 <i>Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	72
Gambar 4.45 Grafik Perbandingan <i>Max. Hose Tension</i> karena Perubahan Posisi <i>Subsea Buoy</i> .....	74
Gambar 4.46 Grafik Perbandingan <i>Min. Bend Radius</i> karena Perubahan Posisi <i>Subsea Buoy</i> .....	75
Gambar 4.47 Grafik Perbandingan <i>Max. Hose Tension</i> karena Perubahan Jumlah <i>Buoyancy Modules</i> .....	75
Gambar 4.48 Grafik Perbandingan <i>Min. Bend Radius</i> karena Perubahan Jumlah <i>Buoyancy Modules</i> .....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data CALM <i>Buoy</i> .....	21
Tabel 3.2 Data FSO Abherka .....	21
Tabel 3.3 Kondisi FSO .....	21
Tabel 3.4 Data <i>Mooring Line</i> .....	22
Tabel 3.5 Data <i>Mooring Howser</i> .....	22
Tabel 3.6 Data <i>Subsea Hose</i> .....	22
Tabel 3.7 Data <i>Subsea Buoy</i> .....	22
Tabel 3.8 Data <i>Buoyancy Modules</i> .....	23
Tabel 3.9 Posisi Peletakan <i>Buoyancy Modules</i> .....	23
Tabel 3. 10 Data Lingkungan .....	24
Tabel 4.1 Validasi Pemodelan FSO pada MOSES .....	26
Tabel 4.2 Validasi Pemodelan CALM <i>Buoy</i> pada MOSES .....	26
Tabel 4.3 Perbandingan RAO Maksimum Setiap Gerakan pada FSO Kondisi <i>Ballast</i> .....	35
Tabel 4.4 Perbandingan RAO Maksimum Setiap Gerakan pada FSO Kondisi <i>Full Load</i> .....	35
Tabel 4.5 Hasil Analisis <i>Tension</i> pada Tali Tambat dengan Sudut <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup>	39
Tabel 4.6 Hasil Analisis <i>Tension</i> pada Tali Tambat dengan Sudut <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup>	40
Tabel 4.7 Hasil Analisis <i>Tension</i> pada Tali Tambat dengan Sudut <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup>	41
Tabel 4.8 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	43
Tabel 4.9 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 60 <sup>0</sup> .....	44
Tabel 4.10 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	45
Tabel 4.11 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 45 <sup>0</sup> .....	45
Tabel 4.12 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i> 30 <sup>0</sup> .....	46

Tabel 4.13 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	46
Tabel 4.14 <i>Tension</i> pada <i>Theter</i> untuk Penggunaan <i>Subsea Buoy</i> pada kedalaman 35m .....	47
Tabel 4.15 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>8 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	48
Tabel 4.16 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>8 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	48
Tabel 4.17 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>8 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	49
Tabel 4.18 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>8 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	49
Tabel 4.19 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>8 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	50
Tabel 4.20 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>8 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	51
Tabel 4.21 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	54
Tabel 4.22 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	54
Tabel 4.23 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	55
Tabel 4.24 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	55
Tabel 4.25 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	56
Tabel 4.26 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	57
Tabel 4.27 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	58
Tabel 4.28 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	58

Tabel 4.29 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	59
Tabel 4.30 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	60
Tabel 4.31 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	60
Tabel 4.32 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	61
Tabel 4.33 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	62
Tabel 4.34 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	63
Tabel 4.35 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	63
Tabel 4.36 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	64
Tabel 4.37 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	65
Tabel 4.38 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>Subsea Buoy</i> pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	65
Tabel 4.39 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>10 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	66
Tabel 4.40 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>10 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	66
Tabel 4.41 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>10 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	67
Tabel 4.42 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>10 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	68
Tabel 4.43 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>10 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	69
Tabel 4.44 Hasil Analisis <i>Min. Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>10 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	69

Tabel 4.45 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>12 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	70
Tabel 4.46 Hasil Analisis <i>Min.Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>12 buoyancy modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 60<sup>0</sup></i> .....	70
Tabel 4.47 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>12 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	71
Tabel 4.48 Hasil Analisis <i>Min.Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>12 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 45<sup>0</sup></i> .....	72
Tabel 4.49 Hasil Analisis <i>Max. Hose Tension Subsea Hose</i> dengan <i>12 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	73
Tabel 4.50 Hasil Analisis <i>Min.Bend Radius Subsea Hose</i> dengan <i>12 Buoyancy Modules</i> dan Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead 30<sup>0</sup></i> .....	73



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Data, Gambar, dan Spesifikasi Struktur
LAMPIRAN B	<i>Input</i> MOSES
LAMPIRAN C	<i>Output</i> MOSES

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

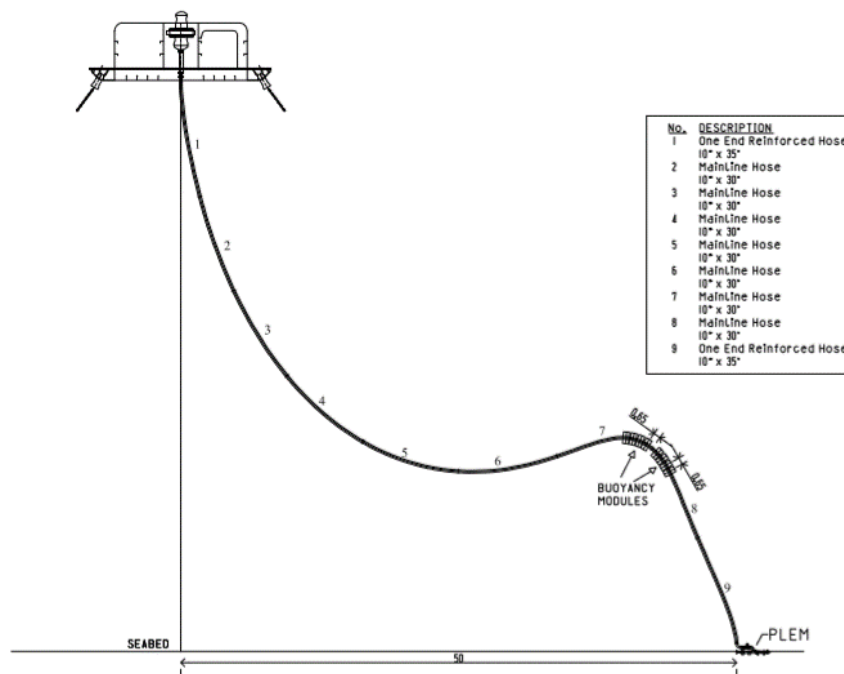
Minyak dan gas bumi merupakan salah satu sumber energi yang telah digunakan sejak dulu untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Berbagai teknologi untuk mengeksplorasi dan mengeksploitasi minyak dan gas bumi telah dikembangkan sejak dahulu. Salah satu teknologi yang dipakai adalah struktur bangunan lepas pantai. Penggunaan teknologi struktur bangunan lepas pantai memerlukan teknologi yang rumit dan memerlukan biaya yang mahal, sehingga dalam pembuatan dan pengoperasiannya harus berhati-hati.

Struktur bangunan lepas pantai dirancang khusus berdasarkan kedalaman laut dan kondisi lingkungan serta inovasi baru yang dibutuhkan untuk dapat mengeksplorasi minyak dan gas agar dapat ditempatkan pada kedalaman perairan antara yang sangat dangkal (*very shallow water*) dengan perairan yang sangat dalam (*the deep ocean*) (Nallayarasu, 2015). Struktur terapung (*floating structures*) adalah salah satu teknologi pada bangunan lepas pantai di samping terdapat struktur terpancang (*fixed structure*) yang memiliki fungsi utama yang sama yakni eksplorasi dan eksploitasi hidrokarbon di lepas pantai. Struktur terapung memiliki kelebihan dibandingkan dengan struktur terpancang karena dinilai lebih ekonomis sebab tidak memerlukan struktur baru dan lebih mudah dapat dimanfaatkan kembali ketika masa operasinya telah selesai serta efisien karena berbasis teknologi *Mobile Offshore Production Unit* (MOPU) (Mustofa, 2017).

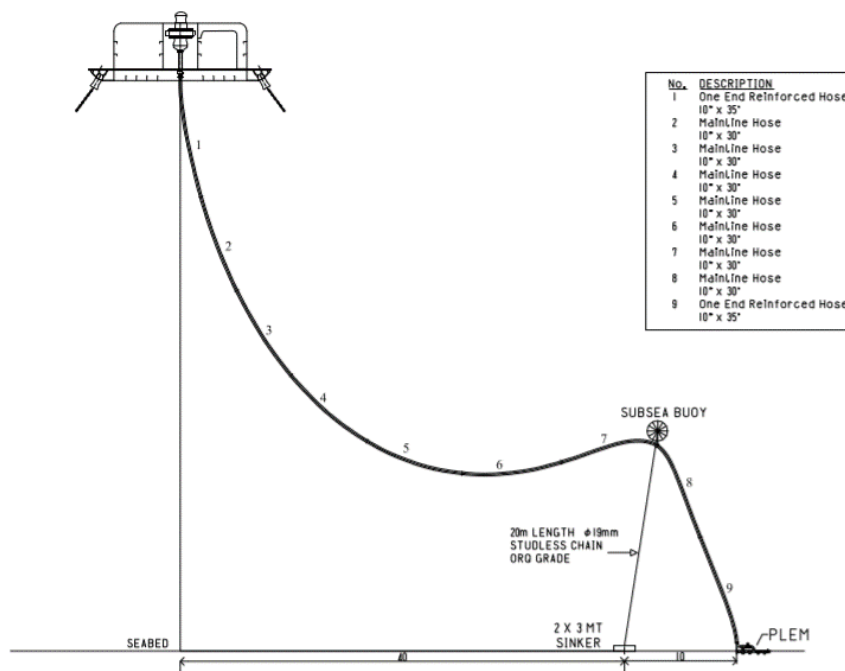
Struktur terapung FSO (*Floating Storage Offloading*) merupakan salah satu struktur terapung yang beroperasi di lepas pantai. Struktur dari FSO berbentuk seperti kapal besar yang ditambatkan pada daerah beroperasinya. FSO berfungsi sebagai tempat menyimpan minyak dan gas hasil eksploitasi, lalu menyalurkannya ke kapal pengangkut dengan proses *offloading*. Sesuai fungsinya, maka FSO dilengkapi dengan fasilitas *riser* dan sistem tambat (Sabana, 2012). Ada berbagai macam sistem penambatan yang ada untuk FSO salah satunya adalah sistem *single point mooring* (SPM). Selain dapat digunakan sebagai sistem penambatan, SPM juga dapat digunakan sebagai sistem *offloading*. Pada SPM tipe CALM (*Catenary*

*Anchor Leg Mooring*) terdapat *subsea hose* yang menyalurkan fluida dari *manifold* ke *CALM buoy*. Dan dari *CALM buoy* disalurkan ke *FSO* melalui *floating hose*, penambatan *FSO* ke *CALM buoy* menggunakan tali *hawser*. Pada *subsea hose* terdapat bermacam-macam konfigurasi, pemilihan konfigurasi dapat berdasarkan kedalaman air, jarak antara *manifold* ke *CALM buoy*, *hose tension*, dan *bend radius* (OCIMF, 1995). Karena terdapat bermacam-macam konfigurasi maka diperlukan penelitian untuk menentukan bagaimana konfigurasi yang sesuai dengan keadaan lingkungan yang ada. *Subsea hose* dapat ditambahkan dengan *subsea buoy* atau *buoyancy modules* untuk mengurangi *tension* pada sambungan antara *subsea hose* dengan *CALM buoy*. (API RP 17A, 1996)

Penelitian tugas akhir ini berfokus pada konfigurasi dari *subsea hose* yaitu untuk mengetahui perbandingan pengaruh adanya *subsea buoy* dan *buoyancy modules* terhadap kekuatan *subsea hose*. Penggunaan *subsea buoy* dan *buoyancy modules* yang digunakan dalam analisis ini dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.



**Gambar 1.1** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Buoyancy Modules*



**Gambar 1.2** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy*

Selain melihat perbandingan pengaruh penggunaan *subsea buoy* dan *buoyancy modules*, akan dilakukan analisis juga pengaruh perubahan posisi *subsea buoy*, penambahan jumlah *buoyancy modules*, dan perubahan sudut tali tambat pada *fairlead*. Sebelum melakukan analisis untuk mengetahui kekuatan *subsea hose* akan dilakukan terlebih dahulu analisis terhadap tegangan *mooring line*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Berapa *max. hose tension* dan *min. bending radius* untuk *subsea hose* dengan adanya *subsea buoy*?
2. Berapa *max. hose tension* dan *min. bending radius* untuk *subsea hose* dengan adanya *buoyancy modules*?
3. Bagaimana perbandingan pengaruh penggunaan *subsea buoy* dan *buoyancy modules* terhadap kekuatan *subsea hose*?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung *max. hose tension* dan *min. bending radius* untuk *subsea hose* dengan adanya *subsea buoy*.
2. Menghitung *max. hose tension* dan *min. bending radius* untuk *subsea hose* dengan adanya *buoyancy modules*.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan *subsea buoy* dan *buoyancy modules* terhadap kekuatan *subsea hose*.

### 1.4 Batasan Analisis

Batasan analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. SPM bertipe CALM (*Catenary Anchor Leg Mooring*) dengan *hawser* untuk penambatan FSO.
2. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* MOSES dan ORCAFLEX.
3. Konfigurasi *subsea hose* yang dianalisa adalah tipe *Steep*.
4. Pemodelan hanya pada *hull* dan *mooring system*.
5. Analisis dilakukan saat kondisi operasi dengan kondisi FSO *full load* dan kondisi *ballast* dan arah pembebanan *head seas*.
6. Posisi FSO adalah *in line* dan *between line*.
7. Spektrum gelombang yang digunakan adalah spektrum JONSWAP.
8. Kekuatan ditinjau dari besarnya *hose tension* dan *bend radius*.
9. Variasi sudut tali tambat pada *fairlead* yaitu  $60^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ , dan  $30^{\circ}$ .
10. Variasi *subsea buoy* dengan 4 posisi peletakan, yaitu kedalaman 35m, 34m, 25m dan pada permukaan.
11. Variasi *buoyancy modules* sebanyak 3 jumlah, yaitu 8 buah, 10 buah dan 12 buah.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui prosedur cara menghitung dan besar *hose tension* dan *bend radius* pada *subsea hose* sehingga dapat membandingkan pengaruh penggunaan *subsea buoy* dan *buoyancy modules* dari segi kekuatan.

## **1.6 Sistematika Laporan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang tugas akhir yang dilakukan, permasalahan yang dibahas, tujuan yang akan dicapai, batasan masalah yang berisi batasan dalam melakukan analisis, dan manfaat tugas akhir.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan mengenai beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait penelitian ini dan berisi dasar-dasar teori yang menjadi acuan dalam penelitian yang bersumber dari buku, jurnal, tugas akhir yang berkaitan, dan *rules/codes*.

### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah pengerjaan dalam tugas akhir ini. Langkah-langkah disajikan dalam bentuk diagram alir dan disertai penjelasan setiap langkah dari diagram alir.

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini dilakukan pembahasan hasil analisis yang telah dilakukan diantaranya adalah pemodelan dan validasi FSO dan CALM *buoy*, RAO dari FSO (kondisi *ballast* dan penuh) dan CALM *buoy* serta pemodelan dari sistem tambat, tegangan pada tali tambat, *hose tension* dan *bend radius* untuk masing-masing konfigurasi, dan perbandingan dari masing-masing konfigurasi.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan berisi saran untuk melakukan penelitian yang lebih lanjut.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Setiap struktur terapung memiliki sistem penambatan dan sistem *loading* baik dari maupun menuju struktur tersebut. Perencanaan dan perancangan sistem *loading* merupakan bagian yang penting agar tidak terjadi kegagalan saat operasi. Dalam perencanaan dan perancangan sistem *loading* tidak dapat lepas dari pengaruh sistem tambat dan pergerakan struktur terapung. *Hose*, *riser*, dan pipa merupakan bagian dari sistem *loading*.

Mavrakos dan Chatjigeorgiou (1997), melakukan penelitian pengaruh karakteristik *buoy* (jumlah, ukuran dan lokasi pemasangan *buoy*) terhadap perilaku dinamis dari tali tambat *wire* yang dipasang *submerged buoy* di laut dalam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penurunan yang cukup signifikan dari *tension* dinamis dapat diperoleh melalui penyisipan *buoy*, asalkan karakteristik utamanya (jumlah, ukuran dan lokasi pemasangan) dipilih dengan benar.

Xiaomin dkk (2010), melakukan penelitian tentang *bending stresses* pada *top tensioned riser* dengan variasi arus, gelombang, pergerakan *vessel* dan aliran internal. Hasilnya menunjukkan bahwa secara umum *riser* mempunyai dua titik yang mempunyai nilai *bending stresses* terbesar yaitu pada bagian paling atas dan bagian paling bawah dari *riser*, oleh karena itu pada bagian ini diperlukan penguat. *Bending stresses* pada *riser* akan meningkat dengan meningkatnya *vessel mean offset*. Aliran internal pada *riser* mempunyai pengaruh yang besar pada *bending stresses*, oleh karena itu pada saat desain dan analisis harus dipertimbangkan.

Sun dan Qi (2011), melakukan penelitian analisis global pada *flexible riser* dengan variasi panjang dan jumlah dari *buoyancy modules*. Hasilnya menunjukkan bahwa meningkatkan panjang dari *buoyancy modules* dapat mengurangi *minimum bending radius* (MBR) dan *bending moment* pada *riser*. Namun, hal tersebut hanya bekerja pada batasan panjang tertentu dari *buoyancy modules*.

Hua dan De-yu (2013) melakukan penelitian pengaruh dari diameter luar, panjang dan lokasi dari *buoyancy modules* terhadap performa dari *lazy wave flexible*



*riser*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan diameter luar dan lokasi dari *buoyancy modules* memberikan pengaruh yang besar terhadap performa dari *riser*. Sedangkan, panjang dari *buoyancy modules* mempunyai pengaruh yang lebih kecil dibandingkan dengan dua parameter sebelumnya. Tetapi dengan meningkatkan panjang dari *buoyancy modules* akan mengurangi tegangan pada *topside*.

Suseprasetyo (2013), melakukan penelitian pengaruh variasi displacement dan posisi *submerged buoy* terhadap kinerja sistem tambat *single point mooring* FPSO “Brotojoyo” hasilnya menunjukkan besarnya displasemen *submerged buoy* yang digunakan tidak selalu berbanding lurus dengan tingkat penurunan *tension mooring line*. Efek yang ditimbulkan oleh *submerged buoy* tersebut lebih konsisten jika ditinjau dari posisi peletakannya. Secara umum, semakin jauh posisi peletakan semakin kecil *tension* yang ditimbulkan.

Pramudyo (2013), telah melakukan penelitian untuk mengetahui kemanan *lazy-s riser* akibat pergerakan CALM *buoy* dengan variasi *pre-tension* pada *mooring lines* yang menunjukkan bahwa semakin meningkatnya *pre-tension* pada *mooring line* semakin rendah juga *tension* dan *compression* yang terjadi pada *riser*.

Calvert dkk (2015) melakukan studi pengaruh dari geometri *buoyancy modules* pada *steep wave riser* dalam arus *steady*. Hasilnya menunjukkan bahwa variasi dari geometri memberikan pengaruh yang kecil pada perilaku hidroelastik *riser*.

Wijaya (2015), telah melakukan studi konfigurasi tipe *riser* terhadap kekuatan *riser* yang berkesimpulan bahwa konfigurasi *Steep-S* memiliki *tension* yang paling besar dibandingkan dengan *Free Hanging Catenary* dan *Lazy-S*.

Aulia (2016), telah melakukan penelitian untuk mengetahui kemanan *subsea hose* konfigurasi *chinese lantern* akibat respon dinamik CALM *buoy* yang menunjukkan bahwa pada daerah operasinya *subsea hose* masih berada dibawah kriteria yang disaratkan. Kemanan *subsea hose* dilihat dari, *mooring chain tension*, *hose tension* dan *bend radius*.

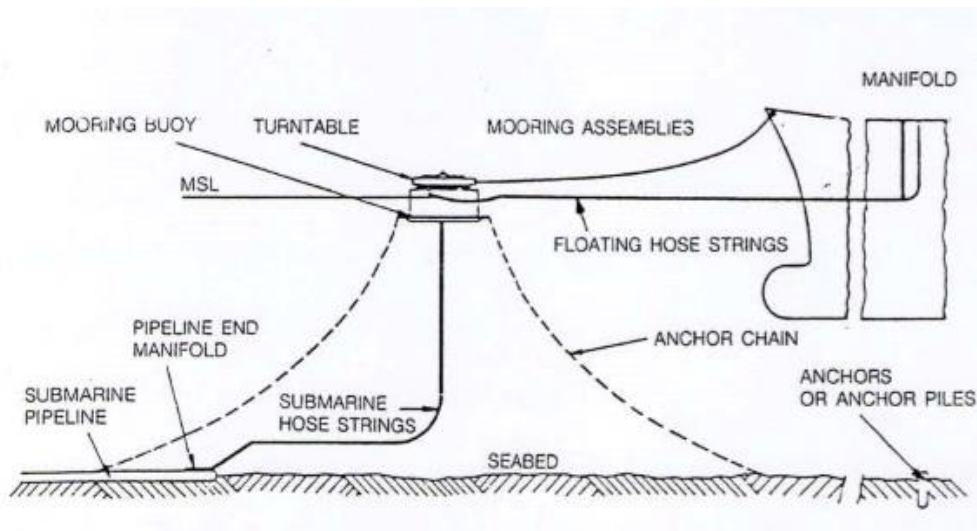
## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Single Point Mooring (SPM)**

*Single Point Mooring* (SPM) merupakan suatu sistem penambatan yang biasanya digunakan untuk *ship shaped vessel*. SPM memungkinkan kapal untuk

menikuti arah dari kondisi lingkungan (angin, arus dan gelombang), hal ini penting untuk mengurangi beban lingkungan yang diterima oleh *vessel* dengan menghadapkan ke arah datangnya. Terdapat tiga jenis SPM yaitu *Turret Mooring*, *SALM (Single Anchor Leg Mooring)*, dan *CALM (Catenary Anchor Leg Mooring)*.

Dalam penelitian ini, tipe SPM yang akan diteliti adalah *CALM*. *CALM* merupakan sistem penambatan yang terdiri dari *buoy*, *chain and anchor system*, kumpulan *mooring line*, dan *subsea and floating hose string*. Pada struktur *CALM buoy* terdapat bagian yang dapat berputar tempat *vessel* ditambatkan dengan *hawser*. Bagian yang dapat berputar ini memungkinkan *vessel* mendapatkan kestabilan pada posisi yang diinginkan di sekitar *buoy*. *CALM buoy* ditambatkan ke dasar laut dengan *catenary anchor leg* dengan jumlah 4 sampai 8. *Subsea hose* digunakan untuk mengalirkan fluida dari *manifold*, *subsea hose* biasanya disambungkan pada bagian tengah *buoy*. Konfigurasi dari *subsea hose* mempunyai beberapa bentuk, pemilihan konfigurasi berdasarkan kedalaman air dan jarak horizontal antara *buoy* dan *manifold* Untuk mengalirkan fluida dari *buoy* ke *vessel* digunakan *floating hose*. Jumlah *string* dari *subsea dan floating hose* dapat bervariasi berdasarkan jumlah dan volume fluida yang dialirkan.

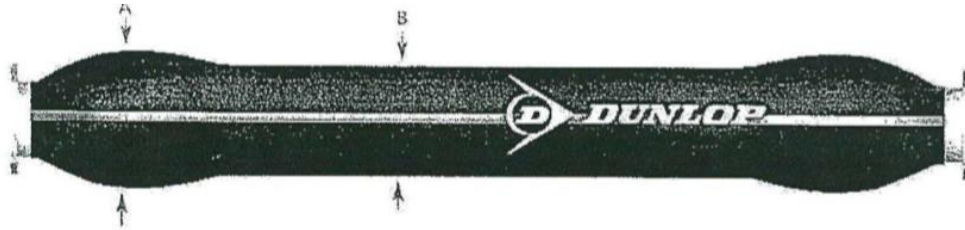


**Gambar 2.1** *CALM System*  
(Single Point Mooring Operation and Maintenance Guide OCIMF, 1995)

### 2.2.2 Subsea Hose

*Subsea hose* atau dapat juga disebut *submarine hose* merupakan suatu selang fleksibel yang menghubungkan antara *manifold* dengan *buoy*. *Subsea hose*

terletak dibawah permukaan air. Pada tiap sambungan yang menempel pada sturktur, di ujung yang menempel ke *buoy* dan ke *manifold* terdapat penguatan *subsea hose*, hal ini dilakukan karena pada daerah ini terjadi tegangan paling besar.



**Gambar 2.2** *Subsea Hose*  
(Dunlop Submarine Hose Catalogue)

### 2.2.3 Konfigurasi Subsea Hose

Karena adanya pergerakan lateral dan vertikal dari *buoy* akibat dari kondisi lingkungan dan gaya *mooring*, konfigurasi dan panjang *subsea hose* harus sedemikian rupa, sehingga saat terjadi jarak maksimal antara *buoy* dan *manifold*, *hose* tidak mengalami tegangan yang berlebih. Dan saat terjadi jarak minimal antara *buoy* dan *manifold*, *hose* tidak mengalami kerusakan akibat bersentuhan dengan dasar laut. Konfigurasi *subsea hose* yang paling optimal adalah hal yang penting, dan dapat dicapai dengan analisis yang tepat. Beberapa konfigurasi *subsea hose* yang ada antara lain, Lazy-S, Steep-S dan Chinese Lantern.

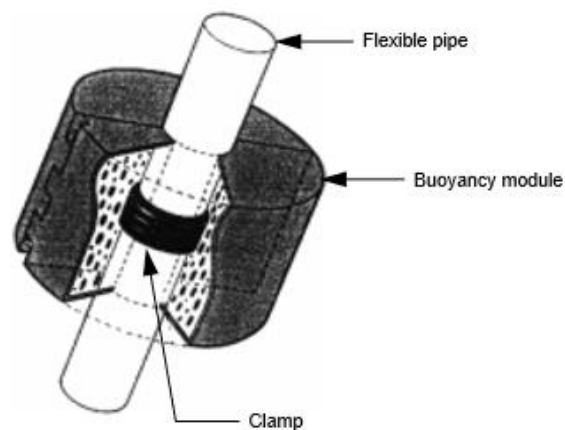
Pada penelitian ini, konfigurasi yang diteliti adalah tipe *Steep*. Untuk membuat bentuk *Steep* maka perlu digunakan *subsea buoy* atau dapat juga digunakan *buoyancy modules*. Selain untuk mendapatkan bentuk *Steep* penggunaan *subsea buoy* dan *buoyancy modules* lazimnya juga dapat mengurangi *tension* yang terjadi pada sambungan antara *subsea hose* dengan CALM *buoy*.

### 2.2.4 Subsea Buoy

*Subsea buoy* atau biasa juga disebut *buoyancy tank*, *subsea arch*, *mid-water arch*, dan *subsurface buoy* adalah struktur tambahan untuk membentuk bentuk “S” pada suatu konfigurasi *subsea hose*. Struktur ini dapat berbentuk *tank*, yang diikat menggunakan rantai atau kabel pada *tether base* untuk mempertahankan posisinya atau dapat juga mengapung bebas di bawah permukaan air. Pergerakan lateral dari *subsea buoy* akan memengaruhi tegangan yang terjadi pada *subsea hose*.

### 2.2.5 Buoyancy modules

*Buoyancy modules* adalah sebuah alat tambahan yang digunakan untuk membentuk suatu konfigurasi *subsea hose* yang diinginkan. *Buoyancy module* tersusun dari dua komponen, yaitu *internal clamp* dan *syntactic foam buoyancy*. Pemasangan *buoyancy modules* pada *subsea hose* yaitu dengan mengaitkannya di sepanjang *subsea hose* sedemikian rupa hingga posisi dari *modules* tidak bergeser. Jumlah dari *buoyancy modules* bergantung pada kedalaman air, kebutuhan *offset*, dan berat *subsea hose*. Dalam pemasangan *buoyancy modules* juga harus mempertimbangkan penambahan berat pada *subsea hose* akibat dari berat *module* sendiri.

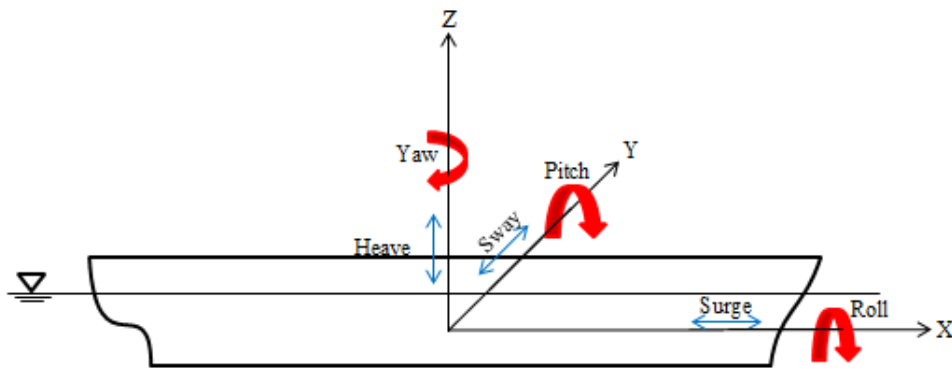


**Gambar 2.3** *Buoyancy Modules*  
(API RP 17B, 2002)

### 2.2.6 Teori Dasar Gerak Bangunan Laut Akibat Eksitasi Gelombang

Bangunan laut bila terkena eksitasi gelombang akan mengalami gerakan osilasi 6-derajat kebebasan. Dengan memakai konvensi sumbu tangan kanan, gerakan-gerakan yang terjadi berupa gerakan translasi dan rotasi pada arah sumbu  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

- Gerak translasi pada bangunan laut :
  - *Surge* ( $x$ ), gerakan pada sumbu  $x$ .
  - *Sway* ( $y$ ), gerakan pada sumbu  $y$ .
  - *Heave* ( $z$ ), gerakan pada sumbu  $z$ .
- Gerak rotasi pada bangunan laut :
  - *Roll* ( $R_x$ ), gerakan pada sumbu  $x$ .
  - *Pitch* ( $R_y$ ), gerakan pada sumbu  $y$ .
  - *Yaw* ( $R_z$ ), gerakan pada sumbu  $z$ .



**Gambar 2.4 6** Derajat Kebebasan Gerakan Bangunan Laut

### 2.2.7 Response Amplitude Operator (RAO)

*Response Amplitude Operator* (RAO) adalah suatu fungsi yang menyatakan karakteristik gerakan bangunan apung di atas gelombang reguler yang dinyatakan sebagai rasio amplitudo gerakan dengan amplitudo gelombang.

$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} \quad (2.1)$$

Informasi mengenai karakteristik gerak bangunan apung pada gelombang reguler akan disajikan dalam bentuk grafik yang mana pada absisnya merupakan parameter frekuensi dan ordinatnya adalah RAO.

### 2.2.8 Spektrum Gelombang

Sebuah gelombang reguler memuat energi, maka energi yang dimuat pada gelombang acak adalah penjumlahan energi yang dikontribusikan oleh semua komponen gelombang regulernya. Penjumlahan energi dari seluruh komponen gelombang reguler per satuan luas permukaan ( $1.0\text{m}^2$ ) dapat diekspresikan sebagai kepadatan spektrum energi gelombang, atau singkatnya dapat diistilahkan sebagai spektrum gelombang.

Analisis spektrum gelombang dapat menggunakan beberapa teori spektrum gelombang yang telah ada, antara lain model spektrum JONSWAP, *Pierson-Moskowitz*, ISSC ataupun ITTC. Pemilihan spektrum gelombang didasarkan pada kondisi nyata laut yang ditinjau. Bila tidak ada maka dapat digunakan model spektrum yang dikeluarkan oleh berbagai institusi dengan mempertimbangkan kesamaan fisik lingkungan. Dalam pemakaian model matematis, penerapan

spektrum biasanya menggunakan tunggal atau lebih parameter, misalnya tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ), periode gelombang ( $T$ ), faktor permukaan ( $\eta$ ).

Dalam penelitian ini akan digunakan spektrum gelombang JONSWAP dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_{\zeta}(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp\{-1.25 (\omega/\omega_0)^{-4}\} \gamma^{\exp\left\{\frac{(\omega-\omega_0)^2}{2\tau\omega_0^2}\right\}} \quad (2.2)$$

Dimana :

$$\alpha = 0.076(X_0)^{-0.22}$$

$$X_0 = gX/U_w^2$$

$$X = \text{Panjang fetch}$$

$$U_w = \text{Kecepatan angin}$$

$$\alpha = 0.0081 \text{ jika } X \text{ tidak diketahui}$$

$$\gamma = 3.30 \text{ (dapat bervariasi antara 1.0 s/d 7.0)} \rightarrow \text{peakedness parameter}$$

$$\tau = 0.07 \text{ untuk } \omega \leq \omega_0 \rightarrow \text{shape parameter}$$

$$\tau = 0.09 \text{ untuk } \omega > \omega_0$$

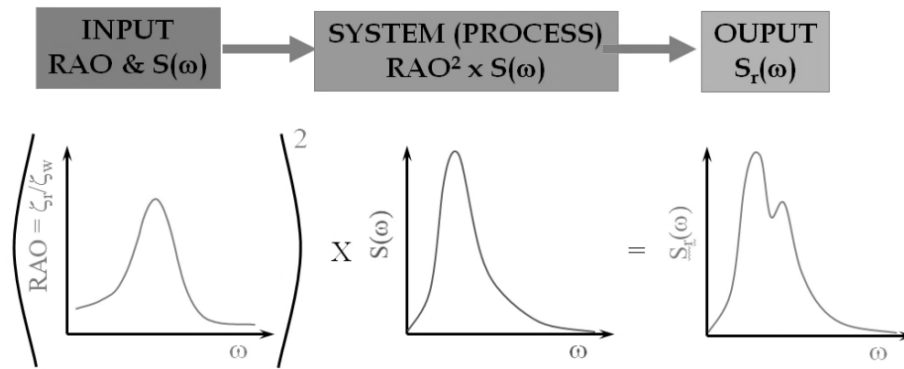
$$\omega_0^2 = 0.161 g/H_s$$

Spektrum JONSWAP digunakan karena formulasinya sesuai dengan keadaan perairan tempat beroperasinya bangunan laut, yaitu perairan tertutup. Untuk analisis bangunan lepas pantai di Indonesia harga  $\gamma$  yang disarankan berdasarkan penelitian-penelitian yang telah ada adalah sekitar 2.0 ~ 2.5. Artinya menurunkan puncak spektra, atau dengan kata lain dominasi tidak terkonsentrasi pada periode atau frekuensi gelombang tertentu saja. (Djatkiko, 2012)

### 2.2.9 Respon Bangunan Laut di Gelombang Acak

Gerakan bangunan laut di atas gelombang acak dapat diidentifikasi dengan mentransformasikan spektrum gelombang menjadi spektrum respon gerakan kapal. Hal ini dapat dilakukan dengan memperkalikan harga pangkat dua dari *response amplitude operator* (RAO) dan mode gerakan tertentu dengan ordinat spektrum gelombang, pada frekuensi yang sama. Proses ini pada dasarnya mengubah spektra gelombang menjadi spektra respons, sebagai berikut :

$$S_{\zeta r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (2.3)$$



**Gambar 2.5** Transformasi Spektra Gelombang Menjadi Spektra Respon (Djatkiko, 2012)

### 2.2.10 Effective Tension

*Effective tension* adalah parameter penting dalam analisis *subsea hose*.

Persamaan untuk *effective tension* adalah (API RP 2SK, 2005) :

$$T_e = T_a + P_o \cdot A_o - P_i \cdot A_i \quad (2.4)$$

Dimana :

$T_a$  = axial force,

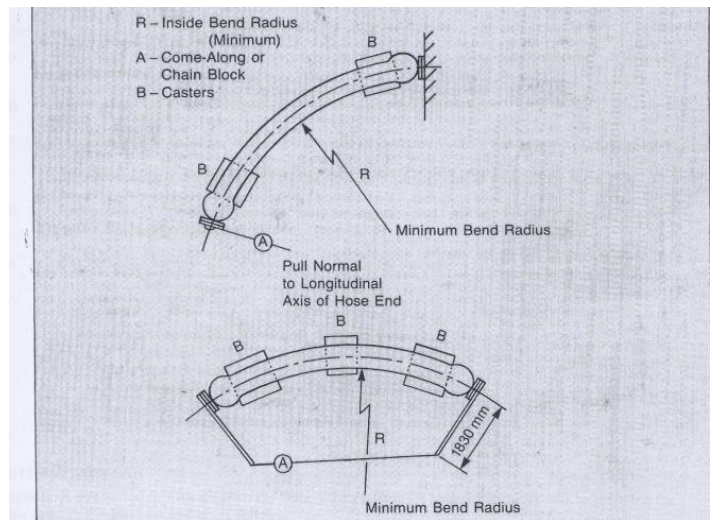
$P_i, P_o$  = tekanan internal dan eksternal,

$A_i, A_o$  = luas permukaan internal dan eksternal.

*Effective tension* bukanlah kekuatan tarik fisik, dan juga bukan kekuatan internal. Hasil analisis dinamis biasanya melaporkan *effective tension* bukan tegangan aksial yang sebenarnya. Kriteria *allowable tension* disertakan oleh *manufacture* pembuat *subsea hose*, nilai ini diperlukan untuk memastikan agar tidak terjadi tegangan yang berlebihan saat dikenai oleh beban.

### 2.2.11 Bending Radius

OCIMF (1991), menyebutkan bahwa *subsea hose* harus mempertimbangkan seluruh kondisi yang dapat menyebabkan *bending* dengan nilai *bending radius* yakni 4 kali nominal diameter tanpa adanya bahaya, pembengkokan permanen atau deformasi.



**Gambar 2.6 Bending Radius**  
 (OCIMF Guide to Purchasing, Manufacturing and Testing of Loading and Discharge Hoses for Offshore Moorings, 1991)



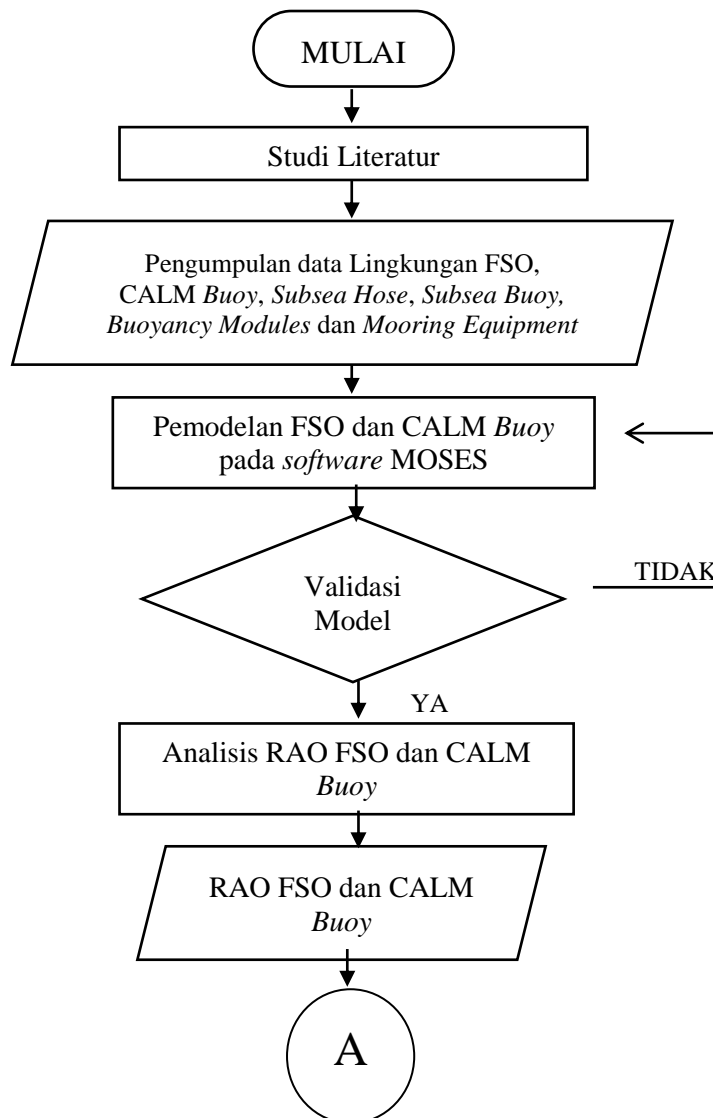
(halaman ini sengaja dikosongkan)

# BAB III

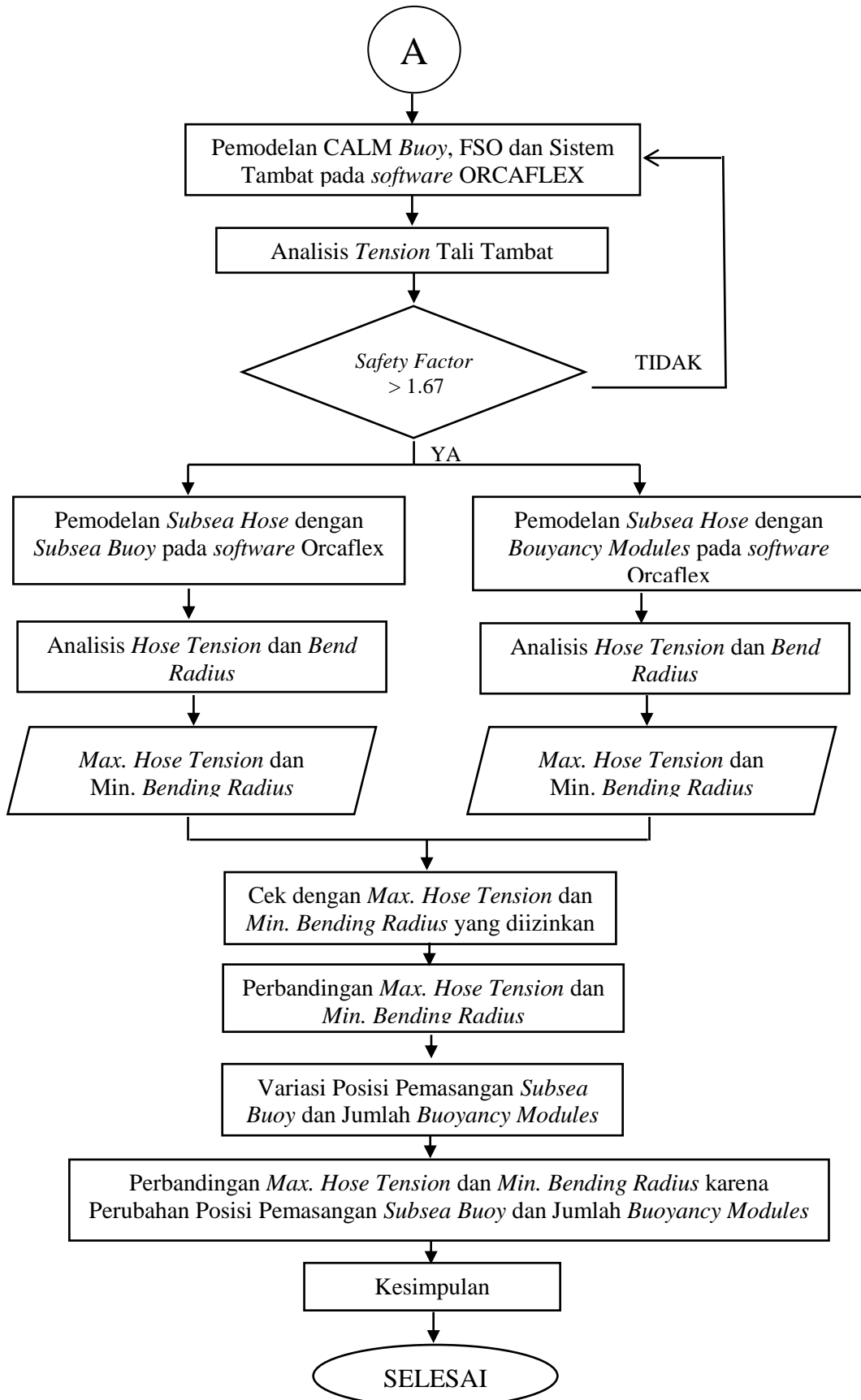
## METODOLOGI

### 3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian (lanjutan)

Adapun langkah-langkah penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### 1. Studi Literatur.

Studi Literatur dilakukan untuk mengetahui dasar-dasar teori, langkah-langkah dalam melakukan analisis, dan batasan-batasan dalam analisis. Literatur yang dipelajari berupa jurnal, *standard* dan *codes*, penelitian-penelitian yang relevan dan buku-buku yang terkait.

#### 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data lingkungan meliputi data gelombang, arus dan angin. Sedangkan untuk data struktur meliputi FSO, CALM *Buoy*, *subsea hose*, *subsea buoy*, dan *buoyancy modules*.

#### 3. Pemodelan FSO dan CALM *Buoy* pada *software* MOSES.

Pemodelan FSO dan CALM *Buoy* pada *software* MOSES dilakukan dengan cara memasukkan ukuran dan koordinat dari masing-masing bentuk ke dalam *software*. Pemodelan hanya dilakukan pada bagian *hull* saja.

#### 4. Validasi Model

Validasi model dilakukan agar tidak terjadi kesalahan antara hasil pemodelan dengan *software* dan dengan data yang ada. Validasi model disini menggunakan acuan dari ABS, yaitu perbedaan *displacement* model dan data tidak boleh lebih dari 2% ( $< 2\%$ )

#### 5. Analisis RAO FSO dan CALM *Buoy*

Setelah model divalidasi maka selanjutnya dilakukan analisis RAO untuk FSO dan CALM *Buoy*. Analisis dilakukan saat kondisi *free floating* berdasarkan gerakan 6-derajat kebebasan (*surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch*, dan *yaw*) menggunakan *software* MOSES dengan kondisi FSO *full load* dan *ballast*. Dengan arah datang gelombang  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$ , dan  $180^0$  untuk FSO dan  $0^0$  untuk CALM *Buoy*.

#### 6. Pemodelan pada *software* ORCAFLEX

Pemodelan dalam *software* ORCAFLEX meliputi ukuran dari masing-masing bentuk yang dimodelkan dan tata letak dari sistem yang dimodelkan. Untuk bagian FSO dan CALM *Buoy* maka perlu dimasukkan juga *output* dari MOSES. Untuk bentuk yang berupa *line* seperti tali tambat, *subsea hose*, dan *hawser* dimasukkan juga jenis dan sifat material. Untuk pemodelan sistem tambat,

dimodelkan dengan sudut tali tambat pada *fairlead* dengan sudut  $60^0$ ,  $45^0$ , dan  $30^0$ . Untuk pemodelan konfigurasi *subsea hose* dimodelkan dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 35m dan 8 *Buoyancy Modules*.

#### 7. Analisis *Tension* Tali Tambat

Analisis *tension* tali tambat dilakukan sebelum adanya *subsea hose*, dengan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^0$ ,  $45^0$ , dan  $30^0$ , apakah telah memenuhi kriteria dari API yaitu dengan *safety factor* (SF)  $> 1.67$ .

#### 8. Analisis *hose tension* dan *bend radius*.

Analisis yang dilakukan adalah analisis dinamis berbasis *time domain* untuk mendapatkan *max. hose tension* dan *min. bend radius* pada setiap variasi *subsea buoy*, *buoyancy modules*, dan kondisi FSO *full load* dan *ballast*, arah datang gelombang *in line* dan *between line* dengan menggunakan kondisi lingkungan dengan periode ulang 10-tahunan.

#### 9. Allowable *hose tension* dan *bend radius*

Nilai dari batas yang diizinkan untuk *hose tension* didapatkan dari vendor penyedia *subsea hose* dengan *safety factor*  $> 2$ , dan untuk *bend radius* didapatkan dari OCIMF dengan nilai 4D (4 kali nominal diameter).

#### 10. Perbandingan *max. hose tension* dan *min. bending radius*

Perbandingan dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *subsea buoy* dan *buoyancy modules* terhadap kekuatan *subsea hose*.

#### 11. Variasi Posisi Pemasangan *Subsea Buoy* dan Jumlah *Buoyancy Modules*

Variasi dilakukan dengan pemasangan *subsea buoy* pada kedalaman 34m dan pada permukaan, dan jumlah *buoyancy modules* menjadi 10 buah dan 12 buah.

#### 12. Perbandingan *Max. Hose Tension* dan *Min. Bending Radius* karena Perubahan Posisi Pemasangan *Subsea Buoy* dan Jumlah *Buoyancy Modules*

Perbandingan dilakukan pada penggunaan *subsea buoy* untuk perbedaan posisi, dan pada penggunaan *buoyancy modules* untuk perubahan jumlah.

### 3.2 Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam tugas akhir ini meliputi data struktur dan data lingkungan.

### 3.2.1 Data Struktur

Data Struktur yang digunakan yaitu data FSO Abherka, data CALM *buoy*, data *mooring lines*, data *hawser*, data *subsea buoy*, data *buoyancy modules* dan data *subsea hose*. Keseluruhan data struktur yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 3.1 sampai Tabel 3.9. Sumber data yang digunakan berasal dari PHE WMO.

**Tabel 3.1** Data CALM *Buoy*

Deskripsi	Data
<i>Outside Diameter (m)</i>	12
<i>Height (m)</i>	5.3
<i>Draft Operation (m)</i>	3.671
<i>Draft Free Floating (m)</i>	2.22
<i>VCG (m)</i>	3.51
<i>Weight in Water (MT)</i>	271.05
<i>Radius Gyration X (m)</i>	4.92
<i>Radius Gyration Y (m)</i>	4.92
<i>Radius Gyration Z (m)</i>	6.61

**Tabel 3.2** Data FSO Abherka

Deskripsi	Data
<i>Length overall (m)</i>	242.9
<i>Breadth (m)</i>	41.60
<i>Depth (m)</i>	19.70
<i>DWT (MT)</i>	85000

**Tabel 3.3** Kondisi FSO

Deskripsi	Kondisi FSO	
	<i>Ballast</i>	<i>Full Load</i>
<i>Draft from BL (m)</i>	6.664	12.709
<i>VCG from BL (m)</i>	10.954	11.38
<i>Radius Gyration X (m)</i>	15.438	15.675
<i>Radius Gyration Y (m)</i>	66.112	68.161
<i>Radius Gyration Z (m)</i>	66.112	68.161
<i>Displacement (MT)</i>	48994.5	100052.4

**Tabel 3.4** Data *Mooring Line*

Deskripsi	Data
<i>Nominal Diameter (mm)</i>	100
<i>Type/Grade</i>	Stud-link/ORQ
<i>Number of mooring lines</i>	6
<i>Weight in water + Marine Growth (MT/m)</i>	0.204
<i>Payout Length (m)</i>	368.8
<i>Approximate Horizontal Length (m)</i>	350
<i>Pretension</i>	39.619
<i>Declination angle to MSL (deg)</i>	45
<i>MBL (MT)</i>	774.312
<i>Half Corroded Chain MBL (MT)</i>	727.4

**Tabel 3.5** Data *Mooring Howser*

Deskripsi	Data
<i>Nominal Diameter (mm)</i>	160
<i>MBL – dry (MT)</i>	428
<i>MBL – wet (MT)</i>	363.8
<i>Weight in air (kg/m)</i>	17
<i>Weight in water (kg/m)</i>	1.7
<i>Hawser Length (m)</i>	65

**Tabel 3.6** Data *Subsea Hose*

Deskripsi	Data	
<i>Bore (mm) / Length (m)</i>	<i>Reinforced</i>	250 / 10.7
	<i>Mainline</i>	250 / 9.1
<i>Minimum Bending Radius (m)</i>	1	
<i>Weight in water (kg/m)</i>	<i>Reinforced</i>	28.505
	<i>Mainline</i>	29.890
<i>Bending Stiffness (kN.m<sup>2</sup>)</i>	<i>Reinforced</i>	112
	<i>Mainline</i>	43
<i>Torsion Stiffness (kN.m<sup>2</sup>)</i>	170	
<i>Axial Stiffness (kN)</i>	19.5 x 10 <sup>3</sup>	
<i>Allowable Axial Load (kN)</i>	276.3	
<i>Number of String</i>	2	
<i>Number of Section</i>	9	

**Tabel 3.7** Data *Subsea Buoy*

Deskripsi	Data
<i>Body Diameter (m)</i>	1.829
<i>Body Length Overall (m)</i>	5.506
<i>Bouyancy (MT)</i>	6.000
<i>Displacement (MT)</i>	13.465

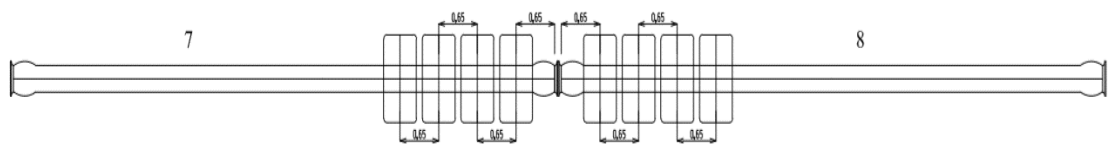
**Tabel 3.8** Data *Buoyancy Modules*

Deskripsi	Data
<i>Inner Diameter (m)</i>	0.32
<i>Outside Diameter (m)</i>	1.050
<i>Length (m)</i>	0.55
<i>Weight in Air (kg)</i>	21

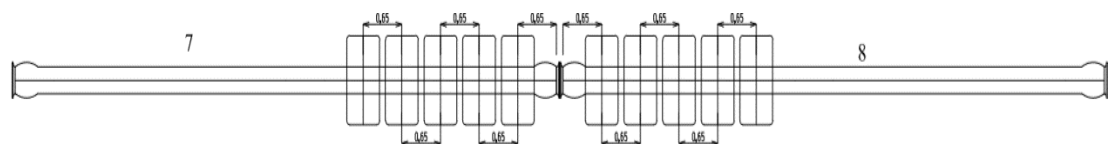
**Tabel 3.9** Posisi Peletakan *Buoyancy Modules*

No.	Posisi <i>Buoyancy Modules</i> pada <i>subsea hose</i> dari CALM Buoy (m)		
	Penggunaan 8 <i>Buoyancy Modules</i>	Penggunaan 10 <i>Buoyancy Modules</i>	Penggunaan 12 <i>Buoyancy Modules</i>
1	62.7	62.05	61.4
2	63.35	62.7	62.05
3	64	63.35	62.7
4	64.65	64	63.35
5	65.95	64.65	64
6	66.6	65.95	64.65
7	67.25	66.6	65.95
8	67.9	67.25	66.6
9		67.9	67.25
10		68.55	67.9
11			68.55
12			69.2

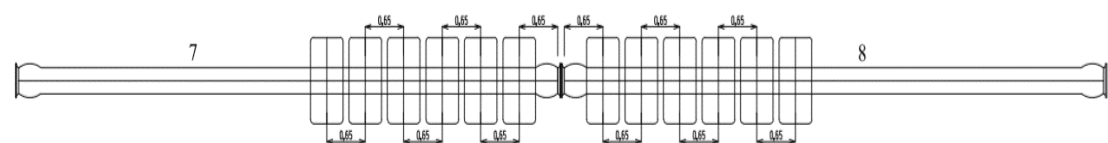
Untuk pemasangan *buoyancy modules* pada satu *section subsea hose* dapat dilihat pada Gambar 3.2 – 3.4



**Gambar 3.2** Peletakan 8 *Buoyancy Modules* pada *Subsea Hose*



**Gambar 3.3** Peletakan 10 *Buoyancy Modules* pada *Subsea Hose*



**Gambar 3.4** Peletakan 12 *Buoyancy Modules* pada *Subsea Hose*



### 3.2.2 Data Lingkungan

Data lingkungan yang digunakan adalah data lingkungan dengan periode ulang 10 tahunan. Data lingkungan yang akan digunakan akan disampaikan pada Tabel 3.10. Sumber data yang digunakan berasal dari PHE WMO.

**Tabel 3. 10** Data Lingkungan

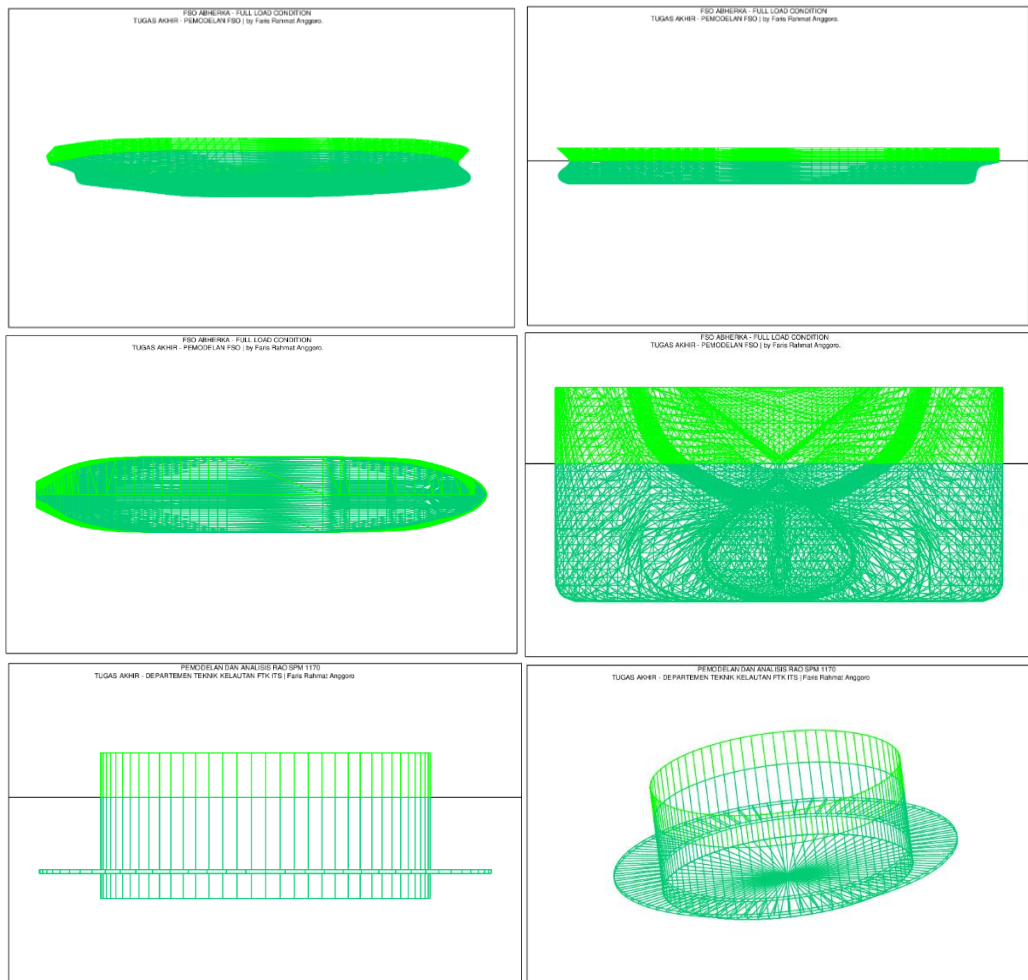
Parameter	Data
<i>Wind Speed – 1 minute</i>	15.80 (m/s)
<i>Water Depth</i>	55.5 m
<i>Current Speed</i>	
<i>Surface</i>	85.33 (cm/s)
<i>90% Water Depth</i>	84.06 (cm/s)
<i>80% Water Depth</i>	82.65 (cm/s)
<i>70% Water Depth</i>	81.09 (cm/s)
<i>60% Water Depth</i>	79.32 (cm/s)
<i>50% Water Depth</i>	77.29 (cm/s)
<i>40% Water Depth</i>	74.86 (cm/s)
<i>30% Water Depth</i>	71.85 (cm/s)
<i>20% Water Depth</i>	67.80 (cm/s)
<i>10% Water Depth</i>	61.41 (cm/s)
<i>1m Above Sea Bed</i>	53.85 (cm/s)
<i>Wave Data</i>	
<i>Hs</i>	3.47 m
<i>Tp</i>	8.65 s
<i>Tz</i>	6.73 s
<i>Hmax</i>	6.94 m
<i>Tmax</i>	7.79 s

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemodelan FSO dan CALM Buoy

Pemodelan dilakukan untuk mendapatkan bentuk dari FSO dan CALM Buoy yang menyerupai bentuk sebenarnya. Hasil pemodelan FSO Abherka dan CALM Buoy pada MOSES dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Pemodelan FSO dan CALM Buoy di MOSES

Dalam memodelkan suatu bentuk struktur pada *software* akan terdapat sedikit perbedaan dengan bentuk yang sebenarnya. Maka dari itu, diperlukan validasi terhadap model yang telah dibuat. Berdasarkan ABS untuk suatu struktur terapung perbedaan *displacement* antara model dan bentuk sesungguhnya tidak boleh lebih dari 2% ( $< 2\%$ ), sedangkan untuk keterangan lainnya boleh lebih dari

1% (< 1%). Hasil validasi model untuk FSO dan CALM *Buoy* dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2

**Tabel 4.1** Validasi Pemodelan FSO pada MOSES

Paramater	Data	MOSES	Koreksi	Keterangan
<i>Displacement - Full Load</i> (ton)	100052.4	98669.34	1.38%	OK
<i>Displacement - Ballast</i> (ton)	48994.5	49536.25	-1.11%	OK

**Tabel 4.2** Validasi Pemodelan CALM *Buoy* pada MOSES

Paramater	Data	MOSES	Koreksi	Keterangan
<i>Displacement</i> (ton)	271.05	270.74	0.11%	OK

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa untuk pemodelan FSO dan CALM *Buoy* telah memenuhi dari kriteria yang ditentukan yaitu perbedaan *displacement* antara model dan data tidak lebih dari 2%.

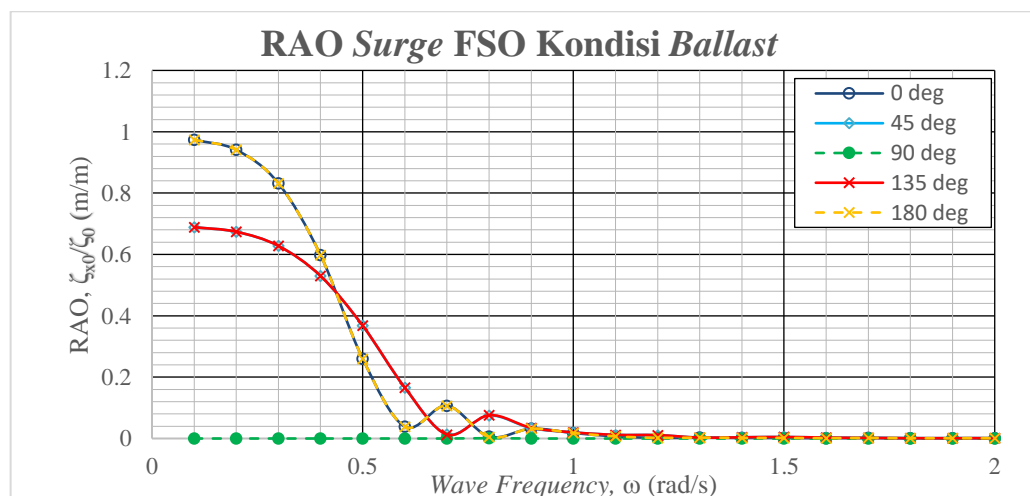
## 4.2 Analisis RAO (*Response Amplitude Operator*)

Analisis RAO dilakukan untuk mengetahui pergerakan struktur saat kondisi *free floating* pada gelombang reguler. Analisis RAO FSO dilakukan dengan kondisi pembebanan *ballast* dan *full load* dengan arah datang gelombang  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$  dan  $180^0$ . Sedangkan untuk CALM *Buoy* dilakukan hanya dengan arah datang gelombang  $0^0$ , karena bentuknya yang simetris.

### 4.2.1 RAO FSO

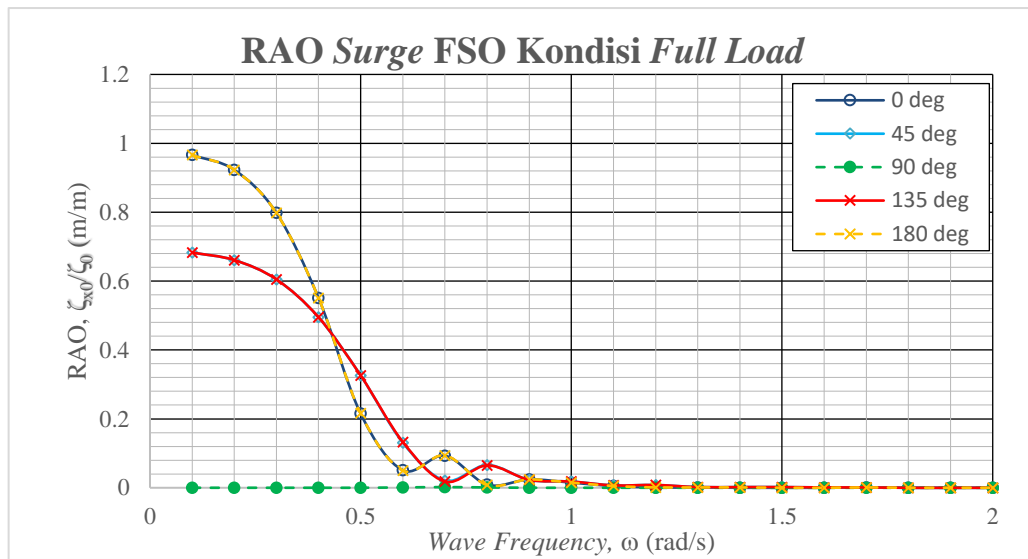
#### 4.2.1.1 RAO Surge FSO

RAO surge FSO untuk kondisi *ballast* dan *full load* pada arah datang gelombang  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$  dan  $180^0$  dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



**Gambar 4.2** Grafik RAO Surge FSO Kondisi *Ballast*

Dari Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa gerakan *surge* terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $0^0$  dan  $180^0$ . Hal ini karena gerakan *surge* memiliki pergerakan translasi pada sumbu-x yang searah dengan arah datang gelombang yang mengenai bagian halauan dan buritan pada FSO. Nilai terbesar RAO *surge* FSO kondisi *ballast* adalah 0.974 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Pada arah datang gelombang  $45^0$  dan  $135^0$  juga terjadi gerakan *surge* dengan nilai terbesar 0.689 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Pada arah datang gelombang  $90^0$  tidak terjadi gerakan *surge*, karena arahnya yang tegak lurus dengan gerakan *surge*.

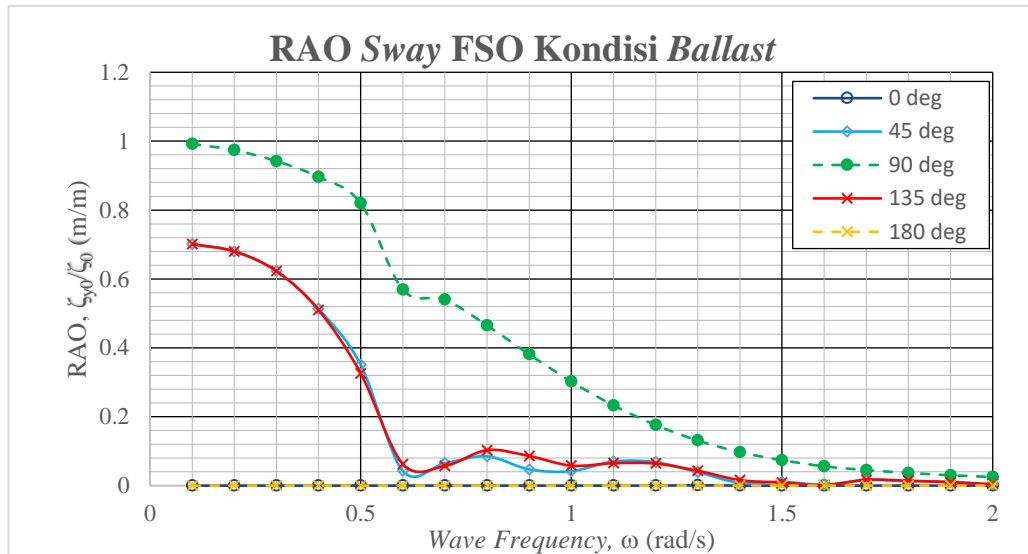


Gambar 4.3 Grafik RAO Surge FSO Kondisi Full Load

Dari Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa gerakan *surge* terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $0^0$  dan  $180^0$ . Hal ini karena gerakan *surge* memiliki pergerakan translasi pada sumbu-x yang searah dengan arah datang gelombang yang mengenai bagian halauan dan buritan pada FSO. Nilai terbesar RAO *surge* FSO kondisi *full load* adalah 0.966 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Pada arah datang gelombang  $45^0$  dan  $135^0$  juga terjadi gerakan *surge* dengan nilai terbesar 0.683 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Pada arah datang gelombang  $90^0$  tidak terjadi gerakan *surge*, karena arahnya yang tegak lurus dengan gerakan *surge*.

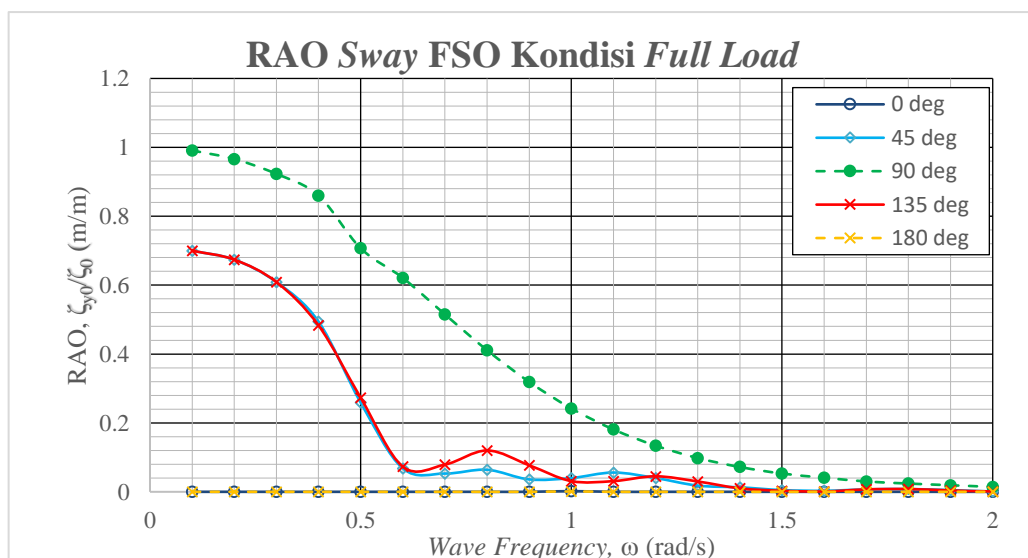
#### 4.2.1.2 RAO Sway

RAO *sway* FSO untuk kondisi *ballast* dan *full load* pada arah datang gelombang  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$  dan  $180^0$  dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



**Gambar 4.4** Grafik RAO Sway FSO Kondisi *Ballast*

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa gerakan *sway* terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $90^0$ . Hal ini karena gerakan *sway* memiliki pergerakan translasi pada sumbu-y yang searah dengan arah datang gelombang yang mengenai samping pada FSO. Nilai terbesar RAO *sway* FSO kondisi *ballast* adalah 0.992 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Pada arah datang gelombang  $45^0$  dan  $135^0$  juga terjadi gerakan *sway* dengan nilai terbesar 0.701 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Pada arah datang gelombang  $0^0$  dan  $180^0$  tidak terjadi gerakan *sway*, karena arahnya yang tegak lurus dengan gerakan *sway*.

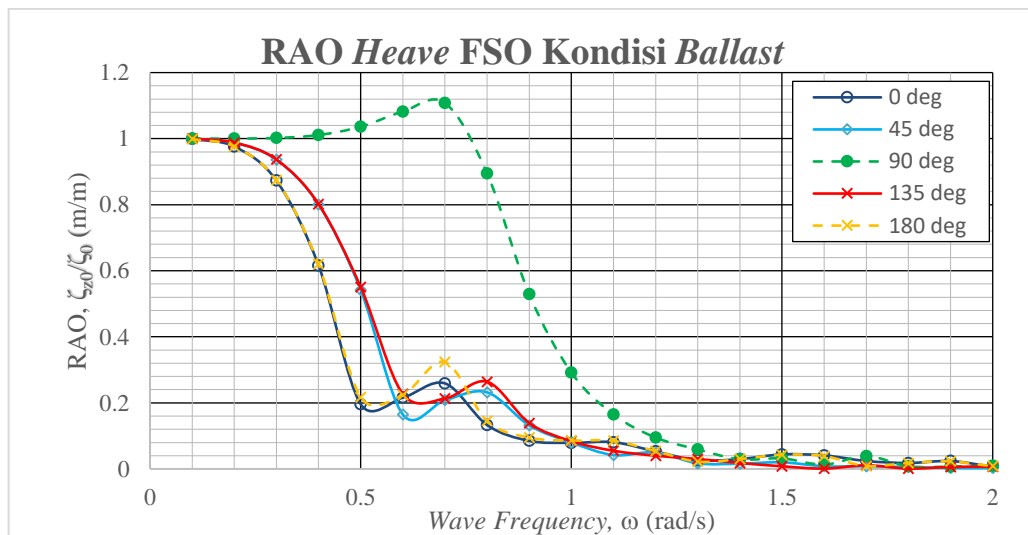


**Gambar 4.5** Grafik RAO Sway FSO Kondisi *Full Load*

Dari Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa gerakan *sway* terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $90^0$ . Hal ini karena gerakan *sway* memiliki pergerakan translasi pada sumbu-y yang searah dengan arah datang gelombang yang mengenai samping pada FSO. Nilai terbesar RAO *sway* FSO kondisi *full load* adalah 0.991 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Pada arah datang gelombang  $45^0$  dan  $135^0$  juga terjadi gerakan *sway* dengan nilai terbesar 0.7 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Pada arah datang gelombang  $0^0$  dan  $180^0$  tidak terjadi gerakan *sway*, karena arahnya yang tegak lurus dengan gerakan *sway*.

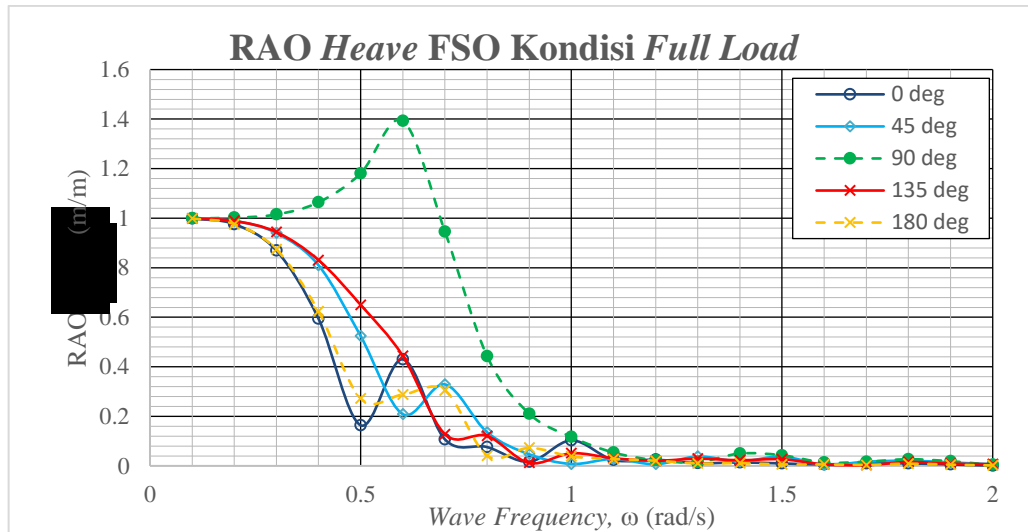
#### 4.2.1.3 RAO Heave

RAO *heave* FSO untuk kondisi *ballast* dan *full load* pada arah datang gelombang  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$  dan  $180^0$  dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Grafik RAO Heave FSO Kondisi Ballast

Dari Gambar 4.6 diketahui bahwa gerakan *heave* dari semua arah datang gelombang memiliki nilai awal 1 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s, pada arah datang gelombang  $90^0$  merupakan arah yang memiliki nilai RAO paling besar dengan 1.108 m/m pada frekuensi 0.7 rad/s. Hal ini karena permukaan FSO yang terkena gelombang memiliki area yang paling luas. Semua arah datang gelombang dapat menyebabkan gerakan *heave* karena arah gerak *heave* adalah translasi pada sumbu-z.

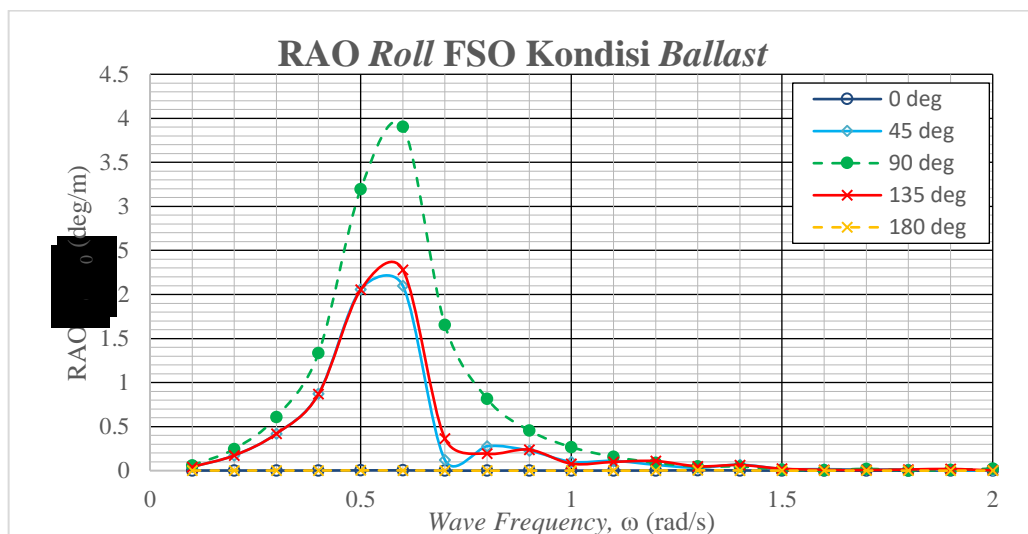


**Gambar 4.7** Grafik RAO Heave FSO Kondisi Full Load

Dari Gambar 4.7 diketahui bahwa gerakan *heave* dari semua arah datang gelombang memiliki nilai awal 1 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s, pada arah datang gelombang 90<sup>0</sup> merupakan arah yang memiliki nilai RAO paling besar dengan 1.393 m/m pada frekuensi 0.6 rad/s. Hal ini karena permukaan FSO yang terkena gelombang memiliki area yang paling luas. Semua arah datang gelombang dapat menyebabkan gerakan *heave* karena arah gerak *heave* adalah translasi pada sumbu-z.

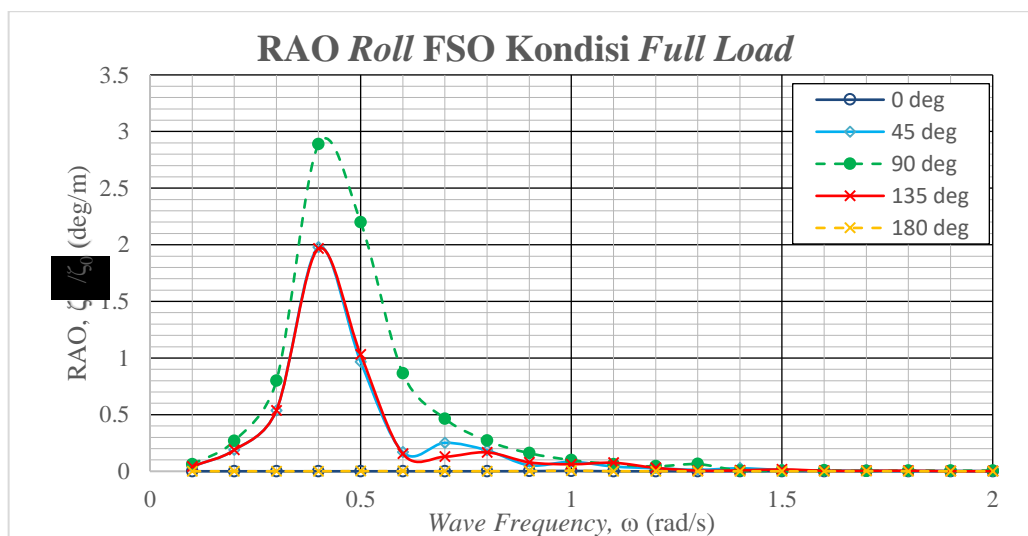
#### 4.2.1.4 RAO Roll

RAO *roll* FSO untuk kondisi *ballast* dan *full load* pada arah datang gelombang 0<sup>0</sup>, 45<sup>0</sup>, 90<sup>0</sup>, 135<sup>0</sup> dan 180<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



**Gambar 4.8** Grafik RAO RAO Roll FSO Kondisi Ballast

Dari Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa gerakan *roll* terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $90^0$ . Hal ini karena gerakan *roll* berotasi pada sumbu-x yang tegak lurus dengan arah datang gelombang. Nilai terbesar RAO *roll* FSO kondisi *ballast* adalah 3.904 deg/m pada frekuensi 0.6 rad/s. Arah datang gelombang  $45^0$  dan  $135^0$  dapat menyebabkan gerakan *roll* dengan nilai RAO terbesar 2.099 deg/m pada frekuensi 0.6 rad/s untuk arah datang gelombang  $45^0$  dan 2.281 deg/m pada frekuensi 0.6 rad/s untuk arah datang gelombang  $135^0$ . Pada arah  $0^0$  dan  $180^0$  tidak terjadi gerakan *roll*, karena arah datang gelombangnya sejajar dengan sumbu rotasi gerakan *roll*.



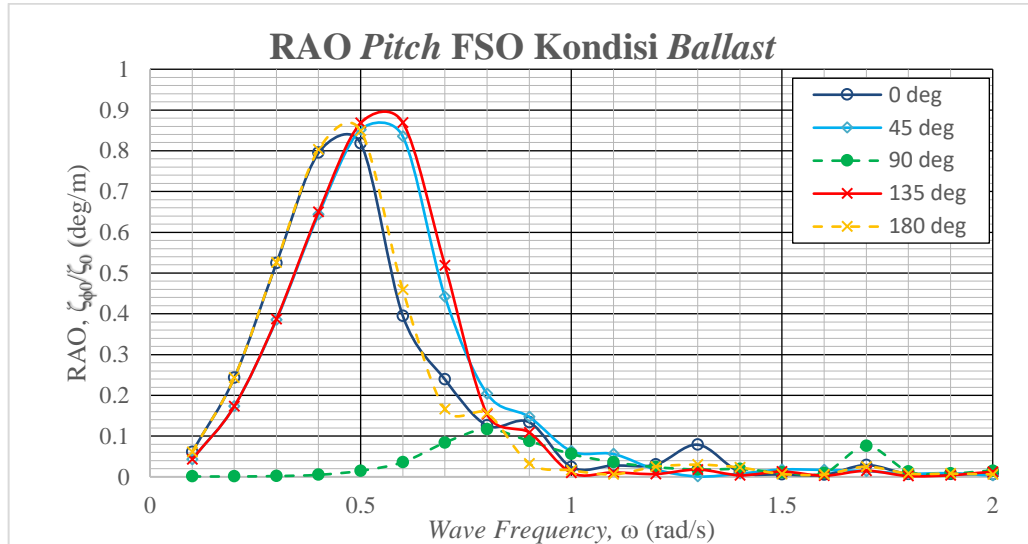
**Gambar 4.9** Grafik RAO RAO *Roll* FSO Kondisi *Full Load*

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa gerakan *roll* terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $90^0$ . Hal ini karena gerakan *roll* berotasi pada sumbu-x yang tegak lurus dengan arah datang gelombang. Nilai terbesar RAO *roll* FSO kondisi *full load* adalah 2.887 deg/m pada frekuensi 0.4 rad/s. Arah datang gelombang  $45^0$  dan  $135^0$  dapat menyebabkan gerakan *roll* dengan nilai RAO terbesar 1.978 deg/m pada frekuensi 0.4 rad/s untuk arah datang gelombang  $45^0$  dan 1.966 deg/m pada frekuensi 0.4 rad/s untuk arah datang gelombang  $135^0$ . Pada arah  $0^0$  dan  $180^0$  tidak terjadi gerakan *roll*, karena arah datang gelombangnya sejajar dengan sumbu rotasi gerakan *roll*.



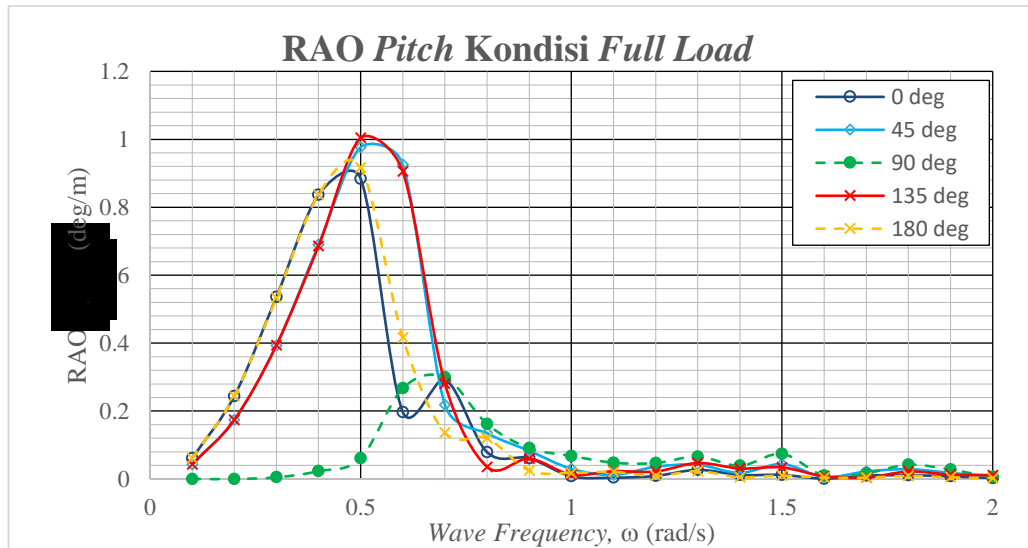
#### 4.2.1.5 RAO Pitch

RAO *pitch* FSO untuk kondisi *ballast* dan *full load* pada arah datang gelombang  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$  dan  $180^{\circ}$  dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10 Grafik RAO *Pitch* FSO Kondisi *Ballast*

Dari Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa gerakan *pitch* terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $135^{\circ}$ . Hal ini karena gerakan *pitch* berotasi pada sumbu-y sehingga dengan arah datang gelombang perempat haluan yang mana area FSO yang terkena gelombang merupakan area terluas maka akan menyebabkan gerakan *pitch* yang besar. Nilai terbesar RAO *pitch* FSO kondisi *ballast* adalah 0.9 deg/m pada frekuensi 0.55 rad/s. Arah datang gelombang lainnya juga dapat menyebabkan gerakan *pitch* dengan nilai RAO terbesar 0.861 deg/m pada frekuensi 0.55 rad/s untuk arah datang gelombang  $45^{\circ}$ , 0.861 deg/m pada frekuensi 0.48 rad/s untuk arah datang gelombang  $180^{\circ}$ , 0.84 deg/m pada frekuensi 0.48 rad/s untuk arah datang gelombang  $0^{\circ}$  dan 0.117 deg/m pada frekuensi 0.8 rad/s untuk arah datang gelombang  $90^{\circ}$ .

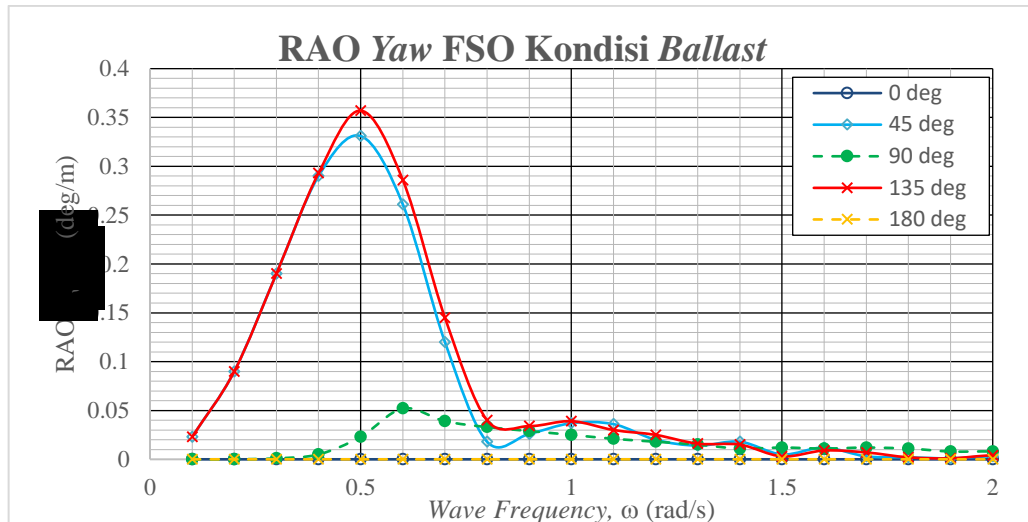


**Gambar 4.11** Grafik RAO Pitch FSO Kondisi Full Load

Dari Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa gerakan *pitch* terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $135^0$ . Hal ini karena gerakan *pitch* berotasi pada sumbu-y sehingga dengan arah datang gelombang perempat haluan yang mana area FSO yang terkena gelombang merupakan area terluas maka akan menyebabkan gerakan *pitch* yang besar. Nilai terbesar RAO *pitch* FSO kondisi *full load* adalah 1.01 deg/m pada frekuensi 0.52 rad/s. Arah datang gelombang lainnya juga dapat menyebabkan gerakan *pitch* dengan nilai RAO terbesar 0.985 deg/m pada frekuensi 0.54 rad/s untuk arah datang gelombang  $45^0$ , 0.935 deg/m pada frekuensi 0.48 rad/s untuk arah datang gelombang  $180^0$ , 0.91 deg/m pada frekuensi 0.48 rad/s untuk arah datang gelombang  $0^0$  dan 0.069 deg/m pada frekuensi 0.7 rad/s untuk arah datang gelombang  $90^0$ .

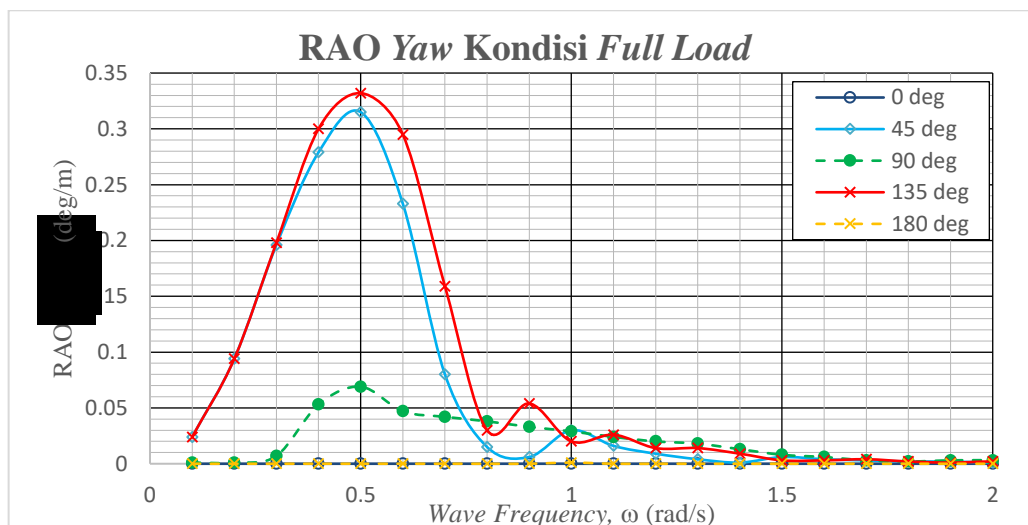
#### 4.2.1.6 RAO Yaw

RAO *yaw* FSO untuk kondisi *ballast* dan *full load* pada arah datang gelombang  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ ,  $135^0$  dan  $180^0$  dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.



Gambar 4.12 Grafik RAO Yaw FSO Kondisi Ballast

Dari Gambar 4.12 dapat diketahui bahwa gerakan yaw terbesar terjadi terbesar terjadi pada arah datang gelombang 135<sup>0</sup>. Hal ini karena gerakan yaw berotasi pada sumbu-z sehingga dengan arah datang gelombang perempat haluan yang mana area FSO yang terkena gelombang merupakan area terluas maka akan menyebabkan gerakan yaw yang besar. Nilai terbesar RAO yaw FSO kondisi ballast adalah 0.357 deg/m pada frekuensi 0.5 rad/s. Arah datang gelombang lainnya juga dapat menyebabkan gerakan yaw dengan nilai RAO terbesar 0.331 deg/m pada frekuensi 0.5 rad/s untuk arah datang gelombang 45<sup>0</sup> dan 0.052 deg/m pada frekuensi 0.6 rad/s untuk arah datang gelombang 90<sup>0</sup>. Pada arah 0<sup>0</sup> dan 180<sup>0</sup> tidak terjadi gerakan yaw, karena arah datang gelombangnya sejajar dengan sumbu rotasi gerakan yaw.



Gambar 4.13 Grafik RAO Yaw FSO Kondisi Full Load

Dari Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa gerakan *yaw* terbesar terjadi terbesar terjadi pada arah datang gelombang  $135^0$ . Hal ini karena gerakan *yaw* berotasi pada sumbu-z sehingga dengan arah datang gelombang perempat haluan yang mana area FSO yang terkena gelombang merupakan area terluas maka akan menyebabkan gerakan *yaw* yang besar. Nilai terbesar RAO *yaw* FSO kondisi *full load* adalah 0.332 deg/m pada frekuensi 0.5 rad/s. Arah datang gelombang lainnya juga dapat menyebabkan gerakan *yaw* dengan nilai RAO terbesar 0.315 deg/m pada frekuensi 0.5 rad/s untuk arah datang gelombang  $45^0$  dan 0.069 deg/m pada frekuensi 0.5 rad/s untuk arah datang gelombang  $90^0$ . Pada arah  $0^0$  dan  $180^0$  tidak terjadi gerakan *yaw*, karena arah datang gelombangnya sejajar dengan sumbu rotasi gerakan *yaw*.

Berikut ini merupakan tabel perbandingan RAO maksimum pada setiap arah gerakan berdasarkan arah datang gelombang pada kondisi FSO *ballast* dan *full load*.

**Tabel 4.3** Perbandingan RAO Maksimum Setiap Gerakan pada FSO Kondisi *Ballast*

Gerakan	Unit	RAO Max. Setiap Arah Datang Gelombang					Maksimum
		0 deg	45 deg	90 deg	135 deg	180 deg	
Surge	m/m	0.974	0.689	0.001	0.689	0.974	0.974
Sway	m/m	0.000	0.701	0.992	0.701	0.000	0.992
Heave	m/m	0.999	1.000	1.108	1.000	0.999	1.108
Roll	deg/m	0.004	2.099	3.904	2.281	0.004	3.904
Pitch	deg/m	0.840	0.861	0.117	0.900	0.861	0.900
Yaw	deg/m	0.000	0.331	0.052	0.357	0.000	0.357

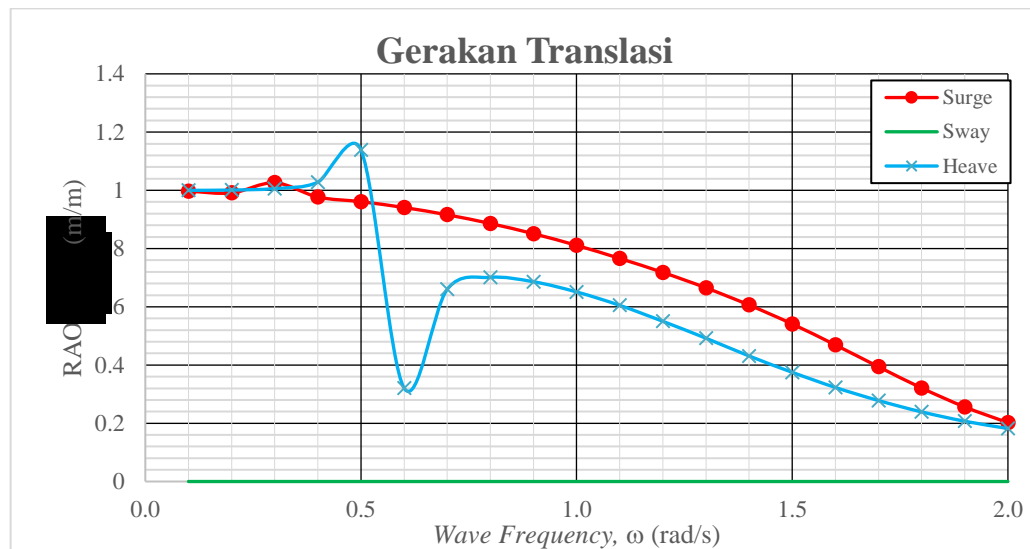
**Tabel 4.4** Perbandingan RAO Maksimum Setiap Gerakan pada FSO Kondisi *Full Load*

Gerakan	Unit	RAO Max. Setiap Arah Datang Gelombang					Maksimum
		0 deg	45 deg	90 deg	135 deg	180 deg	
Surge	m/m	0.966	0.683	0.002	0.683	0.966	0.966
Sway	m/m	0.002	0.700	0.991	0.700	0.001	0.991
Heave	m/m	0.999	0.999	1.393	0.999	0.999	1.393
Roll	deg/m	0.003	1.978	2.887	1.966	0.005	2.887
Pitch	deg/m	0.910	0.985	0.299	1.010	0.935	1.010
Yaw	deg/m	0.000	0.315	0.069	0.332	0.001	0.332

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa untuk gerakan *surge*, *sway*, *roll* dan *yaw* kondisi *ballast* memiliki nilai RAO maksimum yang lebih besar. Sedangkan pada gerakan *heave* dan *pitch* kondisi *full load* memiliki nilai RAO maksimum yang lebih besar.

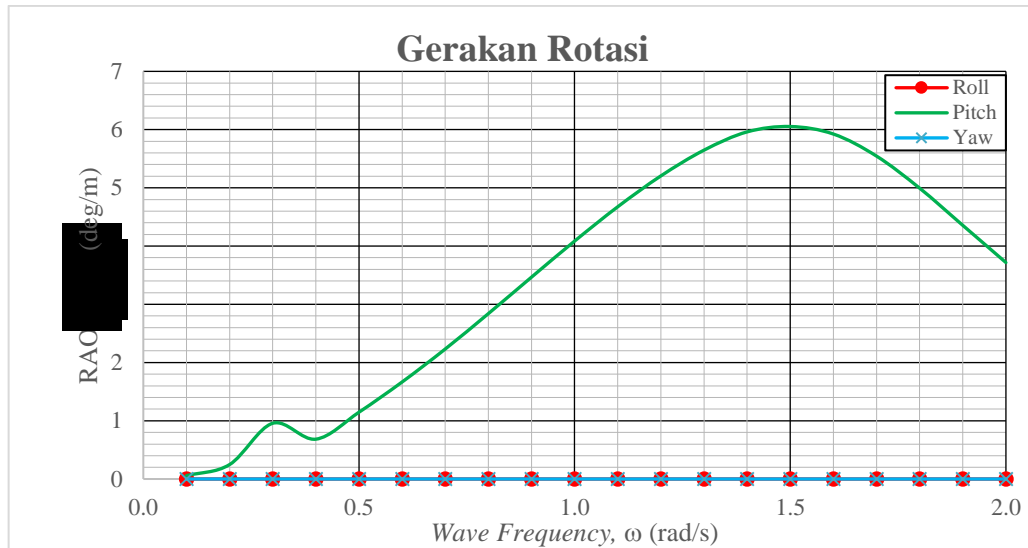
#### 4.2.2 RAO CALM Buoy

Analisis RAO pada CALM Buoy hanya dilakukan pada arah datang gelombang  $0^0$  karena bentuk dari CALM Buoy yang merupakan silinder, sehingga dapat dipandang sebagai benda simetris dari berbagai arah, maka gelombang yang datang dari arah manapun akan menimbulkan efek gerakan yang kurang lebih sama.



Gambar 4.14 Grafik RAO CALM Buoy Gerakan Translasi

Dari Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa gerakan *heave* memiliki nilai awal 1 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s kemudian naik pada frekuensi 0.4 rad/s hingga frekuensi 0.47 rad/s dengan nilai paling tinggi 1.16 m/m, setelah itu akan turun hingga frekuensi 0.63 rad/s dengan nilai paling rendah 0.31 m/m, setelah itu akan mengalami kenaikan lalu akan turun lagi dengan meningkatnya frekuensi. Gerakan *surge* memiliki nilai awal 1 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s kemudian mengalami sedikit kenaikan pada frekuensi 0.3 rad/s dengan nilai 1.02 m/m, kemudian akan menurun dengan meningkatnya frekuensi. Gerakan *sway* tidak terjadi pada arah pembebanan  $0^0$  karena gerakannya yang translasi pada sumbu-y sehingga tegak lurus dengan arah datang gelombang.

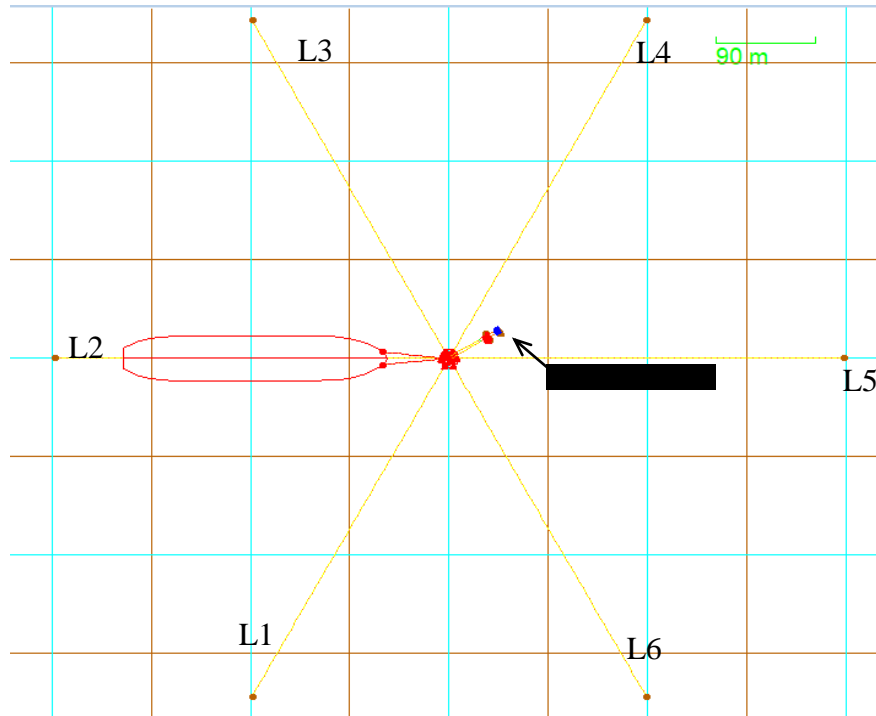


**Gambar 4.15** Grafik RAO CALM Buoy Gerakan Rotasi

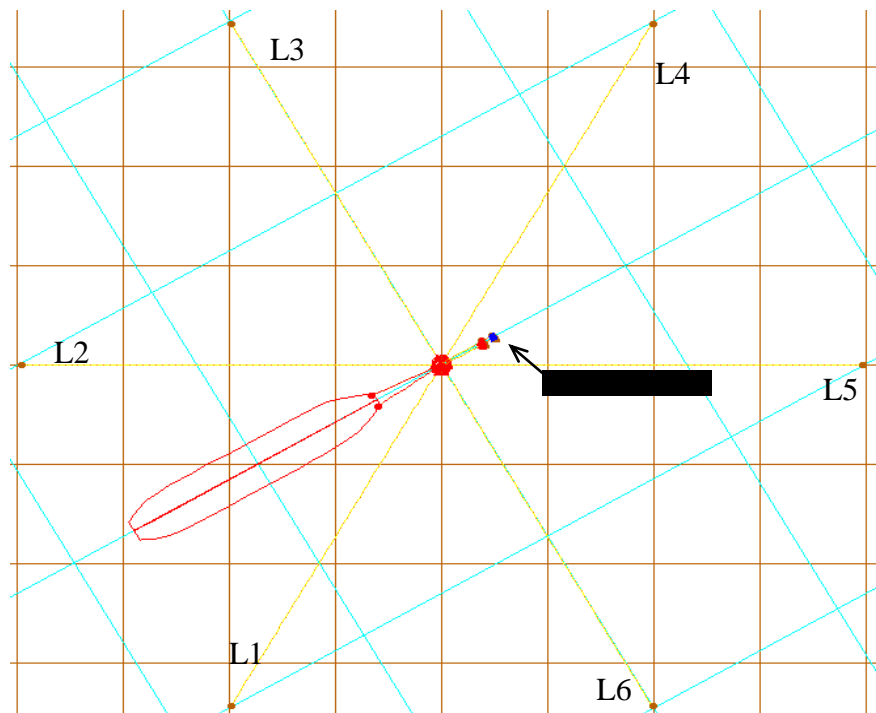
Dari Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa grafik gerakan *pitch* memiliki nilai awal 0.06 deg/m pada frekuensi 0.1 rad/s, kemudian grafik akan naik hingga mencapai nilai 0.96 deg/m pada frekuensi 0.3 rad/s, kemudian sedikit menurun hingga pada frekuensi 0.4 rad/s dengan nilai 0.68 deg/m, kemudian grafik akan membentuk grafik parabola dengan nilai tertinggi 6.05 deg/m pada frekuensi 1.5 rad/s. Gerakan *roll* tidak terjadi pada karena gerakanya yang rotasi terhadap sumbu-x, sehingga jika ada gelombang datang sejajar dengan sumbu putarnya tidak terjadi gerakan. Gerakan *yaw* tidak terjadi karena bentuk CALM Buoy yang silinder, sehingga saat berotasi pada sumbu-z tidak mengalami gerakan *yaw*.

### 4.3 Pemodelan dan Analisis Sistem Tambat

Analisis yang dilakukan pada sistem tambat berjenias *single point mooring* bersifat *weathervaning* yang berarti FSO dapat mengelilingi 360<sup>0</sup> pada CALM buoy dengan mengikuti arah datang beban lingkungan. Untuk mewakili posisi FSO dalam kondisi yang sebenarnya, sehingga konfigurasi tali tambat pada pemodelan sistem tambat dilakukan dalam bentuk *in line* dan *between line* seperti pada Gambar 4.16 dan 4.17.



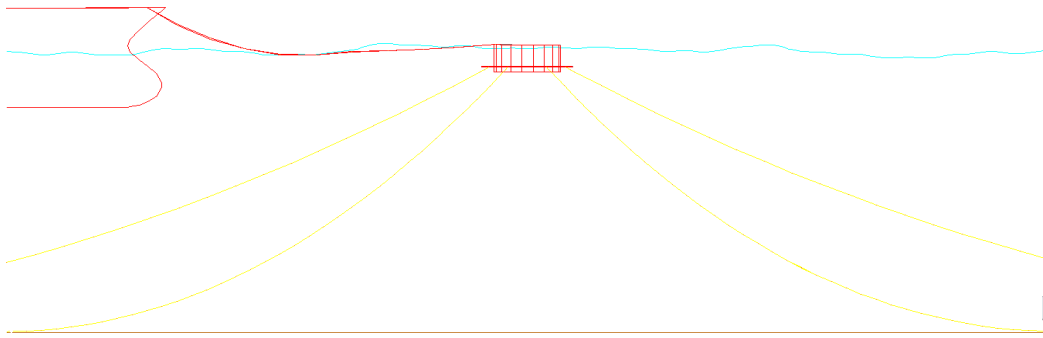
**Gambar 4.16** Pemodelan Sistem Tambat Kondisi *In Line*



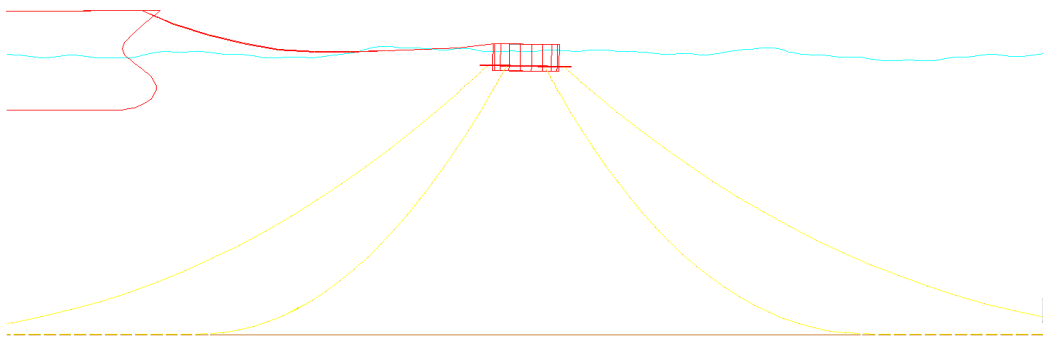
**Gambar 4.17** Pemodelan Sistem Tambat Kondisi *Between Line*

Analisis sistem penambatan dilakukan juga dengan variasi sudut tali tambat pada *fairlead*, yaitu dengan variasi sudut  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ , dan  $60^{\circ}$ . Pemodelan sistem

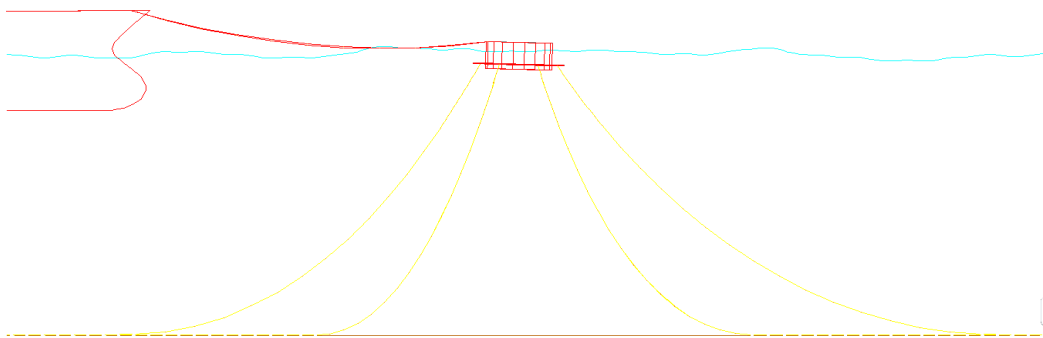
tambat dengan masing-masing variasi sudut pada *fairlead* dapat dilihat pada Gambar 4.18, Gambar 4.19 dan Gambar 4.20



**Gambar 4.18** Pemodelan Sistem Tambat dengan Sudut *Fairlead*  $60^{\circ}$



**Gambar 4.19** Pemodelan Sistem Tambat dengan Sudut *Fairlead*  $45^{\circ}$



**Gambar 4.20** Pemodelan Sistem Tambat dengan Sudut *Fairlead*  $30^{\circ}$

Hasil analisis *tension* pada tali tambat dengan sudut *fairlead*  $60^{\circ}$  pada kondisi *in line* dan *between line* dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut :

**Tabel 4.5** Hasil Analisis *Tension* pada Tali Tambat dengan Sudut *Fairlead*  $60^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	Tali Tambat	Max. Line Tension (kN)		Minimum Breaking Load (kN)	Safety Factor	
		In Line	Between Line		In Line	Between Line
Full Load	L1	800.518	789.030	7593.485	9.486	9.624
	L2	784.231	790.136		9.683	9.610



Kondisi Muatan FSO	Tali Tambat	Max. Line Tension (kN)		Minimum Breaking Load (kN)	Safety Factor	
		In Line	Between Line		In Line	Between Line
	L3	800.496	801.054	7593.485	9.486	9.479
	L4	805.351	816.330		9.429	9.302
	L5	819.308	815.743		9.268	9.309
	L6	805.430	801.997		9.428	9.468
Ballast	L1	780.240	756.430	7593.485	9.732	10.039
	L2	746.700	757.668		10.169	10.022
	L3	780.885	803.254		9.724	9.453
	L4	831.145	860.054		9.136	8.829
	L5	871.161	858.909		8.717	8.841
	L6	830.416	803.687		9.144	9.448

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa *tension* terbesar yang terjadi saat kondisi *in line* terletak pada tali tambat L5 baik pada kondisi *full load* maupun kondisi *ballast* dengan nilai sebesar 819.308 kN dan 871.161 kN.. Sedangkan pada kondisi *between line tension* terbesar yang terjadi terletak pada tali tambat L4 baik pada kondisi *full load* maupun kondisi *ballast* dengan nilai sebesar 816.330 kN dan 860.054 kN. Pada tali tambat L4 *tension* yang terjadi terlihat tidak jauh berbeda dengan L5, hal ini karena dalam konfigurasi sistem tambatnya tali tambat L4 dan L5 menerima beban yang hampir sama. *Tension* terbesar yang terjadi masih di bawah dari MBL dan *safety factor* yang terjadi juga masih di atas dari *safety factor* yang diizinkan yaitu 1.67.

Selanjutnya untuk hasil analisis *tension* pada tali tambat dengan sudut *fairlead* 45<sup>0</sup> pada kondisi *in line* dan *between line* dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut :

**Tabel 4. 6** Hasil Analisis *Tension* pada Tali Tambat dengan Sudut *Fairlead* 45<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Tali Tambat	Max. Line Tension (kN)		Minimum Breaking Load (kN)	Safety Factor	
		In Line	Between Line		In Line	Between Line
Full Load	L1	370.240	352.162	7593.485	20.510	21.562
	L2	353.229	352.254		21.497	21.557
	L3	370.166	382.544		20.514	19.850
	L4	402.376	421.114		18.872	18.032
	L5	428.576	420.809		17.718	18.045
	L6	402.530	383.202		18.864	19.816

Kondisi Muatan FSO	Tali Tambat	Max. Line Tension (kN)		Minimum Breaking Load (kN)	Safety Factor	
		In Line	Between Line		In Line	Between Line
Ballast	L1	358.974	356.483	7593.485	21.153	21.301
	L2	355.094	356.783		21.384	21.283
	L3	359.722	383.814		21.109	19.784
	L4	420.855	468.797		18.043	16.198
	L5	494.066	468.347		15.369	16.213
	L6	420.301	383.981		18.067	19.776

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa *tension* terbesar yang terjadi saat kondisi *in line* terletak pada tali tambat L5 baik pada kondisi *full load* maupun kondisi *ballast* dengan nilai sebesar 428.576 kN dan 494.066 kN.. Sedangkan pada kondisi *between line tension* terbesar yang terjadi terletak pada tali tambat L4 baik pada kondisi *full load* maupun kondisi *ballast* dengan nilai sebesar 421.114 kN dan 468.797 kN. *Tension* terbesar yang terjadi pada tali tambat dengan sudut *fairlead* 45° masih di bawah dari MBL dan *safety factor* yang terjadi juga masih di atas dari *safety factor* yang diizinkan yaitu 1.67.

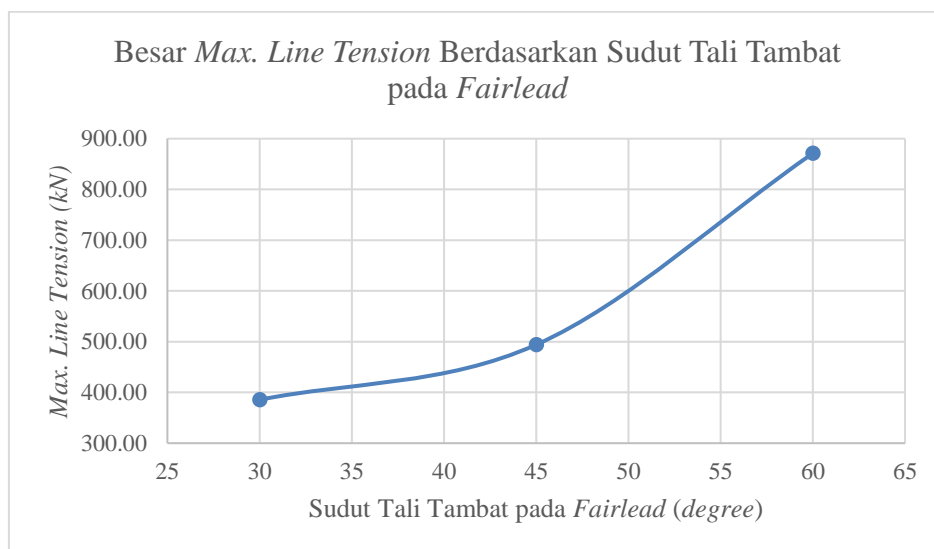
Selanjutnya untuk hasil analisis *tension* pada tali tambat dengan sudut *fairlead* 30° pada kondisi *in line* dan *between line* dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut :

**Tabel 4.7** Hasil Analisis *Tension* pada Tali Tambat dengan Sudut *Fairlead* 30°

Kondisi Muatan FSO	Tali Tambat	Max. Line Tension (kN)		Minimum Breaking Load (kN)	Safety Factor	
		In Line	Between Line		In Line	Between Line
Full Load	L1	206.737	195.185	7593.485	36.730	38.904
	L2	193.038	195.251		39.337	38.891
	L3	206.539	226.426		36.765	33.536
	L4	254.336	280.804		29.856	27.042
	L5	289.114	280.732		26.265	27.049
	L6	254.356	227.419		29.854	33.390
Ballast	L1	206.893	205.433	7593.485	36.702	36.963
	L2	202.933	205.499		37.419	36.951
	L3	206.859	229.276		36.709	33.119
	L4	276.159	349.417		27.497	21.732
	L5	385.516	349.494		19.697	21.727
	L6	276.294	228.906		27.483	33.173

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 *tension* terbesar yang terjadi saat kondisi *in line* terletak pada tali tambat L5 baik pada kondisi *full load* maupun kondisi *ballast* dengan nilai sebesar 289.114 kN dan 385.516 kN.. Sedangkan pada kondisi *between line tension* terbesar yang terjadi terletak pada tali tambat L4 untuk kondisi *full load* dengan nilai sebesar 280.804 kN, sedangkan untuk kondisi *ballast tension* terbesar terletak pada tali tambat L5 dengan nilai sebesar 349.494 kN. *Tension* terbesar yang terjadi pada tali tambat dengan sudut *fairlead*  $30^0$  masih di bawah dari MBL dan *safety factor* yang terjadi juga masih di atas dari *safety factor* yang diizinkan yaitu 1.67.

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan dapat dilihat bahwa perbedaan sudut tali tambat pada *fairlead* akan menghasilkan *tension* yang berbeda juga, *tension* terbesar untuk masing-masing sudut pada *fairlead* dapat dilihat pada Gambar 4.21



**Gambar 4.21** Grafik Besar Max. Line *Tension* Berdasarkan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*

Gambar 4.21 menunjukkan bahwa dengan semakin besar sudut pada *fairlead* maka akan semakin besar juga *max. line tension* yang terjadi.

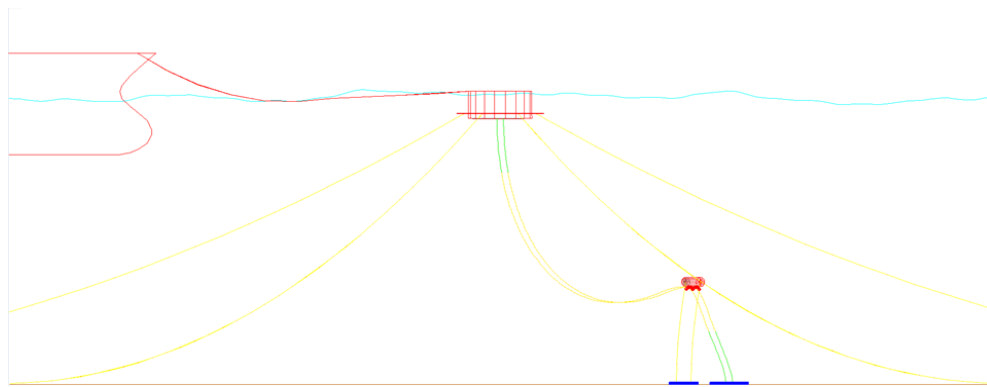
#### 4.4 Pemodelan dan Analisis *Subsea Hose*

Analisis yang dilakukan pada *subsea hose* menggunakan sistem penambatan *in line* dan *between line* dan dengan variasi sudut tali tambat pada *fairlead*. Kondisi lingkungan yang digunakan dalam analisis ini adalah dengan periode ulang 10-tahunan dengan arah beban lingkungan *head seas*. Konfigurasi *subsea hose* yang

akan dibandingkan adalah dengan penggunaan *subsea buoy* pada kedalaman 35m dengan penggunaan 8 *buoyancy modules* .

#### 4.4.1 *Subsea Hose dengan Subseay Buoy pada Kedalaman 35 m*

Pada konfigurasi *subsea buoy* pada kedalaman 35m, digunakan *theter* untuk menahan pergerakan dari *subsea buoy*. Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 60<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.22.



**Gambar 4.22** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 60<sup>0</sup>.

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 60<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 60<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	<i>Subsea Hose</i>	<i>Max. Hose Tension (kN)</i>		<i>Safety Factor</i>	
		<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>	<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>
<i>Full Load</i>	<i>Hose 1</i>	20.574	21.073	13.43	13.11
	<i>Hose 2</i>	20.719	21.076	13.34	13.11
<i>Ballast</i>	<i>Hose 1</i>	20.650	21.090	13.38	13.10
	<i>Hose 2</i>	20.757	21.096	13.31	13.10

Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 21.076 kN dan 21.096 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

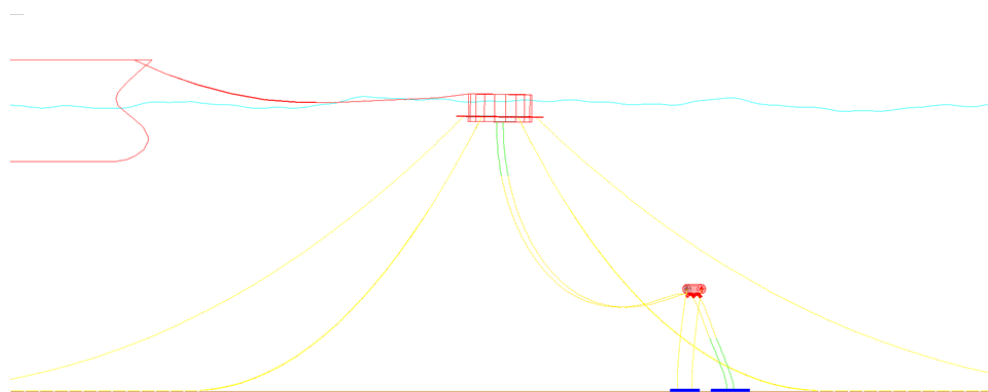
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^0$  dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^0$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.853	3.803
	Hose 2	3.838	3.802
Ballast	Hose 1	3.846	3.800
	Hose 2	3.834	3.800

Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* terjadi saat kondisi sistem penambatan *between line*. Pada saat kondisi *ballast hose* 1 dan dan *hose* 2 pada sistem penambatan *between line* memiliki nilai *min. bend radius* yang sama, yaitu 3.800 m. Sedangkan saat kondisi *full load min. bend radius* terjadi pada *hose* 2, sebesar 3.802m. Nilai *min. bend radius* yang terjadi ini masih aman karena masih berada di atas dari batas minimal yang diizinkan yaitu 1 m.

Selanjutnya untuk konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^0$  dapat dilihat pada Gambar 4.23.



**Gambar 4.23** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $45^0$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^0$  dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 45<sup>0</sup>*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	21.829	22.426	12.66	12.32
	Hose 2	22.107	22.460	12.50	12.30
Ballast	Hose 1	22.235	22.746	12.43	12.15
	Hose 2	22.243	22.766	12.42	12.14

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi *ballast*. Baik pada kondisi *in line* maupun *between line* dengan nilai sebesar 22.460 kN dan 22.766 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

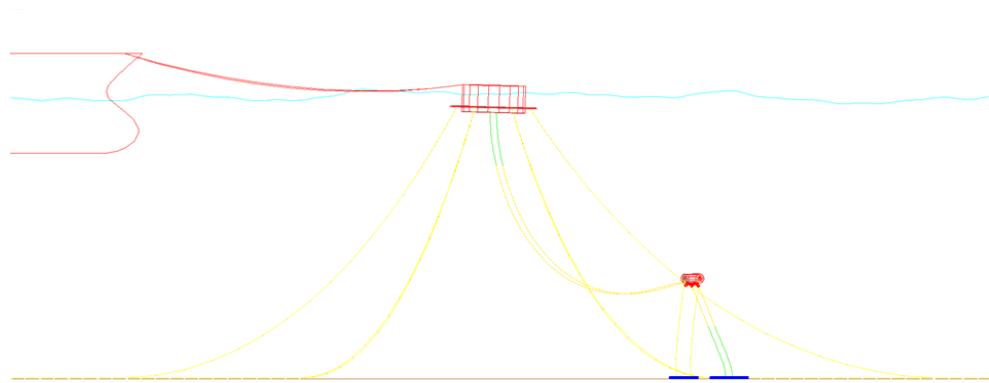
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead 45<sup>0</sup>* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 45<sup>0</sup>*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.727	3.667
	Hose 2	3.699	3.664
Ballast	Hose 1	3.687	3.635
	Hose 2	3.686	3.633

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 3.664 m dan 3.633 m. *Bend radius* terkecil yang terjadi masih aman karena masih berada di atas dari besar *min. bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Selanjutnya untuk konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead 30<sup>0</sup>* dapat dilihat pada Gambar 4.24.



**Gambar 4.24** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada Kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**Tabel 4.12** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	<i>Subsea Hose</i>	<i>Max. Hose Tension (kN)</i>		<i>Safety Factor</i>	
		<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>	<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>
<i>Full Load</i>	<i>Hose 1</i>	23.902	24.852	11.56	11.12
	<i>Hose 2</i>	23.999	24.960	11.51	11.07
<i>Ballast</i>	<i>Hose 1</i>	24.195	25.623	11.42	10.78
	<i>Hose 2</i>	24.304	25.638	11.37	10.78

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 24.960 kN dan 25.638 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.13.

**Tabel 4.13** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 35 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	<i>Subsea Hose</i>	<i>Min. Bend Radius (m)</i>	
		<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>
<i>Full Load</i>	<i>Hose 1</i>	3.520	3.425
	<i>Hose 2</i>	3.510	3.414
<i>Ballast</i>	<i>Hose 1</i>	3.491	3.348
	<i>Hose 2</i>	3.480	3.346

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 3.414 m dan 3.346 m. *Bend radius* terkecil yang terjadi masih aman karena masih berada di atas dari besar *min. bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

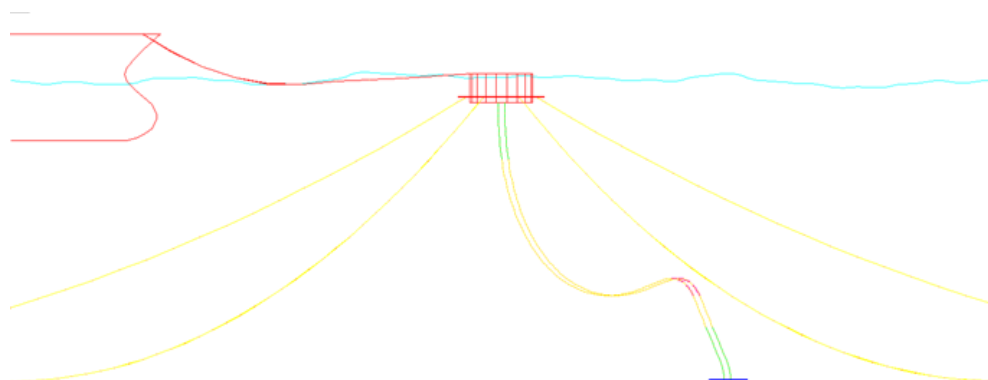
Mengingat adanya penggunaan *theter* pada penggunaan *subsea buoy* pada kedalaman 35m, maka untuk *tension* dari *theter* tersebut dapat dikeathui pada Tabel 4.14.

**Tabel 4. 14** *Tension* pada *Theter* untuk Penggunaan *Subsea Buoy* pada kedalaman 35m

Sudut Tali Tambat pada <i>Fairlead</i>	Kondisi Muatan FSO	<i>Theter</i>	<i>Theter Tension (kN)</i>	
			<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>
60	<i>Full Load</i>	<i>Theter 1</i>	14.530	18.262
		<i>Theter 2</i>	14.987	18.685
	<i>Ballast</i>	<i>Theter 1</i>	15.048	18.740
		<i>Theter 2</i>	15.457	19.162
45	<i>Full Load</i>	<i>Theter 1</i>	17.068	20.736
		<i>Theter 2</i>	17.405	21.285
	<i>Ballast</i>	<i>Theter 1</i>	17.456	21.394
		<i>Theter 2</i>	17.882	21.808
30	<i>Full Load</i>	<i>Theter 1</i>	18.248	22.836
		<i>Theter 2</i>	18.657	23.313
	<i>Ballast</i>	<i>Theter 1</i>	18.730	23.359
		<i>Theter 2</i>	19.187	23.813

#### 4.4.2 *Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules*

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan 8 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 60<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.25



**Gambar 4.25** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 60<sup>0</sup>



Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan 8 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.15

**Tabel 4.15** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	19.669	20.243	14.05	13.65
	Hose 2	19.677	20.242	14.04	13.65
Ballast	Hose 1	19.694	20.312	14.03	13.60
	Hose 2	19.755	20.312	13.99	13.60

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah saat sistem penambatan *between line*. Pada saat kondisi *ballast*, *hose tension* terbesar pada terjadi pada *hose 1* dan *hose 2* dengan nilai yang sama yaitu 20.312 kN. Sedangkan saat kondisi *full load*, *max. hose tension* terjadi pada *hose 1* dengan nilai 20.243 kN. *Hose tension* terbesar yang terjadi masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

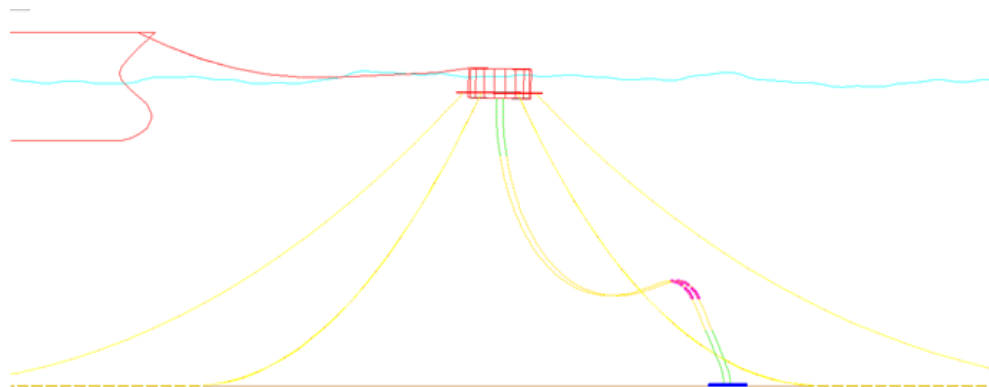
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan 8 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 60<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.27.

**Tabel 4.16** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 60<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.943	3.886
	Hose 2	3.942	3.886
Ballast	Hose 1	3.941	3.879
	Hose 2	3.935	3.879

Berdasarkan Tabel 4.16 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* terjadi saat kondisi sistem penambatan *between line*. *Hose 1* dan *hose 2* pada sistem penambatan *between line* memiliki nilai *min. bend radius* yang sama, yaitu 3.886 m untuk kondisi *full load* dan 3.879 m untuk kondisi *ballast*. Nilai *min. bend radius* yang terjadi ini masih aman karena masih berada di atas dari batas minimal yang diizinkan yaitu 1 m.

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan 8 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.26



**Gambar 4.26** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45°

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *buoyancy modules* sebanyak 8 buah dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45° dapat dilihat pada Tabel 4.17

**Tabel 4.17** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45°

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	21.267	21.940	12.99	12.59
	Hose 2	21.683	21.949	12.74	12.59
Ballast	Hose 1	21.394	22.272	12.91	12.41
	Hose 2	21.740	22.277	12.71	12.40

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 21.949 kN dan 22.277 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

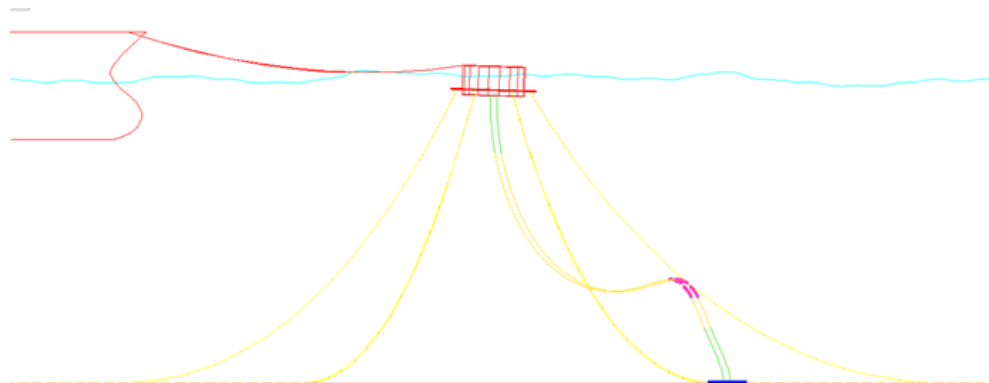
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan 8 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45° dapat dilihat pada Tabel 4.18.

**Tabel 4.18** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45°

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.783	3.715
	Hose 2	3.742	3.715
Ballast	Hose 1	3.771	3.683
	Hose 2	3.736	3.682

Berdasarkan Tabel 4.18 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 3.715 m dan 3.682 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *buoyancy modules* sebanyak 8 buah dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^0$  dapat dilihat pada Gambar 4.27



**Gambar 4.27** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $30^0$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *buoyancy modules* sebanyak 8 buah dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^0$  dapat dilihat pada Tabel 4.19

**Tabel 4.19** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $30^0$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	23.262	24.018	11.88	11.50
	Hose 2	23.309	24.022	11.85	11.50
Ballast	Hose 1	23.732	25.263	11.64	10.94
	Hose 2	23.838	25.277	11.59	10.93

Berdasarkan Tabel 4.19 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 24.022 kN dan 25.277 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *buoyancy modules* sebanyak 8 buah dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^0$  dapat dilihat pada Tabel 4.20.

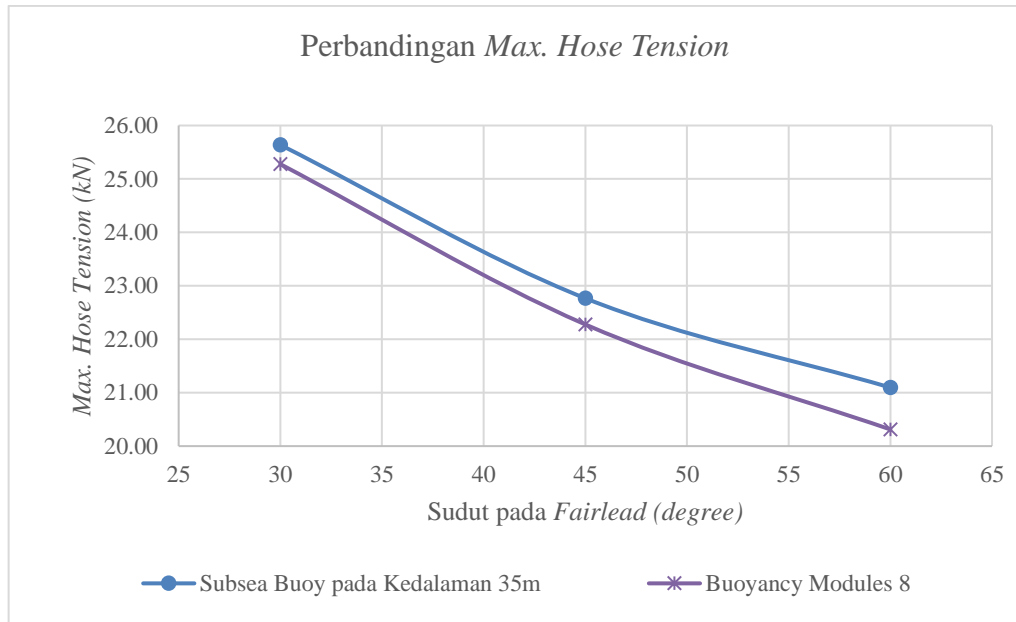
**Tabel 4.20** Hasil Analisis *Min.Bend Radius Subsea Hose* dengan 8 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $30^0$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.584	3.508
	Hose 2	3.579	3.508
Ballast	Hose 1	3.537	3.384
	Hose 2	3.526	3.382

Berdasarkan Tabel 4.20 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* terjadi saat kondisi sistem penambatan *between line*. Pada saat kondisi *full load hose 1* dan *hose 2* pada sistem penambatan *between line* memiliki nilai *min. bend radius* yang sama, yaitu 3.508 m. Sedangkan saat kondisi *ballast min. bend radius* terjadi pada *hose 2*, sebesar 3.382m. Nilai *min. bend radius* yang terjadi ini masih aman karena masih berada di atas dari batas minimal yang diizinkan yaitu 1 m.

#### 4.4.3 Perbandingan Pengaruh Penggunaan *Subsea Buoy* dengan *Buoyancy Modules* terhadap *Max. Hose Tension* dan *Min. Bend Radius* pada *Subsea Hose*

Setelah melakukan analisis *tension* dan *bend radius* terhadap penggunaan *subsea buoy* pada kedalaman 35m dan *buoyancy modules* 8 pada *subsea hose*, selanjutnya akan dilakukan perbandingan pengaruh penggunaan keduanya pada *subsea hose*. Perbandingan pengaruh penggunaan *subsea buoy* dengan *buoyancy modules* terhadap *max. hose tension* dan *min. bend radius* pada *subsea hose* dapat dilihat pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29.



**Gambar 4.28** Grafik Perbandingan *Max. Hose Tension* antara Penggunaan *Subsea Buoy* dengan *Buoyancy Modules*



**Gambar 4.29** Grafik Perbandingan *Min. Bend Radius* antara Penggunaan *Subsea Buoy* dengan *Buoyancy Modules*

Berdasarkan Gambar 4.28 dapat diketahui penggunaan *subsea buoy* memberikan *tension* lebih besar pada *subsea hose* dibandingkan dengan penggunaan *buoyancy modules*. Presentase perbedaan *tension* yang terjadi antara keduanya adalah 1-3%.

Berdasarkan Gambar 4.29 dapat diketahui penggunaan *subsea buoy* memberikan *bend radius* yang lebih kecil pada *subsea hose* dibandingkan dengan

penggunaan *buoyancy modules*. Presentase perbedaan *bend radius* yang terjadi antara keduanya adalah 1-2%.

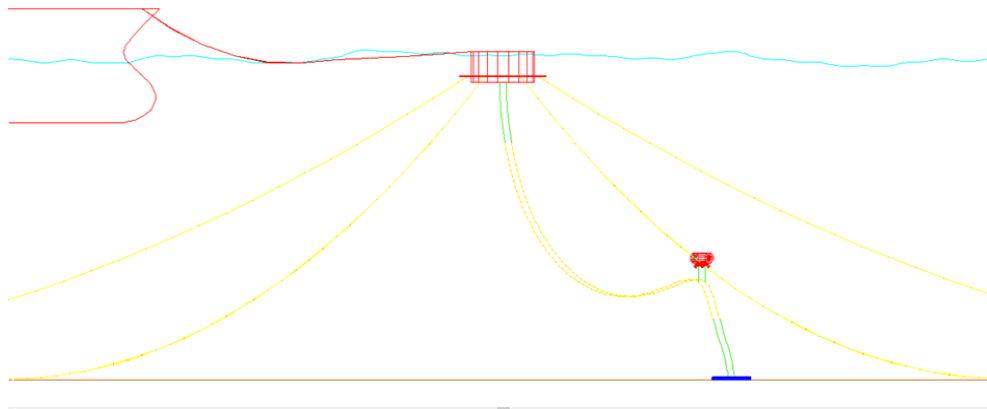
Berdasarkan Gambar 4.28 dan 4.29 dapat diketahui juga dengan semakin besarnya *hose tension* yang terjadi maka *bend radius* yang terjadi akan semakin kecil.

#### 4.5 Pengaruh Perubahan Posisi *Subsea Buoy* dan Jumlah *Buoyancy Modules* terhadap *Max. Hose Tension* dan *Min. Bend Radius* pada *Subsea Hose*

Setelah melihat pengaruh penggunaan *subsea buoy* dan *buoyancy modules* pada *subsea hose*, selanjutnya akan dilihat pengaruh dari perubahan posisi peletakan *subsea buoy* yaitu pada kedalaman 34m, kedalaman 25m dan pada permukaan, serta pengaruh perubahan jumlah *buoyancy modules*, yaitu dengan 10 buah dan 12 buah.

##### 4.5.1 *Subsea Hose* dengan *Subseay Buoy* pada Kedalaman 34 m

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^{\circ}$  dapat dilihat pada Gambar 4.30.



**Gambar 4.30** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subseay Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.21.

**Tabel 4.21** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 60°*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	28.709	29.715	9.62	9.30
	Hose 2	29.179	29.755	9.47	9.29
Ballast	Hose 1	28.776	29.923	9.60	9.23
	Hose 2	29.316	29.963	9.42	9.22

Berdasarkan Tabel 4.21 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 29.755 kN dan 29.963 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

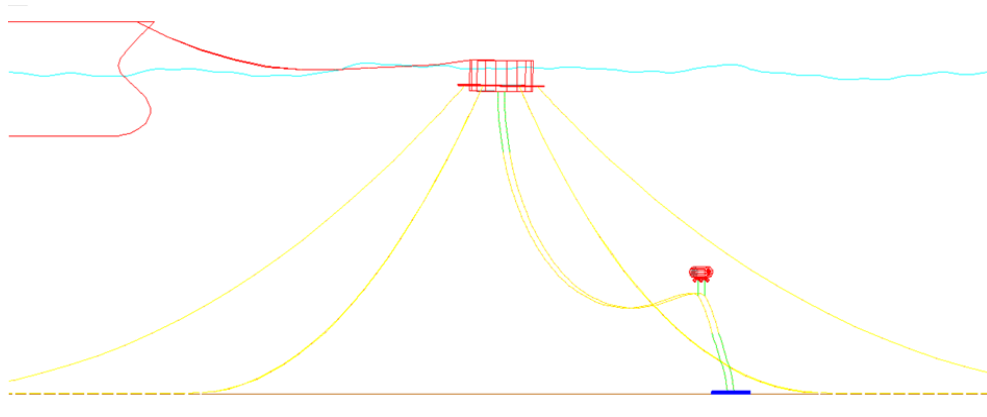
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead 60°* dapat dilihat pada Tabel 4.22.

**Tabel 4.22** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 60°*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.039	2.939
	Hose 2	2.992	2.935
Ballast	Hose 1	3.032	2.918
	Hose 2	2.978	2.914

Berdasarkan Tabel 4.22 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 2.914 m dan 2.935 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead 45°* dapat dilihat pada Gambar 4.31.



**Gambar 4.31** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45<sup>0</sup>

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.23.

**Tabel 4.23** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	29.685	30.401	9.31	9.09
	Hose 2	29.989	30.512	9.21	9.06
Ballast	Hose 1	30.027	30.591	9.20	9.03
	Hose 2	30.246	30.639	9.14	9.02

Berdasarkan Tabel 4.23 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 30.512 kN dan 30.639 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.24

**Tabel 4.24** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45<sup>0</sup>

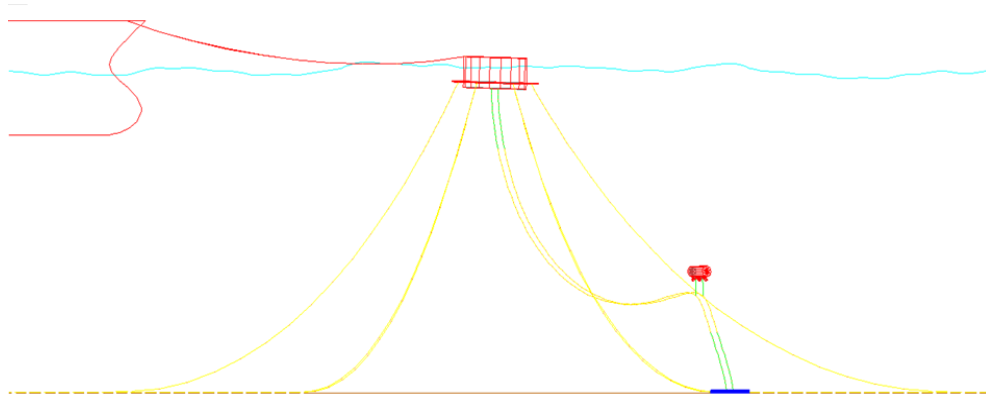
Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	2.942	2.870
	Hose 2	2.911	2.859



Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Ballast	Hose 1	2.907	2.851
	Hose 2	2.885	2.846

Berdasarkan Tabel 4.24 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 2.859 m dan 2.846 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.32



**Gambar 4.32** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.25

**Tabel 4.25** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	32.686	33.585	8.45	8.23
	Hose 2	33.290	34.263	8.30	8.06
Ballast	Hose 1	32.933	34.286	8.39	8.06
	Hose 2	33.685	34.345	8.20	8.04

Berdasarkan Tabel 4.25 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 34.263 kN dan 34.345 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 34 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^0$  dapat dilihat pada Tabel 4.26

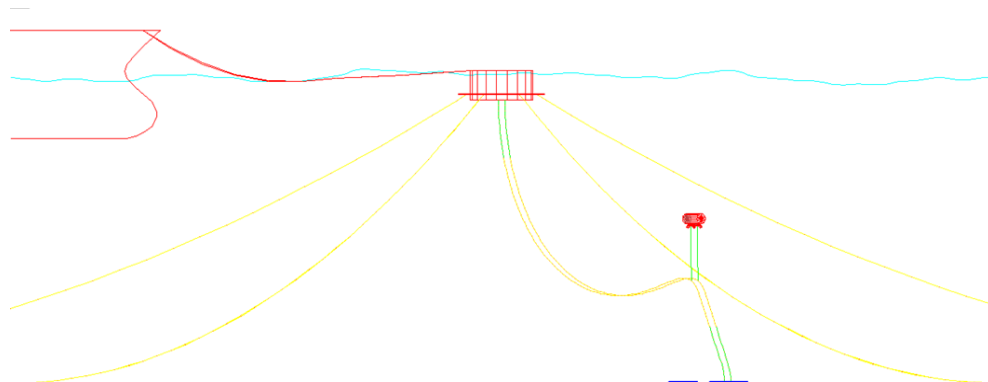
**Tabel 4.26** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 34 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $30^0$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	2.641	2.552
	Hose 2	2.581	2.482
Ballast	Hose 1	2.617	2.481
	Hose 2	2.542	2.476

Berdasarkan Tabel 4.26 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 2.482 m dan 2.476 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

#### 4.5.2 Subsea Hose dengan Subseay Buoy pada Kedalaman 25 m

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^0$  dapat dilihat pada Gambar 4.33.



**Gambar 4.33** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subseay Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^0$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 60<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.27.

**Tabel 4.27** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 60<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	29.233	30.239	9.45	9.14
	Hose 2	29.789	30.364	9.28	9.10
Ballast	Hose 1	29.375	30.459	9.41	9.07
	Hose 2	29.812	30.522	9.27	9.05

Berdasarkan Tabel 4.27 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 30.364 kN dan 30.522 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

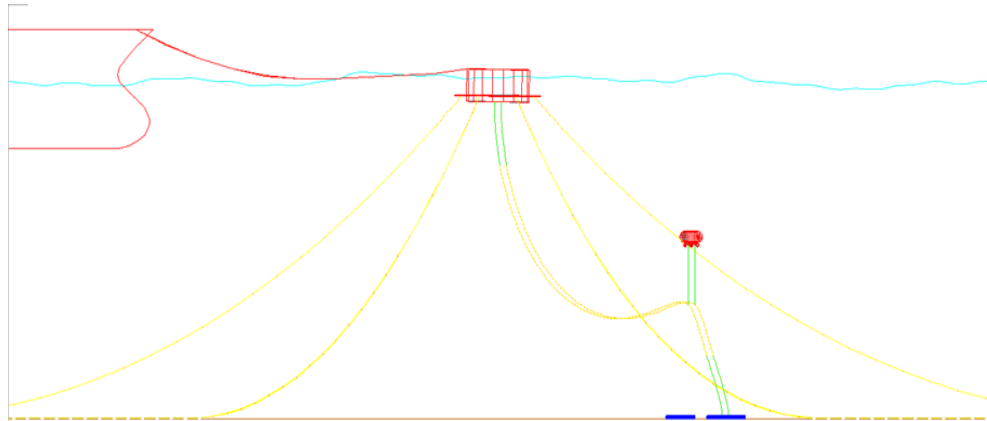
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 60<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.28.

**Tabel 4.28** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 60<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	2.987	2.886
	Hose 2	2.931	2.874
Ballast	Hose 1	2.973	2.864
	Hose 2	2.930	2.858

Berdasarkan Tabel 4.28 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 2.874 m dan 2.858 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^{\circ}$  dapat dilihat pada Gambar 4.34.



**Gambar 4.34** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $45^{\circ}$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada Kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.29.

**Tabel 4.29** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $45^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	30.342	31.085	9.11	8.89
	Hose 2	30.781	31.245	8.98	8.84
Ballast	Hose 1	30.743	31.730	8.99	8.71
	Hose 2	30.916	31.767	8.94	8.70

Berdasarkan Tabel 4.29 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 31.245 kN dan 31.767 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

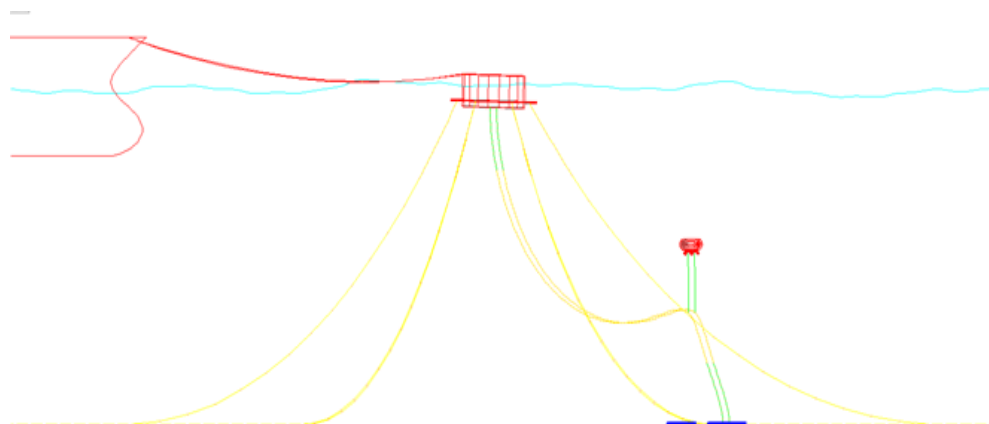
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.30.

**Tabel 4.30** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 45°*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	2.876	2.802
	Hose 2	2.832	2.786
Ballast	Hose 1	2.836	2.737
	Hose 2	2.818	2.733

Berdasarkan Tabel 4.30 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 2.786 m dan 2.733 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead 30°* dapat dilihat pada Gambar 4.36



**Gambar 4.35** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 30°*

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead 30°* dapat dilihat pada Tabel 4.31

**Tabel 4.31** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 30°*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	33.134	33.965	8.34	8.13
	Hose 2	33.036	34.026	8.36	8.12

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Ballast	Hose 1	33.623	34.632	8.22	7.98
	Hose 2	33.796	34.670	8.18	7.97

Berdasarkan Tabel 4.31 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 34.026 kN dan 34.670 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada kedalaman 25 m dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.32

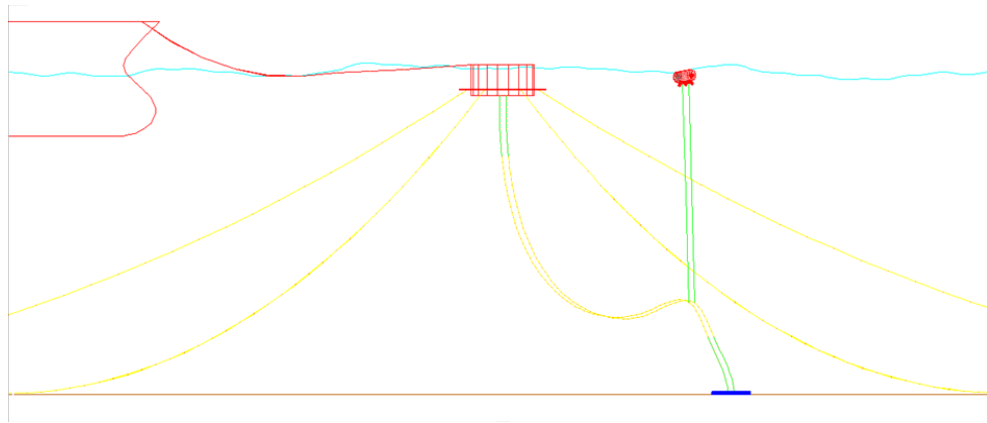
**Tabel 4.32** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Kedalaman 25 m dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	2.597	2.514
	Hose 2	2.606	2.507
Ballast	Hose 1	2.548	2.447
	Hose 2	2.530	2.443

Berdasarkan Tabel 4.32 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 2.507 m dan 2.443 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

#### 4.5.3 Subsea Hose dengan Subsea Buoy pada Permukaan

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead* 60<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.36



**Gambar 4.36** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.33

**Tabel 4.33** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	73.195	68.013	3.77	4.06
	Hose 2	76.537	68.135	3.61	4.06
Ballast	Hose 1	73.784	68.090	3.74	4.06
	Hose 2	76.905	68.172	3.59	4.05

Berdasarkan Tabel 4.33 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *in line*, hal ini berdeda dengan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m dan 34 m dimana *tension* paling besar terjadi saat kondisi sistem penambatan *between line*. Hal ini disebabkan karena pergerakan *subsea buoy* saat kondisi *in line* lebih besar dibandingkan saat kondisi *between line*. *Hose tension* paling besar pada kondisi *full load* dan *ballast* adalah 76.537 kN dan 76.905 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

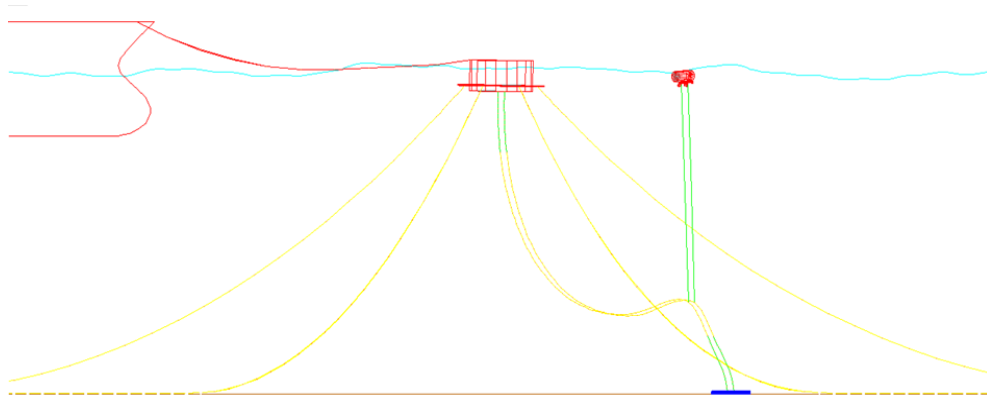
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.34

**Tabel 4.34** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 60°

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	1.594	1.711
	Hose 2	1.478	1.708
Ballast	Hose 1	1.519	1.716
	Hose 2	1.468	1.705

Berdasarkan Tabel 4.34 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *in line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 1.478 m dan 1.468 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45° dapat dilihat pada Gambar 4.37.



**Gambar 4.37** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45°

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45° dapat dilihat pada Tabel 4.35.

**Tabel 4.35** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45°

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	74.043	67.719	3.73	4.08
	Hose 2	77.879	67.800	3.55	4.08
Ballast	Hose 1	74.226	69.709	3.72	3.96
	Hose 2	78.282	69.742	3.53	3.96



Berdasarkan Tabel 4.35 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *in line*. *Hose tension* paling besar pada kondisi *full load* dan *ballast* adalah 77.879 kN dan 78.282 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

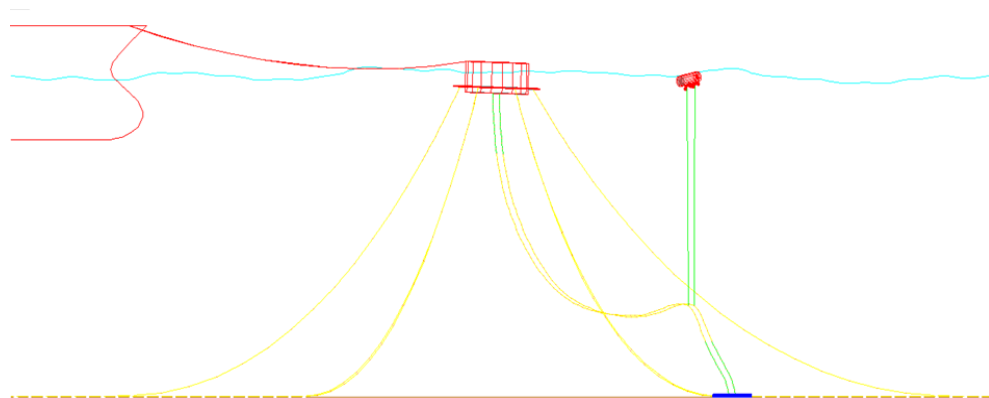
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *Subsea Buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.36

**Tabel 4.36** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	1.461	1.800
	Hose 2	1.370	1.798
Ballast	Hose 1	1.445	1.686
	Hose 2	1.349	1.666

Berdasarkan Tabel 4.36 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *in line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 1.370 m dan 1.349 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Selanjutnya untuk konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan *subsea buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.38



**Gambar 4.38** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan *Subsea Buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.37.

**Tabel 4.37** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 30°*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	74.983	66.983	3.68	4.12
	Hose 2	78.119	67.029	3.54	4.12
Ballast	Hose 1	76.509	67.665	3.61	4.08
	Hose 2	79.449	67.708	3.48	4.08

Berdasarkan Tabel 4.37 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *in line*. *Hose tension* paling besar pada kondisi *full load* dan *ballast* adalah 78.119 kN dan 79.449kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan *subsea buoy* pada permukaan dan sudut tali tambat pada *fairlead 30°* dapat dilihat pada Tabel 4.38

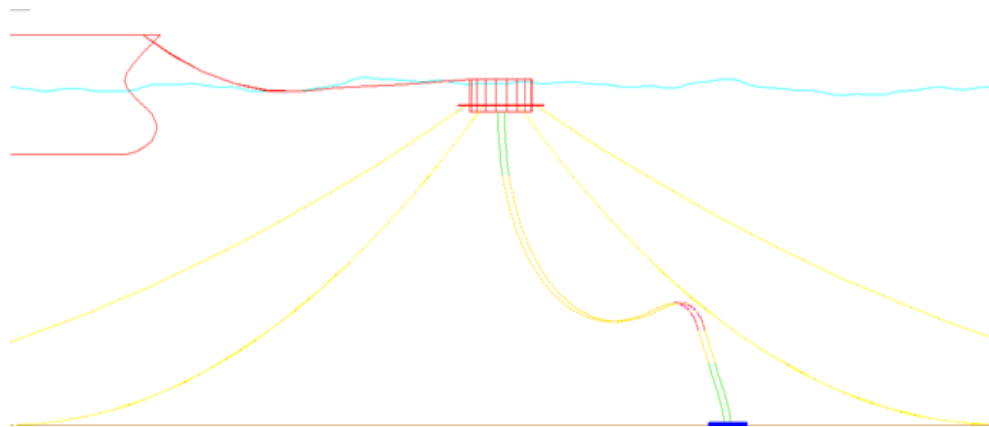
**Tabel 4.38** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan *Subsea Buoy* pada Permukaan dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 30°*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	1.402	1.886
	Hose 2	1.346	1.876
Ballast	Hose 1	1.295	1.860
	Hose 2	1.226	1.859

Berdasarkan Tabel 4.38 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *in line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 1.346 m dan 1.226 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

#### 4.5.4 Subsea Hose dengan 10 Buoyancy Modules

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead 60°* dapat dilihat pada Gambar 4.39



**Gambar 4.39** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.39.

**Tabel 4.39** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	<i>Subsea Hose</i>	<i>Max. Hose Tension (kN)</i>		<i>Safety Factor</i>	
		<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>	<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>
<i>Full Load</i>	<i>Hose 1</i>	19.425	20.028	14.22	13.80
	<i>Hose 2</i>	19.430	20.026	14.22	13.80
<i>Ballast</i>	<i>Hose 1</i>	19.430	20.080	14.22	13.76
	<i>Hose 2</i>	19.495	20.080	14.17	13.76

Berdasarkan Tabel 4.39 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah saat sistem penambatan *between line*. Pada saat kondisi *full load*, *hose tension* terbesar pada terjadi pada *hose 2* dengan nilai sebesar 20.026 kN. Sedangkan saat kondisi *ballast*, *hose 1* dan *hose 2* memiliki nilai *max. hose tension* yang sama yaitu 20.080 kN. *Hose tension* terbesar yang terjadi masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.40.

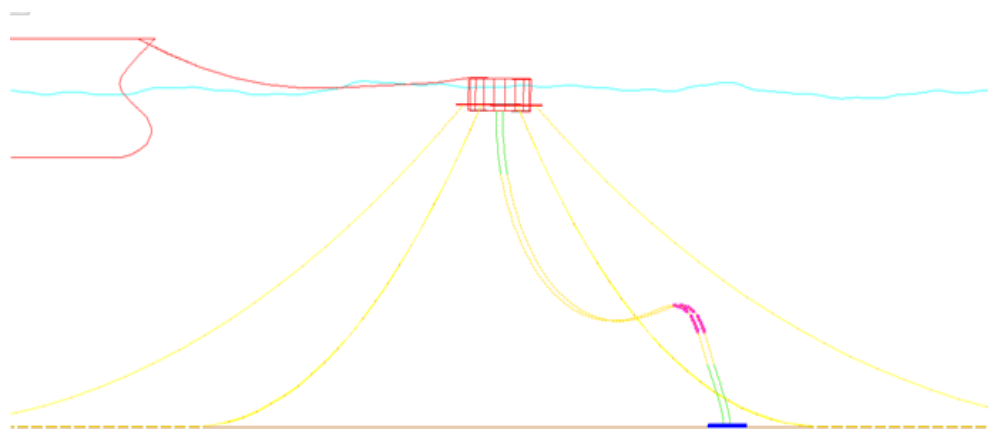
**Tabel 4.40** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	<i>Subsea Hose</i>	<i>Min. Bend Radius (m)</i>	
		<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>
<i>Full Load</i>	<i>Hose 1</i>	3.968	3.907
	<i>Hose 2</i>	3.967	3.907

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Ballast	Hose 1	3.967	3.902
	Hose 2	3.939	3.902

Berdasarkan Tabel 4.40 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* terjadi saat kondisi sistem penambatan *between line*. *Hose 1* dan *hose 2* pada sistem penambatan *between line* memiliki nilai *min. bend radius* yang sama, yaitu 3.907 m untuk kondisi *full load* dan 3.902 m untuk kondisi *ballast*. Nilai *min. bend radius* yang terjadi ini masih aman karena masih berada di atas dari batas minimal yang diizinkan yaitu 1 m.

Selanjutnya untuk konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.40



**Gambar 4.40** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45<sup>0</sup>

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 45<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.41

**Tabel 4.41** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 45<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	20.904	21.537	13.22	12.83
	Hose 2	21.321	21.540	12.96	12.83
Ballast	Hose 1	21.256	21.998	13.00	12.56
	Hose 2	21.371	22.004	12.93	12.56

Berdasarkan Tabel 4.41 bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 21.540 kN dan 22.004 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

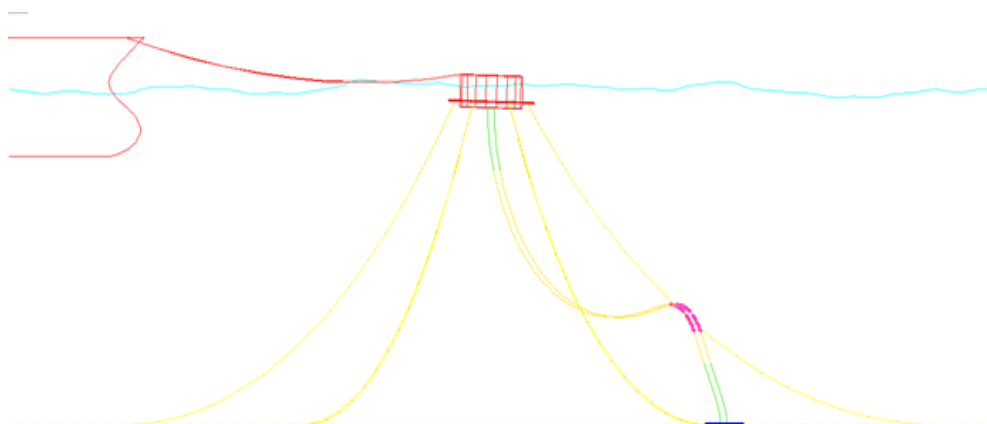
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.42.

**Tabel 4.42** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $45^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.820	3.756
	Hose 2	3.778	3.756
Ballast	Hose 1	3.784	3.710
	Hose 2	3.773	3.710

Berdasarkan Tabel 4.42 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* terjadi saat kondisi sistem penambatan *between line*. *Hose 1* dan *hose 2* pada sistem penambatan *between line* memiliki nilai *min. bend radius* yang sama, yaitu 3.756 m untuk kondisi *full load* dan 3.710 m untuk kondisi *ballast*. Nilai *min. bend radius* yang terjadi ini masih aman karena masih berada di atas dari batas minimal yang diizinkan yaitu 1 m.

Selanjutnya untuk konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^{\circ}$  dapat dilihat pada Gambar 4.41



**Gambar 4.41** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $30^{\circ}$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.43.

**Tabel 4.43** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	23.096	24.471	11.96	11.29
	Hose 2	23.255	24.475	11.88	11.29
Ballast	Hose 1	23.636	25.038	11.69	11.04
	Hose 2	23.744	25.053	11.64	11.03

Berdasarkan Tabel 4.43 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 24.475 kN dan 25.053 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan 10 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 30<sup>0</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.44.

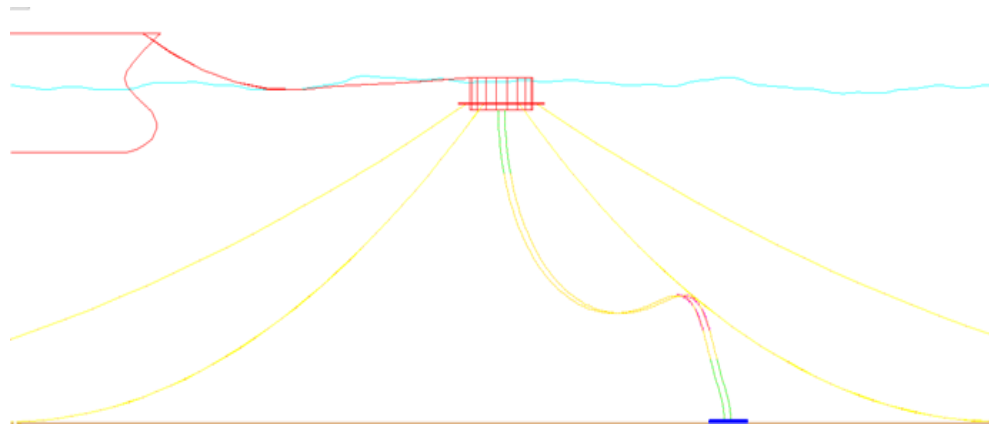
**Tabel 4.44** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan 10 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead* 30<sup>0</sup>

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.600	3.463
	Hose 2	3.585	3.463
Ballast	Hose 1	3.546	3.406
	Hose 2	3.536	3.405

Berdasarkan Tabel 4.44 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah saat sistem penambatan *between line*. Pada saat kondisi *full load*, *hose 1* dan *hose 2* memiliki nilai *bend radius* terkecil yang sama yaitu 3.463 m. Sedangkan saat kondisi *ballast*, *min. bend radius* terjadi pada *hose 2* yaitu 3.405 m. *Bend radius terkecil* yang terjadi masih aman karena masih berada di atas dari besar *min. bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

#### 4.5.5 Subsea Hose dengan 12 Buoyancy Modules

Konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead* 60<sup>0</sup> dapat dilihat pada Gambar 4.42



**Gambar 4.42** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 12 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.45

**Tabel 4.45** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 12 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	<i>Subsea Hose</i>	<i>Max. Hose Tension (kN)</i>		<i>Safety Factor</i>	
		<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>	<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>
<i>Full Load</i>	<i>Hose 1</i>	19.266	19.816	14.34	13.94
	<i>Hose 2</i>	19.296	19.817	14.32	13.94
<i>Ballast</i>	<i>Hose 1</i>	19.331	19.875	14.29	13.90
	<i>Hose 2</i>	19.405	19.876	14.24	13.90

Berdasarkan Tabel 4.45 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 19.817 kN dan 19.876 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

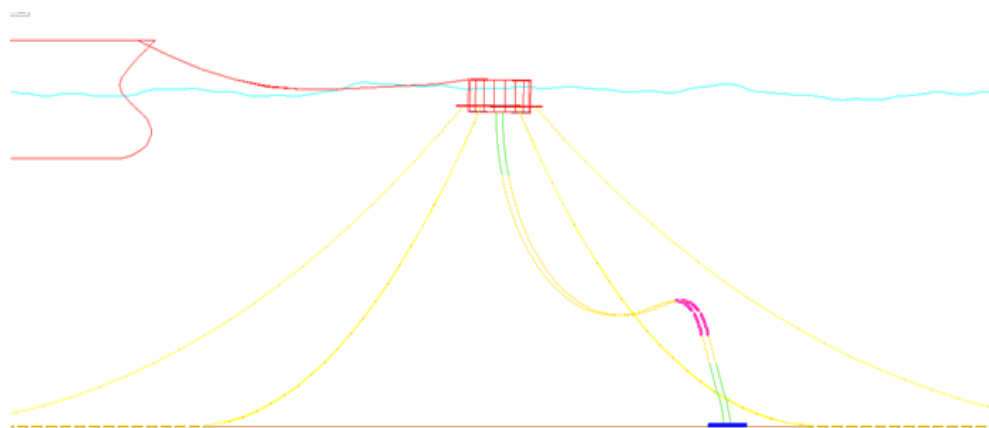
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $60^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.46.

**Tabel 4.46** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan 12 *buoyancy modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $60^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	<i>Subsea Hose</i>	<i>Min. Bend Radius (m)</i>	
		<i>In Line</i>	<i>Between Line</i>
<i>Full Load</i>	<i>Hose 1</i>	3.983	3.928
	<i>Hose 2</i>	3.980	3.928
<i>Ballast</i>	<i>Hose 1</i>	3.977	3.922
	<i>Hose 2</i>	3.970	3.922

Berdasarkan Tabel 4.46 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* terjadi saat kondisi sistem penambatan *between line*. *Hose 1* dan *hose 2* pada sistem penambatan *between line* memiliki nilai *min. bend radius* yang sama, yaitu 3.928 m untuk kondisi *full load* dan 3.922 m untuk kondisi *ballast*. Nilai *min. bend radius* yang terjadi ini masih aman karena masih berada di atas dari batas minimal yang diizinkan yaitu 1 m.

Selanjutnya untuk konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^{\circ}$  dapat dilihat pada Gambar 4.43.



**Gambar 4.43** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 12 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $45^{\circ}$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.47

**Tabel 4.47** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 12 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $45^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	20.750	21.373	13.32	12.93
	Hose 2	20.962	21.382	13.18	12.92
Ballast	Hose 1	21.143	21.736	13.07	12.71
	Hose 2	21.351	21.741	12.94	12.71

Berdasarkan Tabel 4.47 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 21.382 kN dan 21.741 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.



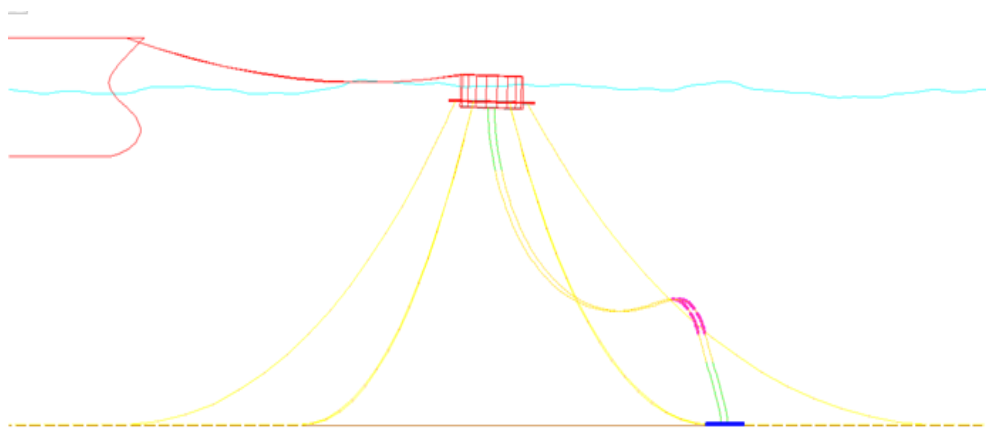
Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $45^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.48.

**Tabel 4.48** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan 12 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $45^{\circ}$

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.835	3.773
	Hose 2	3.814	3.772
Ballast	Hose 1	3.796	3.736
	Hose 2	3.775	3.736

Berdasarkan Tabel 4.48 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah saat sistem penambatan *between line*. Pada saat kondisi *ballast*, *hose 1* dan *hose 2* memiliki nilai *bend radius* terkecil yang sama yaitu 3.736 m. Sedangkan saat kondisi *ballast*, *min. bend radius* terjadi pada *hose 2* yaitu 3.772 m. *Bend radius terkecil* yang terjadi masih aman karena masih berada di atas dari besar *min. bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

Selanjutnya untuk konfigurasi *subsea hose* dengan menggunakan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^{\circ}$  dapat dilihat pada Gambar 4.44



**Gambar 4.44** Konfigurasi *Subsea Hose* dengan 12 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead*  $30^{\circ}$

Hasil analisis *max. hose tension* dari *subsea hose* dengan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^{\circ}$  dapat dilihat pada Tabel 4.49

**Tabel 4.49** Hasil Analisis *Max. Hose Tension Subsea Hose* dengan 12 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 30<sup>0</sup>*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Max. Hose Tension (kN)		Safety Factor	
		In Line	Between Line	In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	22.444	24.255	12.31	11.39
	Hose 2	22.508	24.274	12.28	11.38
Ballast	Hose 1	23.467	24.815	11.77	11.13
	Hose 2	23.579	24.834	11.72	11.13

Berdasarkan Tabel 4.49 dapat dilihat bahwa *tension* paling besar yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 24.274 kN dan 24.834 kN. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *safety factor* yang diizinkan yaitu 2.

Hasil analisis *min. bend radius* dari *subsea hose* dengan 12 *buoyancy modules* dan sudut tali tambat pada *fairlead 30<sup>0</sup>* dapat dilihat pada Tabel 4.50.

**Tabel 4.50** Hasil Analisis *Min. Bend Radius Subsea Hose* dengan 12 *Buoyancy Modules* dan Sudut Tali Tambat pada *Fairlead 30<sup>0</sup>*

Kondisi Muatan FSO	Subsea Hose	Min. Bend Radius (m)	
		In Line	Between Line
Full Load	Hose 1	3.666	3.485
	Hose 2	3.659	3.483
Ballast	Hose 1	3.563	3.429
	Hose 2	3.552	3.427

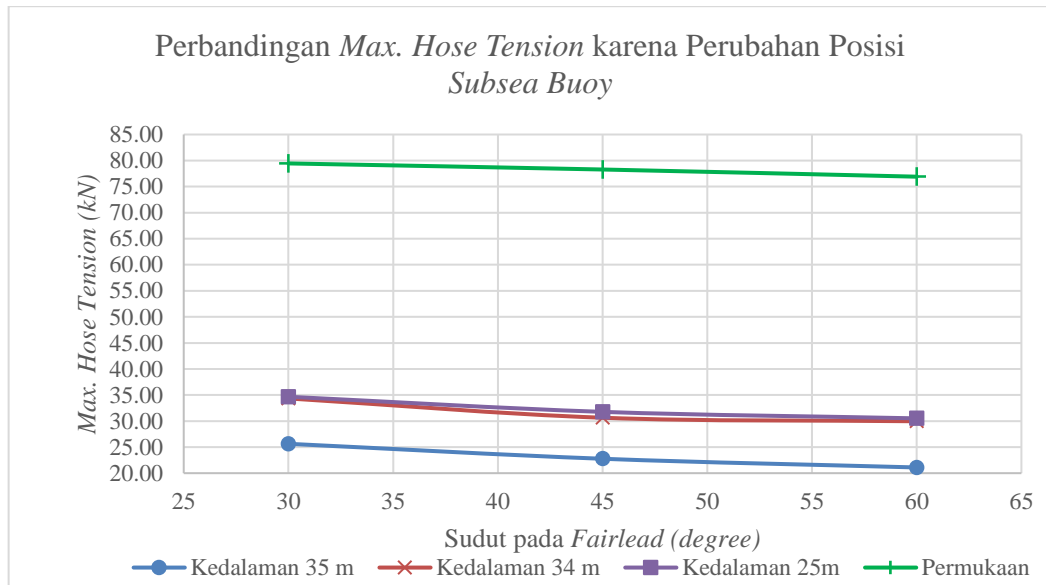
Berdasarkan Tabel 4.50 dapat dilihat bahwa *bend radius* paling kecil yang terjadi pada *subsea hose* adalah pada *hose 2* pada kondisi sistem penambatan *between line*. Baik pada kondisi *full load* maupun *ballast* dengan nilai sebesar 3.483 m dan 3.427 m. Nilai ini masih aman karena masih berada di atas dari besar *bend radius* yang diizinkan yaitu 1 m.

#### 4.5.5 Perbandingan *Max. Hose Tension* dan *Min. Bend Radius* pada *Subsea Hose* karena Pengaruh Perubahan Posisi *Subsea Buoy* dan Jumlah *Buoyancy Modules*

Berdasarkan hasil analisis terkait perubahan posisi *subsea buoy* dan jumlah *buoyancy modules* dapat diketahui *max. hose tension* dan *min. bend radius* pada *subsea hose* dengan beberapa variasi sudut tali tambat pada *fairlead*. Selanjutnya

akan dilakukan perbandingan pengaruh perubahan posisi *subsea buoy* dan jumlah *buoyancy modules* terhadap *tension* dan *bend radius* pada *subsea hose* dengan adanya variasi sudut tali tambat pada *fairlead*. *Max. hose tension* dan *min. bend radius* pada semua konfigurasi terjadi pada saat kondisi FSO *Ballast*.

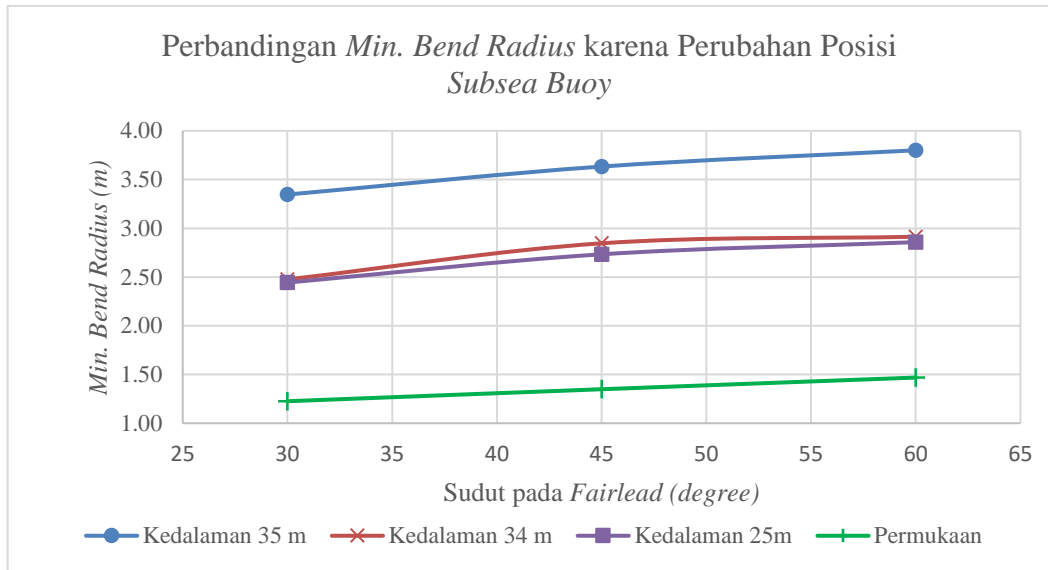
Perbandingan *max. hose tension* akibat perubahan posisi *subsea buoy* dapat dilihat pada Gambar 4.45



**Gambar 4.45** Grafik Perbandingan *Max. Hose Tension* karena Perubahan Posisi *Subsea Buoy*

Berdasarkan Gambar 4.45 dapat diketahui bahwa penggunaan *subsea buoy* pada kedalaman 35m memberikan *max. hose tension* paling kecil dibandingkan dengan penggunaan *subsea buoy* pada kedalaman 34m, 25m, dan pada permukaan. Hal ini karena pada kedalaman 35m digunakan *theter* untuk menahan posisi dari *subsea buoy*. Pada kedalaman 34m, 25m, dan pada permukaan dapat dilihat dengan berubahnya posisi dari *subsea buoy* yang semakin dekat dengan permukaan akan menambah *tension* yang terjadi pada *subsea hose*. Hal ini karena pengaruh dari pergerakan dari *subsea buoy* saat terkena gaya lingkungan. Dapat diketahui juga dengan bertambahnya sudut tali tambat pada *fairlead* akan mengurangi *tension* yang terjadi pada *subsea hose*, hal ini karena saat sudut tali tambat pada *fairlead* bertambah maka *tension* pada tali tambat akan membesar sehingga akan mengurangi pergerakan dari CALM *Buoy*.

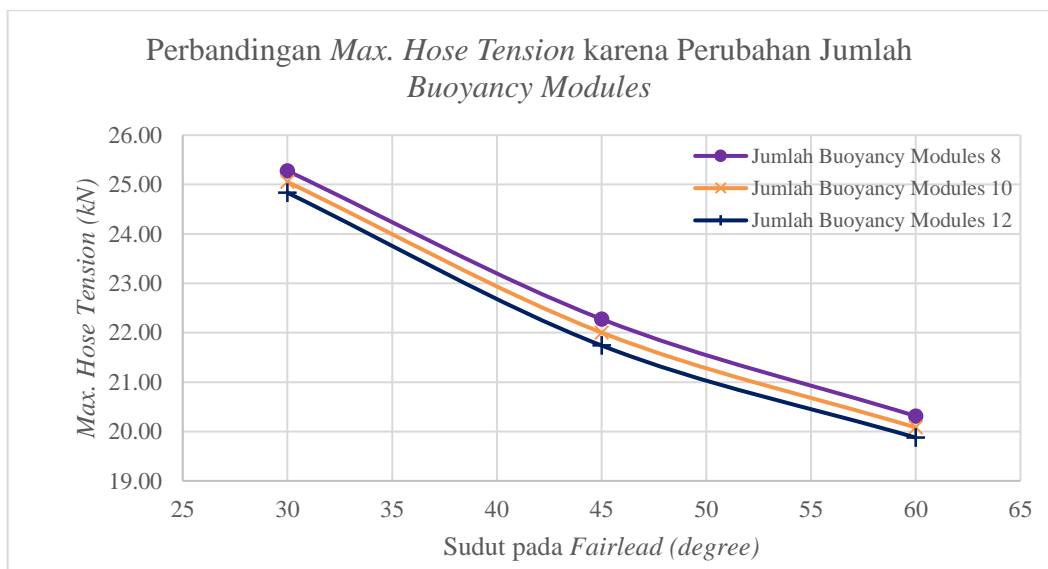
Perbandingan besar *min. bend radius* karena perubahan posisi *subsea buoy* berdasarkan variasi sudut tali tambat pada *fairlead* dapat dilihat pada Gambar 4.46



**Gambar 4.46** Grafik Perbandingan *Min. Bend Radius* karena Perubahan Posisi *Subsea Buoy*

Berdasarkan Gambar 4.46 dapat dilihat bahwa perubahan posisi dari *subsea buoy* yang semakin mendekati permukaan maka akan semakin kecil *min. bend radius* yang terjadi. Hal ini karena pengaruh dari pergerakan *subsea buoy* saat terkena gaya ligkungan. Dapat diketahui juga dengan bertambahnya sudut tali tambat pada *fairlead* akan menambah *bend radius* yang terjadi pada *subsea hose*.

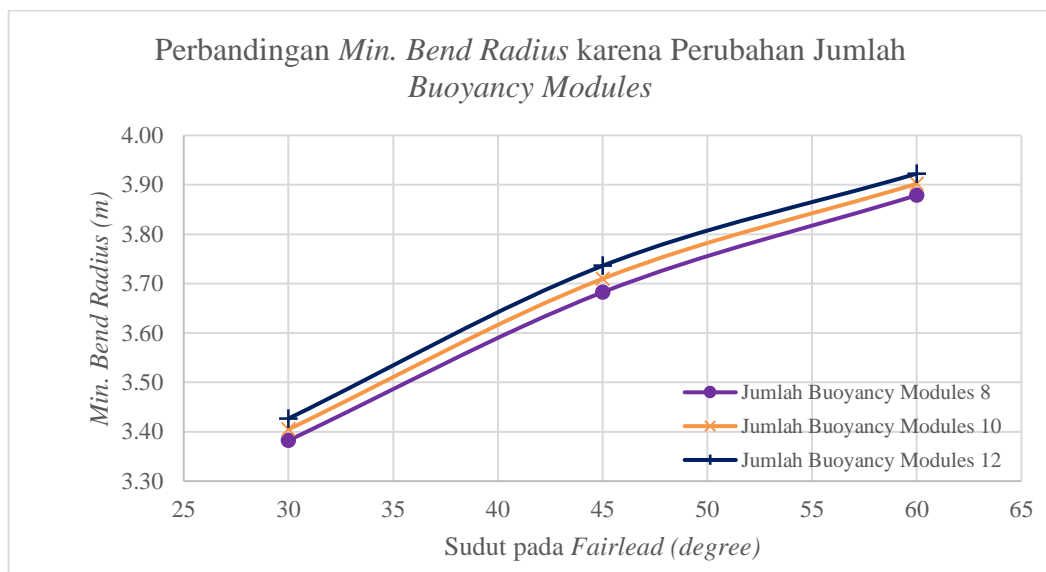
Selanjutnya untuk perbandingan *max. hose tension* karena perubahan jumlah *buoyancy modules* dapat dilihat pada Gambar 4.47



**Gambar 4.47** Grafik Perbandingan *Max. Hose Tension* karena Perubahan Jumlah *Buoyancy Modules*

Berdasarkan Gambar 4.47 dapat diketahui bahwa dengan semakin banyaknya *buoyancy modules* maka *max. hose tension* yang terjadi akan semakin mengecil. Pada penelitian ini hal tersebut disebabkan karena semakin banyak *buoyancy modules* akan memberikan gaya *buoyancy* semakin besar pula, sehingga *tension* yang di timbulkan pada *subsea hose* karena beratnya akan berkurang. Dapat diketahui juga dengan bertambahnya sudut tali tambat pada *fairlead* akan mengurangi *tension* yang terjadi pada *subsea hose*, hal ini karena pengaruh *tension* dari tali tambat tersebut.

Sedangkan untuk perbandingan besar *min. bend radius* untuk masing-masing jumlah *buoyancy modules* dapat dilihat pada Gambar 4.48



**Gambar 4.48** Grafik Perbandingan *Min. Bend Radius* karena Perubahan Jumlah *Buoyancy Modules*

Berdasarkan Gambar 4.48 dapat diketahui bahwa dengan semakin banyaknya *buoyancy modules* maka *min. bend radius* yang terjadi akan semakin besar. Dapat diketahui juga dengan bertambahnya sudut tali tambat pada *fairlead* akan menambah besarnya *bend radius* yang terjadi pada *subsea hose*, hal ini karena pengaruh *tension* dari tali tambat tersebut.

Berdasarkan Gambar 4.45 - Gambar 4.48 dapat diketahui bahwa dengan semakin besarnya *max. hose tension* yang terjadi maka *min. bend radius* yang terjadi akan semakin kecil.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada BAB IV maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yang dapat menjawab rumusan masalah pada tugas akhir ini. Berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil :

1. Pada penggunaan *subsea buoy* dengan berbagai variasi posisi peletakannya dan variasi sudut tali tambat pada *fairlead* didapatkan kesimpulan, *tension* terbesar dan *bend radius* terkecil pada *subsea hose* terjadi ketika sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^0$  . Dimana dengan penggunaan *subsea buoy* pada kedalaman 35 m mempunyai *max. hose tension* dan *min. bend radius* dengan nilai 25.638 kN dan 3.346 m terjadi pada *hose 2* pada sistem penambatan *between line* . Untuk *subsea buoy* pada kedalaman 34 m mempunyai *max. hose tension* dan *min. bend radius* dengan nilai 34.345 kN dan 2.476 m yang terjadi pada *hose 2* pada sistem penambatan *between line* . Untuk *subsea buoy* pada kedalaman 25 m mempunyai *max. hose tension* dan *min. bend radius* dengan nilai 34.670 kN dan 2.443 m yang terjadi pada *hose 2* pada sistem penambatan *between line* . Untuk *subsea buoy* pada permukaan mempunyai *max. hose tension* dan *min. bend radius* dengan nilai 79.449 kN dan 1.226 m yang terjadi pada *hose 2* pada sistem penambatan *in line* .
2. Pada penggunaan *buoyancy modules* dengan variasi jumlah dan variasi sudut tali tambat pada *fairlead* didapatkan kesimpulan, bahwa *tension* terbesar dan *bend radius* terkecil pada *subsea hose* terjadi ketika sudut tali tambat pada *fairlead*  $30^0$ , *max. hose tension* pada *min. bend radius* yang terjadi untuk semua variasi jumlah *buoyancy modules* yang dipasang terjadi pada sistem penambatan *between line* . Untuk 8 *buoyancy modules* *max. hose tension* dan *min. bend radius* terjadi pada *hose 2* dengan nilai 25.277 kN dan 3.382 m. Untuk 10 *buoyancy modules* buah *max. hose tension* dan *min. bend radius* terjadi pada *hose 2* dengan nilai 25.053 kN dan 3.405 m. Untuk 12 *buoyancy*

*modules* buah *max. hose tension* dan *min. bend radius* terjadi pada *hose 2* dengan nilai 24.834 kN dan 3.427 m.

3. Pengaruh penggunaan *subsea buoy* pada *subsea hose* diketahui bahwa posisi dari *subsea buoy* yang semakin dekat dengan permukaan akan memberikan *tension* yang semakin besar dan *bend radius* yang semakin kecil. Pengaruh penggunaan *buoyancy modules* pada *subsea hose* menunjukkan bahwa dengan semakin banyaknya *buoyancy modules* akan mengurangi *tension* dan memperbesar *bend radius* yang terjadi. Dengan semakin besarnya *tension* yang terjadi maka *bend radius* yang terjadi akan semakin kecil.

## **5.2 Saran**

Topik penelitian ini dapat dikembangkan lagi untuk penelitian berikutnya. Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya terkait topik yang sama antara lain :

1. Melakukan analisis dengan adanya beban ekstrem.
2. Melakukan analisis kelelahan pada *subsea hose*.
3. Melakukan analisis kelelahan pada tali tambat dengan pengaruh adanya *subsea hose*.

## Daftar Pustaka

- ABS. 2016. Rules for Building and Classing Mobile Offshore Drilling Units (MODU) : Houston, Texas USA: American Bureau of Shipping.
- API RP 2SK. 2005. *Recommended Practice for Design and Analysis of Station Keeping Systems for Floating Structures*. Washington, DC : American Petroleum Institute
- API RP 17A. *Recommended Practice for Design and Operation of Subsea Production Systems*. Washington, DC : American Petroleum Institute.
- Aulia, U. 2016. *Analisa Respon Dinamik CALM Buoy Serta Pengaruhnya terhadap Keamanan Subsea Hose dengan Konfigurasi Chinesee Lantern*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan. ITS. Surabaya.
- Calvert, J.C., C. Balash., S. Chai., C. Izarn., H. Morand. 2015. "Effect of Buoyancy Modules Geometry on Hydro-elastic and Hydrodynamic Performance of a Steep Wave Riser in Steady Current". *Proceedings of the ASME 2015 34th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*. OMAE2015 : 10-21
- Djarmiko, E. B. 2012. *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press.
- Hua, S. dan W. De-Yu. 2013. "Sensitivity Analysis of Buoyancy Modules Parameters of Lazy-Wave Flexible Riser". *Proceedings of the ASME 2013 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*, OMAE2013 : 7 - 14
- Mavrakos, S.A. dan J. Chatjigeorgiu. 1997. "Dynamic Behaviour of Deep Water Mooring Lines with Submerged Buoys". *Computers & Structures* 64 (1-4): 819-835
- Mustofa, J. H. B. 2017. *Analisis Tegangan Lokal Maksimum Struktur Chain Stopper pada Hexagonal Single Buoy Mooring Terhadap FSO saat Sistem Offloading* . Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan. ITS. Surabaya.
- Nallayarasu. 2015 . *Offshore Structures Analysis and Design*. Chennai: Department of Ocean Engineering, IIT Madras India.



- OCIMF.1991. *Guide to Purchasing, Manufacturing and Testing of Loading and Discharge Hoses for Offshore Moorings*. London : WITHERBY & CO. LTD.
- OCIMF.1995. *Single Point Mooring Operation and Maintenance Guide*. London : WITHERBY & CO. LTD.
- Pramudyo, G. A. 2013. *Studi Pengaruh Gerak CALM Buoy pada Sistem Tambat FSO "BROTOJOYO" dengan Variasi Pre-tension Mooring Lines terhadap Keamanan Lazy-S Riser*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan. ITS. Surabaya.
- Sabana, N.H. 2012. *Analisa Tegangan pada Yoke Arm External Turret Mooring System Floating Production Storage and Offloading (FPSO)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan. ITS. Surabaya.
- Sun, L. dan B. Qi. 2011. "Global Analysis of a Flexible Riser". *Journal of Marine Science and Application* 10(4) : 478-484.
- Suseprasetyo, N. 2013. *Analisis Pengaruh Variasi Displasemen dan Posisi Submerged Buoy terhadap Kinerja Sistem Tambat Single Point Mooring FPSO "Brotojoyo"*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan. ITS. Surabaya.
- Wijaya, W. 2015. *Studi Konfigurasi Tipe Riser Terhadap Kekuatan Riser (Studi Kasus : SPM FSO Seagood 101)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan. ITS. Surabaya.
- Xiaomin, L., G. Haiyan., M. Fengshun. 2010. "Stress Analysis of Top Tensioned Riser Under Random Waves and Vessel Motions". *Oceanic and Coastal Sea Research* 9 : 251-256

LAMPIRAN A  
DATA, GAMBAR, DAN SPESIFIKASI  
STRUKTUR

**GENERAL PARTICULARS****1.1 General**

**SHIP NAME** : GEUDONDONG  
**OWNER** : PERTAMINA SHIPPING  
**BUILDER** : COSCO SHIPYARD GROUP CO.,LTD  
**CLASSIFICATION** : NK &BKI  
**IMO NUMBER** : 8413447  
**TYPE OF SHIP** : FSO  
**FLAG** : Indonesia  
**PORT OF REGISTRY** : Jakarta  
**HULL NUMBER** : T0413

**1.2 Principal dimensions**

**LENGTH (O.A.)** : 257.00 m  
**LENGTH (B.P.)** : 232.00 m  
**BREADTH MLD** : 41.60 m  
**DEPTH MLD** : 19.70 m  
**DRAFT (DESIGN)** : 12.87 m

**LIGHTSHIP**

**WEIGHT** : 14748.18 t  
**VCG** : 12.840 m  
**LCG** : 94.600fm  
**TCG** : 0.130p m

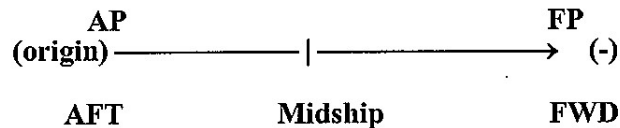
**1.3 Coordinate System**

Origin for computer model is at AP/baseline

Longitudinal positions marked fore/aft of origin (-:fore,+:aft)

Transverse positions marked s/p (starboard/port)(+:stbd,-:port)

Vertical positions positive upwards (from baseline)(+:above baseline)



**L01 FULL LOAD 98% CARGO OIL, 100% CONSUMPTION CONDITION**  
**Floating Condition summary, Intact condition**

**Floating Status**

Draft FP	12.601 m	Heel	zero	GM(Solid)	6.883 m
Draft MS	12.709 m	Equil	Yes	F/S Corr.	0.873 m
Draft AP	12.818 m	Wind	Off	GM(Fluid)	6.011 m
Trim	aft 0.22/232.00	Wave	No	KMT	17.391 m
LCG	123.330f m	VCG	10.507 m	TPcm	85.88
Displacement	100052.4 MT	WaterSpgr	1.025		

Note : Reference point is at AP.

Note : 232.0f FP 0a AP

**MAXVCG Status**

Maximum allowable VCG: 16.3 meter

VCG corr. for free surface effect: 11.380 m meter

Margin to maximum allowable VCG: 4.920meter

旧底图总

底图总号

**L51 BALLAST,100% CONSUMPTION CONDITION**  
**Floating Condition summary, Intact condition**

**Floating Status**

Draft FP	4.309 m	Heel	zero	GM(Solid)	13.341 m
Draft MS	6.664 m	Equil	Yes	F/S Corr.	0.408 m
Draft AP	9.019 m	Wind	Off	GM(Fluid)	12.933 m
Trim	aft 4.71/232.00	Wave	No	KMT	23.884 m
LCG	115.663f m	VCG	10.546 m	TPcm	80.79
Displacement	48994.5 MT	WaterSpgr	1.025		

Note : Reference point is at AP.  
Note : 232.0f FP 0a AP

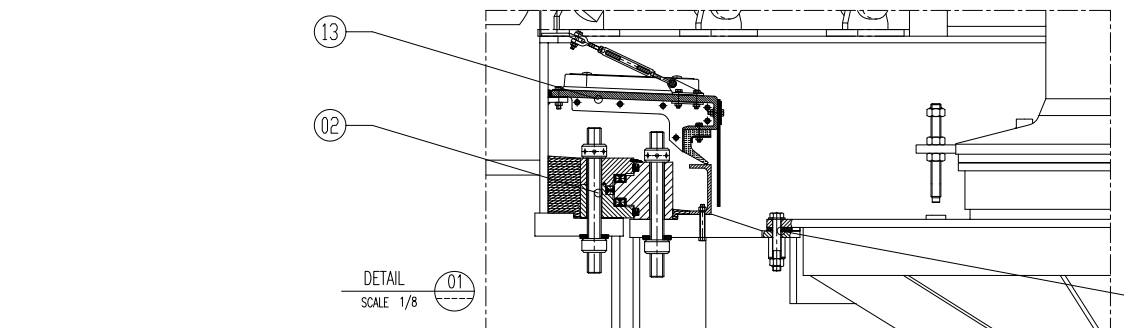
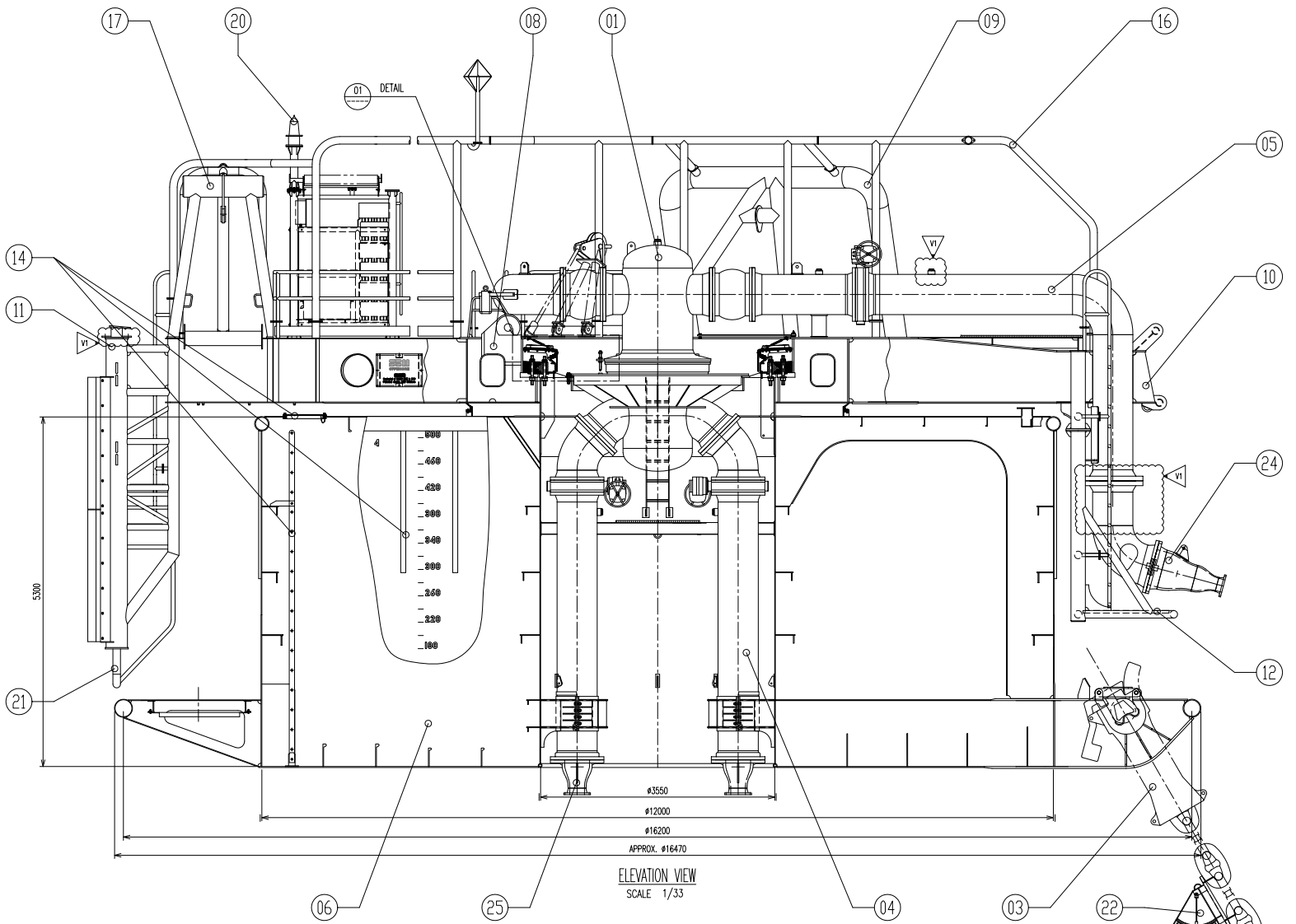
**MAXVCG Status**

Maximum allowable VCG: 18.746 meter  
VCG corr. for free surface effect: 10.954 m meter  
Margin to maximum allowable VCG: 7.792meter

旧底图总

底图总号





ENGINEERING'S APPROVAL		PHE WMO APP'D	
PROJECT	BY	DATE	
ELECTRICAL			
INSTRUMENT		DATE :	
STRUCTURAL			CONTRACTORS APP'D
MECHANICAL			
PIPPING			
PIPELINE			
FIRE & SAFETY		DATE :	

Status	Rev.	Description	Author	Checker	Discipline Engineer	Disc. Lead Engineer	Date
C	1	ISSUED FOR COMMENTS AND APPROVAL DERIVED FROM S017850 PROJECT, UPDATED AS NOTED	DLD - Dec	BNA	--	SRI	SEP. 2012
V	1	VALID FOR CONSTRUCTION MODIFICATION AS NOTED	MGT - Dec	BNA	--	SRI	JAN. 2013

ID	SEM DOC. NUMBER	CLIENT DOC. NUMBER	DESCRIPTION
1	DSM80001	PPP-AW-C-GEN-2001	CALM BUOY - PLAN VIEW - GENERAL ARRANGEMENT

ITEM N°	QTY	EXTRA	DESCRIPTION	MATERIAL	UNITARY WEIGHT KGS	TOTAL	REMARKS
25			FIXED PART PIPING HOSE SPOOL PIECE				SEE OIG DPM8400
24			ROTATING PART PIPING HOSE SPOOL PIECE				SEE OIG DPM8404
23			CPU MOUNTING				SEE OIG DPM8303
22			ANCHORING SYSTEM CHAIN INCLINOMETER				SEE OIG DPM8206
21			ROTATING PART LAUNCHING PLATFORM FENDERING SYSTEM 5.3 M				SEE OIG DPM8204
20			MWADS EQUIPMENT				SEE OIG DPM8203
19			MOORING PLATFORM WOODEN FLOOR DETAIL				SEE OIG DPM8219
18			MOORING BRIDLE GENERAL ASSEMBLY				SEE OIG DPM8214
17			HOISTING & LIFTING EQUIPMENT				SEE OIG DPM8201
16			ROTATING PART ACCESS PROTECTION PIPE & RAILINGS				SEE OIG DPM8301
15			ROTATING PART EQUIPMENT				SEE OIG DPM8312
14			FIXED PART EQUIPMENT				SEE OIG DPM8325
13			ROTATING PART WATER BARRAGE				SEE OIG DPM8214
12			ROTATING PART DIVERS PLATFORM STRUCTURE				SEE OIG DPM8216
11			ROTATING PART LAUNCHING PLATFORM STRUCTURE				SEE OIG DPM8210
10			ROTATING PART PIPING PLATFORM STRUCTURE				SEE OIG DPM8207
09			ROTATING PART MOORING PLATFORM STRUCTURE				SEE OIG DPM8204
08			ROTATING PART TURNABLE STRUCTURE				SEE OIG DPM8201
07			FIXED PART BEARING SUPPORT STRUCTURE				SEE OIG DPM8103
06			FIXED PART BUOY BODY STRUCTURE				SEE OIG DPM8101
05			ROTATING PART PIPING				SEE OIG DPM8402
04			FIXED PART PIPING				SEE OIG DPM8401
03			ANCHORING SYSTEM CHAINWHISES				SEE OIG DPM8203
02			MAIN BEARING ROLLER BEARING				SEE OIG DPM8202
01			PRODUCT SINWEL CENTRAL PIPE SINGLE PRODUCT				SEE OIG DPM8201

PROJECT TITLE: SSM REPLACEMENT CONTRACT NO. 189/05/OPS/11

**PERTAMINA**  
PHE WMO

**SBI OFFSHORE** PT. SINGLE BUOY MOORINGS INDONESIA

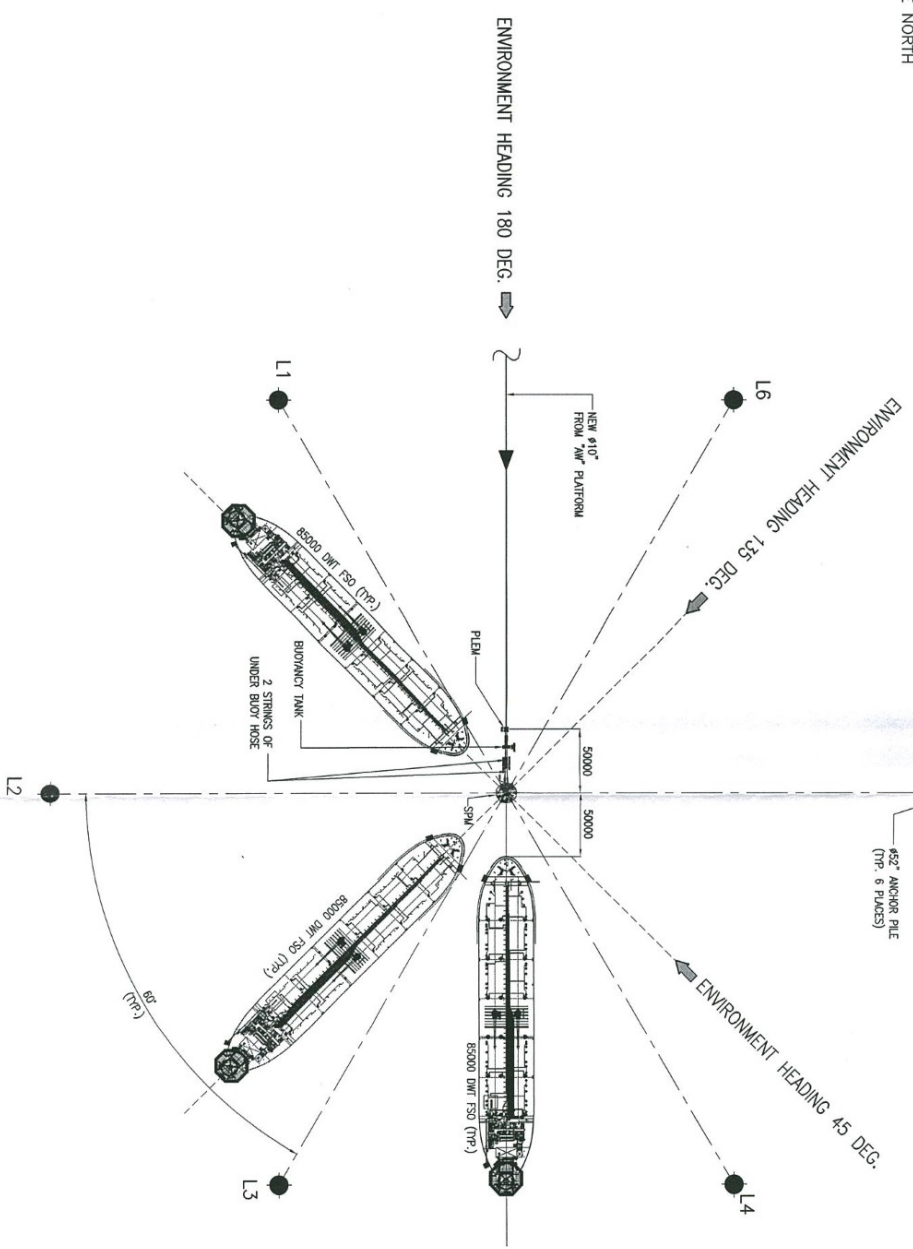
Manara Jamsastek - South Tower, 6th Floor  
Jalan Setiabudi, Setiabudi No. 39  
JAKARTA 12710 - INDONESIA  
Tel: + 62 21 2525 607 - Fax: + 62 21 2525 608

Copyright © 2012 SSB Offshore N.V. or any of its subsidiaries. This document is the property of SSB Offshore N.V. or any of its subsidiaries. This document or any part thereof is CONFIDENTIAL and may not be made known, copied, modified, or used in any other way without the permission of SSB Offshore N.V. or any of its subsidiaries.

DRAWING ASSSEMBLY: DSM80001 TOTAL WEIGHT: /

Client Drawing Number	PPP-AW-C-GEN-2000	Client Revision	0
Drawing Title	CALM BUOY ELEVATION VIEW GENERAL ARRANGEMENT	ESM	R. SABDO
Form	A1	SSM Project Number	SO 17851
		SSM Drawing Number	DSM80000
		SSM Revision	V1

TRUE NORTH



ENVIRONMENT HEADINGS  
SCALE 1 : 2000

CAD FILE NAME :  
OLD DRAWING No. :

This drawing and the design it covers are the property of PT. PHE WMO. It is hereby agreed on borrower's expense that the design and drawings shall not be reproduced or disclosed to anyone or otherwise used except in whole or in part only in a manner stated in the written consent by the holder.

NOTES

1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS UNLESS NOTED OTHERWISE.
2. DIMENSIONS OF ALL DIMENSIONS (ONLY) TO BE CONSIDERED BASED ON FINAL SPM APPROVEMENT.

REVISIONS

NO.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHK'D	APPR'D
1	12/12/12	ISSUED FOR APPROVAL	AM	CH	EX

CONTRACT NO. 162-2/73-019/11

PROJECT	PROCESS	DATE
PROJECT	MECHANICAL	DATE
PROCESS	MECHANICAL	CONTRACTOR APPR'D
DATE	MECHANICAL	DATE: 12 DECEMBER 2012

PROJECT TITLE: BLANKET ENGINEERING SERVICES

ENGINEERING APPROVAL

PT Synergy Engineering

PERTAMINA PHE WMO

SYNERGY

TITLE: EXCURSION STUDY

SCALE: 1:200

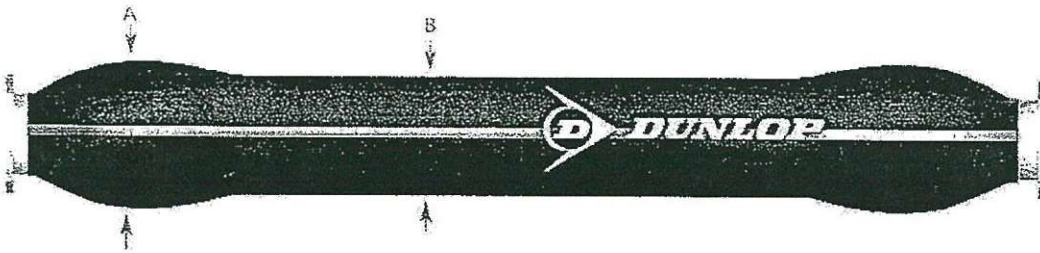
DOCUMENT NO.: PHEWMO-V-GEN-0005

SHEET: 1 OF 3

REV.: 0



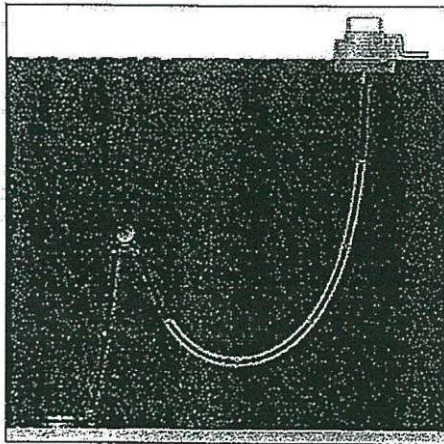
# Mainline Hose type 512



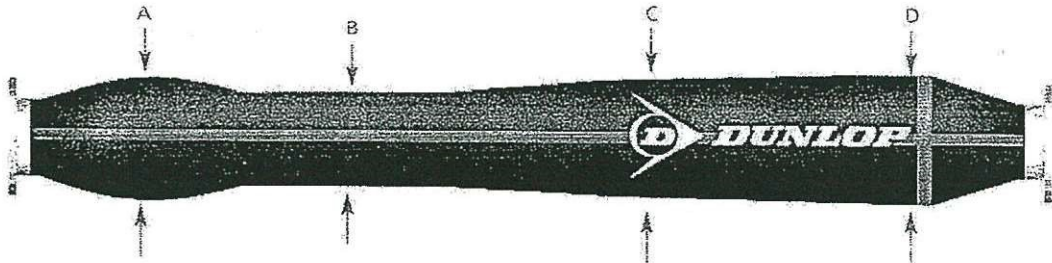
- ▷ The principal component of a single carcass submarine hose string
- ▷ Supplied electrically discontinuous as standard

Nominal data for standard 15 bar rated, type 512 hoses are:

Nominal Bore mm	Weight in Air Empty Kg; Submerged Weight Full of Sea Water Kg			Hose Outside Diameter mm		MBR m
	9.1m (30')	10.7m (35')	12.2m (40')	A	B	
150 (6")	342 127	380 142	418 157	305	210	0.6 (2.0')
200 (8")	455 184	506 195	557 207	355	265	0.8 (2.8')
250 (10")	639 272	712 299	785 326	415	320	1.0 (3.3')
300 (12")	810 344	902 367	994 389	485	375	1.2 (4.0')
400 (16")	1216 560	1359 619	1502 678	575	475	1.6 (5.3')
500 (20")	1677 734	1852 798	2028 862	695	580	2.0 (6.6')
600 (24")	2404 1030	2680 1159	2956 1288	810	700	2.4 (8.0')



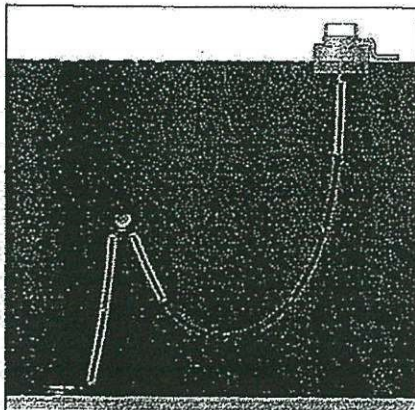
# Super Sampson End Reinforced Hose type 511



- A single carcass hose for connection to rigid pipework on single point moorings or other oil transfer installations e.g. CALM sub-sea connection; sea bed PLEM; loading tower boom
- Supplied electrically discontinuous as standard

Nominal data for standard 15 bar rated; type 511 hoses are:

Nominal Bore mm	Weight in Air Empty Kg; Submerged Weight Full of Sea Water Kg			Hose Outside Diameter mm				MBR m
	9.1m (30')	10.7m (35')	12.2m (40')	A	B	C	D	
150 (6")	364 141	402 156	440 171	305	210	240	320	0.6 (2.0')
200 (8")	473 189	524 200	575 212	355	265	295	375	0.8 (2.8')
250 (10")	681 278	754 305	827 332	415	320	345	430	1.0 (3.3')
300 (12")	825 347	917 370	1009 392	485	375	410	500	1.2 (4.0')
400 (16")	1785 783	1928 842	2071 901	575	475	540	645	1.6 (5.3')
500 (20")	2379 1064	2554 1128	2730 1192	695	580	650	780	2.0 (6.6')
600 (24")	3324 1588	3600 1717	3876 1846	810	700	775	905	2.4 (8.0')



**LAMPIRAN B**

*Input* **MOSES**

## Input Pemodelan SPM

```
1 $=====
2 $ -PROJECT : MO.184804 - TUGAS AKHIR $
3 $ STUDI KOMPARASI ANTARA PENGGUNAAN SUBSEA BUOY DAN BUOYANCY $
4 $ MODULES TERHADAP KEKUATAN SUBSEA HOSE PADA CALM BUOY $
5 $ -AUTHOR : FARIS RAHMAT ANGGORO (04311540000025) $
6 $ -SUPERVISORS: - Ir. Murdjito, M.Sc.Eng $
7 $ - Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc. $
8 $=====
9 $-----Dimension Setting-----
10 $dimen -save -dimen meters m-tons
11 $-----Bouy Body Definition-----
12 $describe body SPM_1170(Plate)
13 $
14 $pgen A -perm 1.0 -loc 0 0 0 0 270 0 -diftype 3ddiff
15 plane 0 0 -circ 0 0 0.000 0 5 36
16 plane 0 0 -circ 0 0 6 0 5 36
17 plane 0 0.915 -circ 0 0 6 0 5 36
18 plane 0.915 1.050 -circ 0 0 8.235 0 5 36
19 plane 1.05 5.3 -circ 0 0 6.000 0 5 36
20 end pgen
```

## Input Analisis RAO SPM

```
1 $=====
2 $ -PROJECT : MO.184804 - TUGAS AKHIR $
3 $ STUDI KOMPARASI ANTARA PENGGUNAAN SUBSEA BUOY DAN BUOYANCY $
4 $ MODULES TERHADAP KEKUATAN SUBSEA HOSE PADA CALM BUOY $
5 $ -AUTHOR : FARIS RAHMAT ANGGORO (04311540000025) $
6 $ -SUPERVISORS: - Ir. Murdjito, M.Sc.Eng $
7 $ - Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc. $
8 $=====
9 $DIMEN -REMEMBER -DIMEN METERS M-TONS
10 $DEVICE -OECHO NO -PRIMARY DEVICE -AUXIN SPM1170(Plate).dat
11 $TITLE PEMODELAN DAN ANALISIS RAO SPM 1170
12 $SUBTITLE TUGAS AKHIR - DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN FTK ITS | Faris Rahmat Anggoro
13 $
14 $-----MODEL INPUT-----
15 $INMODEL SPM_1170(Plate)
16 $INSTATE SPM_1170(Plate) -CONDITION 2.22
17 $
18 $-----MODEL PLOT-----
19 $PLTMODEL
20 PIC ISO
21 PIC SIDE
22 PIC TOP
23 END
24 $
25 $weight -compute SPM_1170(Plate) 3.51 4.92 4.92 6.61
26 $-COMPUTE, BODY_NAME, ZCG, KX, KY, KZ
27 $-DEFINE, PART_NAME, WEIGHT, XCG, YCG, ZCG, KX, KY, KZ
28 $weight -define SPM_1170 247.89 0.00 0.00 3.51
29 $equi -iter 50
30 $STATUS B_W
31 $
32 $-----HYDROSTATICS-----
33 HSTATIC
34 CFORM 0 0 0 -DRAFT 0.010 531
35 REPORT
36 END
37 $
38 $-----HYDRODYNAMICS-----
39 $
40 HYDRODYNAMICS
41 $PARAMETER -M_DISTANCE 1
42 G_PRESSURE -HEADING 0 \
43 -PERIOD 62.8319 31.4159 20.9440 15.7080 12.5664 10.4720 8.9760\
44 7.8540 6.9813 6.2832 5.7120 5.2360 4.8332 4.4880 4.1888\
45 3.9270 3.6960 3.4907 3.3069 3.1416 2.9920 2.8560 2.7318\
46 2.61666667 2.512 2.415384615 2.325925926 2.242857143\
47 2.165517241 2.093333333
48 $ENV SEA
49 $STATUS FORCE
50 HYDR_SUM
51 V_MDRIFT
52 REPORT
53 END
54 END
55 $
56 $-----FREQUENCY RESPONSE (RAO)-----
57 $
58 $FREQ_RESP
59 RAO -SPEED 0
60 $FP STD $BODY(CG SPM_1170(Plate))
61 EQU_SUM
62 MATRICES -FILE YES
63 REPORT
64 END
65 $FINISH
```

&DESCRIBE BODY FSO\_Abherka

pgen BOW -perm 1.0 -LOC 0 0 0 -DIFTYPE strip

\$Station 0		\$Station 20		\$Station 40		\$Station 60	
plane	0	plane	8.5	plane	155.101	plane	228.501
-cart	0 19.7	-cart	0 0.05 \	-cart	0 0 \	-cart	0 1.019 \
\$Station 1			0.5 0.051 \		0.5 0 \		0.382 1.5 \
plane	0.5		1 0.07 \		1 0 \		0.5 1.683 \
-cart	0 19.269 \		1.5 0.104 \		1.5 0 \		0.742 2.25 \
	0.5 19.314 \		2 0.153 \		2 0 \		0.918 3 \
	1 19.399 \		2.5 0.218 \		2.5 0 \		1 3.525 \
	1.5 19.517 \		3 0.302 \		3 0 \		1.036 3.75 \
	2 19.662 \		3.5 0.405 \		3.5 0 \		1.198 4.5 \
	2.12 19.7		4 0.531 \		4 0 \		1.447 5.25 \
\$Station 1.5			4.5 0.682 \		4.5 0 \		1.5 5.379 \
plane	0.735		4.7 0.75 \		5 0 \		1.804 6 \
-cart	0 19.066 \		5 0.862 \		5.5 0 \		2 6.327 \
	0.5 19.12 \		5.5 1.076 \		6 0 \		2.231 6.664 \
	1 19.213 \		6 1.331 \		6.5 0 \		2.294 6.75 \
	1.5 19.339 \		6.288 1.5 \		7 0 \		2.5 7.009 \
	2 19.491 \		6.5 1.637 \		7.5 0 \		2.944 7.5 \
	2.5 19.664 \		7 2.017 \		8 0 \		3 7.557 \
	2.596 19.7		7.251 2.25 \		9 0.001 \		3.5 8.018 \
\$Station 2			7.5 2.526 \		10 0.001 \		3.804 8.25 \
plane	1		7.821 3 \		11 0.002 \		4 8.385 \
-cart	0 18.836 \		7.999 3.391 \		12 0.002 \		4.5 8.703 \
	0.5 18.9 \		8.096 3.75 \		13 0.004 \		5 8.998 \
	1 19.003 \		8.131 4.5 \		14 0.005 \		5.003 9 \
	1.5 19.137 \		8 5.105 \		15 0.008 \		5.5 9.29 \
	2 19.297 \		7.946 5.25 \		16 0.011 \		6 9.587 \
	2.5 19.478 \		7.52 6 \		17 0.018 \		6.273 9.75 \
	3 19.677 \		7.5 6.027 \		18 0.033 \		6.5 9.887 \
	3.054 19.7		7 6.58 \		19 0.187 \		7 10.192 \
\$Station 3			6.912 6.664 \		19.987 0.75 \		7.5 10.499 \
plane	1.5		6.819 6.75 \		20 0.762 \		7.501 10.5 \
-cart	0 18.4 \		6.5 7.032 \		20.516 1.5 \		8 10.805 \
	0.5 18.483 \		6 7.451 \		20.713 2.25 \		8.732 11.25 \
	1 18.602 \		5.941 7.5 \		20.762 3 \		9 11.414 \
	1.494 18.75 \		5.5 7.87 \		20.781 3.75 \		9.897 12 \
	1.5 18.752 \		5.061 8.25 \		20.79 4.5 \		10 12.073 \
	2 18.927 \		5 8.304 \		20.795 5.25 \		10.865 12.75 \
	2.5 19.123 \		4.5 8.766 \		20.798 6 \		11 12.869 \
	3 19.336 \		4.262 9 \		20.799 6.664 \		11.638 13.5 \
	3.5 19.563 \		4 9.272 \		20.799 6.75 \		12 13.937 \
	3.788 19.7		3.587 9.75 \		20.8 7.5 \		12.221 14.25 \
\$Station 4			3.5 9.859 \		20.8 8.25 \		12.657 15 \
plane	2		3.049 10.5 \		20.8 9 \		13 15.745 \
-cart	0 17.96 \		3 10.579 \		20.8 9.75 \		13.002 15.75 \
	0.222 18 \		2.664 11.25 \		20.8 10.5 \		13.289 16.5 \
	0.5 18.06 \		2.517 12 \		20.8 11.25 \		13.536 17.25 \
	1 18.196 \		2.732 12.75 \		20.799 12 \		13.754 18 \
	1.5 18.362 \		3 13.164 \		20.799 12.75 \		13.949 18.75 \
	2 18.552 \		3.258 13.5 \		20.799 13.5 \		14 18.956 \
	2.471 18.75 \		3.5 13.798 \		20.798 14.25 \		14.173 19.7
	2.5 18.763 \		3.871 14.25 \		20.798 15 \	\$Station 61	
	3 18.99 \		4 14.406 \		20.798 15.75 \	plane	228.751
	3.5 19.23 \		4.5 14.988 \		20.798 16.5 \	-cart	0 1.164 \
	4 19.482 \		4.511 15 \		20.798 17.25 \		0.245 1.5 \
	4.417 19.7		5 15.529 \		20.797 18 \		0.5 1.93 \
\$Station 5			5.218 15.75 \		20.797 18.75 \		0.629 2.25 \
plane	2.5		5.5 16.03 \		20.797 19.7		0.811 3 \
-cart	0.001 17.517 \		5.995 16.5 \	\$Station 41			0.917 3.75 \
	0.5 17.633 \		6 16.505 \	plane	160.101		1 4.28 \
	1 17.784 \		6.5 16.962 \	-cart	0 0 \		1.045 4.5 \
	1.5 17.965 \		6.823 17.25 \		0.5 0 \		1.254 5.25 \
	1.589 18 \		7 17.408 \		1 0 \		1.5 5.871 \
	2 18.171 \		7.5 17.855 \		1.5 0 \		1.56 6 \
	2.5 18.397 \		7.661 18 \		2 0 \		1.921 6.664 \
	3 18.638 \		8 18.311 \		2.5 0 \		1.974 6.75 \
	3.223 18.75 \		8.465 18.75 \		3 0 \		2 6.792 \
	3.5 18.892 \		9 19.281 \		3.5 0 \		2.498 7.5 \
	4 19.157 \		9.401 19.7		4 0 \		2.5 7.502 \
	4.5 19.431 \	\$Station 21			4.5 0 \		3 7.982 \
	4.976 19.7	plane	9		5 0 \		3.365 8.25 \
\$Station 6		-cart	0 0.036 \		5.5 0 \		3.5 8.339 \
plane	3		0.5 0.035 \		6 0 \		4 8.636 \
-cart	0.001 17.068 \		1 0.052 \		6.5 0 \		4.5 8.907 \
	0.5 17.198 \		1.5 0.081 \		7 0.001 \		4.676 9 \
	0.666 17.25 \		2 0.121 \		7.5 0.001 \		5 9.171 \
	1 17.365 \		2.5 0.175 \		8 0.001 \		5.5 9.443 \
	1.5 17.561 \		3 0.246 \		9 0.001 \		6 9.724 \
	2 17.783 \		3.5 0.336 \		10 0.002 \		6.045 9.75 \
	2.451 18 \		4 0.446 \		11 0.003 \		6.5 10.015 \

2.5	18.024 \	4.5	0.578 \	12	0.004 \	7	10.312 \
3	18.281 \	5	0.737 \	13	0.005 \	7.313	10.5 \
3.5	18.55 \	5.038	0.75 \	14	0.008 \	7.5	10.613 \
3.862	18.75 \	5.5	0.926 \	15	0.011 \	8	10.915 \
4	18.828 \	6	1.154 \	16	0.017 \	8.558	11.25 \
4.5	19.114 \	6.5	1.427 \	17	0.03 \	9	11.52 \
5	19.407 \	6.619	1.5 \	18	0.103 \	9.738	12 \
5.486	19.7	7	1.762 \	19	0.465 \	10	12.184 \
\$Station 7		7.5	2.193 \	19.463	0.75 \	10.721	12.75 \
plane	3.5	7.556	2.25 \	20	1.266 \	11	12.998 \
-cart	0.002	16.613 \	8	2.813 \	20.184	1.5 \	11.505
	0.5	16.756 \	8.108	3 \	20.544	2.25 \	12
	1	16.937 \	8.376	3.75 \	20.675	3 \	12.098
	1.5	17.149 \	8.416	4.5 \	20.732	3.75 \	12.54
	1.718	17.25 \	8.247	5.25 \	20.761	4.5 \	12.888
	2	17.387 \	8	5.767 \	20.777	5.25 \	13
	2.5	17.644 \	7.847	6 \	20.787	6 \	13.177
	3	17.917 \	7.5	6.425 \	20.792	6.664 \	13.425
	3.148	18 \	7.266	6.664 \	20.793	6.75 \	13.643
	3.5	18.201 \	7.177	6.75 \	20.796	7.5 \	13.839
	4	18.494 \	7	6.912 \	20.798	8.25 \	14
	4.43	18.75 \	6.5	7.341 \	20.799	9 \	14.063
	4.5	18.792 \	6.308	7.5 \	20.8	9.75 \	\$Station 62
	5	19.097 \	6	7.753 \	20.8	10.5 \	plane 229.001
	5.5	19.409 \	5.5	8.176 \	20.799	11.25 \	-cart 0
	5.955	19.7	5.415	8.25 \	20.799	12 \	0.5
\$Station 8		5	8.628 \	20.798	12.75 \	0.502	2.25 \
plane	4	4.623	9 \	20.797	13.5 \	0.698	3 \
-cart	0.002	16.148 \	4.5	9.13 \	20.797	14.25 \	0.798
	0.5	16.304 \	4	9.724 \	20.796	15 \	0.889
	1	16.498 \	3.981	9.75 \	20.796	15.75 \	1
	1.004	16.5 \	3.5	10.49 \	20.796	16.5 \	1.048
	1.5	16.726 \	3.495	10.5 \	20.795	17.25 \	1.286
	2	16.98 \	3.172	11.25 \	20.795	18 \	1.5
	2.492	17.25 \	3.069	12 \	20.795	18.75 \	1.547
	2.5	17.255 \	3.288	12.75 \	20.794	19.7	1.582
	3	17.544 \	3.5	13.106 \	\$Station 42	2	7.487 \
	3.5	17.844 \	3.778	13.5 \	plane 165.101	2.011	7.5 \
	3.754	18 \	4	13.795 \	-cart 0	2.5	7.987 \
	4	18.152 \	4.348	14.25 \	0.5	0 \	2.867
	4.5	18.466 \	4.5	14.446 \	1	0 \	3
	4.949	18.75 \	4.955	15 \	1.5	0 \	3.5
	5	18.783 \	5	15.053 \	2	0 \	4
	5.5	19.106 \	5.5	15.606 \	2.5	0 \	4.307
	6	19.435 \	5.639	15.75 \	3	0 \	4.5
	6.393	19.7	6	16.115 \	3.5	0 \	5
\$Station 9		6.398	16.5 \	4	0 \	5.5	9.587 \
plane	4.5	6.5	16.597 \	4.5	0 \	5.806	9.75 \
-cart	0.003	15.671 \	7	17.062 \	5	0.001 \	6
	0.255	15.75 \	7.205	17.25 \	5.5	0.001 \	6.5
	0.5	15.838 \	7.5	17.522 \	6	0.001 \	7
	1	16.046 \	8	17.991 \	6.5	0.001 \	7.12
	1.5	16.29 \	8.01	18 \	7	0.001 \	7.5
	1.891	16.5 \	8.775	18.75 \	7.5	0.002 \	8
	2	16.562 \	9	18.981 \	8	0.002 \	8.381
	2.5	16.855 \	9.665	19.7 \	9	0.003 \	9
	3	17.163 \	\$Station 22	10	0.004 \	9.577	12 \
	3.14	17.25 \	plane 14	11	0.006 \	10	12.299 \
	3.5	17.48 \	-cart 0	12	0.008 \	10.574	12.75 \
	4	17.804 \	0.5	0.002 \	13	0.012 \	11
	4.3	18 \	1	0.005 \	14	0.016 \	11.369
	4.5	18.132 \	1.5	0.011 \	15	0.024 \	11.972
	5	18.464 \	2	0.019 \	16	0.04 \	12
	5.429	18.75 \	2.5	0.031 \	17	0.115 \	12.421
	5.5	18.798 \	3	0.048 \	18	0.427 \	12.773
	6	19.138 \	3.5	0.071 \	18.644	0.75 \	13
	6.5	19.485 \	4	0.104 \	19	0.99 \	13.063
	6.803	19.7	4.5	0.15 \	19.59	1.5 \	13.312
\$Station 10		5	0.211 \	20	1.999 \	13.531	18 \
plane	5	5.5	0.286 \	20.146	2.25 \	13.727	18.75 \
-cart	0.003	15.174 \	6	0.377 \	20.437	3 \	13.952
	0.5	15.353 \	6.5	0.489 \	20.587	3.75 \	13.952
	1	15.576 \	7	0.626 \	20.668	4.5 \	\$Station 63
	1.341	15.75 \	7.376	0.75 \	20.716	5.25 \	plane 229.251
	1.5	15.837 \	7.5	0.796 \	20.746	6 \	-cart 0
	2	16.127 \	8	1.008 \	20.765	6.664 \	0.355
	2.5	16.44 \	8.825	1.5 \	20.767	6.75 \	0.5
	2.593	16.5 \	9	1.635 \	20.78	7.5 \	0.574
	3	16.769 \	9.613	2.25 \	20.789	8.25 \	0.677
	3.5	17.105 \	10	2.845 \	20.795	9 \	0.734
	3.713	17.25 \	10.075	3 \	20.798	9.75 \	0.827
	4	17.447 \	10.314	3.75 \	20.799	10.5 \	0.967

	4.5	17.791 \	10.387	4.5 \	20.799	11.25 \	1	6.181 \		
	4.802	18 \	10.317	5.25 \	20.798	12 \	1.104	6.664 \		
	5	18.137 \	10.104	6 \	20.797	12.75 \	1.13	6.75 \		
	5.5	18.485 \	10	6.248 \	20.797	13.5 \	1.5	7.495 \		
	5.878	18.75 \	9.789	6.664 \	20.796	14.25 \	1.504	7.5 \		
	6	18.836 \	9.74	6.75 \	20.796	15 \	2	8.025 \		
	6.5	19.193 \	9.254	7.5 \	20.795	15.75 \	2.309	8.25 \		
	7	19.558 \	9	7.849 \	20.795	16.5 \	2.5	8.367 \		
	7.19	19.7	8.697	8.25 \	20.794	17.25 \	3	8.625 \		
\$Station 11			8.159	9 \	20.794	18 \	3.5	8.845 \		
plane	5.5		8	9.266 \	20.794	18.75 \	3.876	9 \		
-cart	0.004	14.647 \	7.77	9.75 \	20.793	19.7	4	9.051 \		
	0.5	14.841 \	7.566	10.5 \	\$Station 43		4.5	9.258 \		
	0.842	15 \	7.546	11.25 \	plane 170.101		5	9.48 \		
	1	15.081 \	7.672	12 \	-cart	0	0 \	5.5	9.723 \	
	1.5	15.361 \	7.93	12.75 \		0.5	0 \	5.553	9.75 \	
	2	15.672 \	8	12.911 \		1	0 \	6	9.984 \	
	2.118	15.75 \	8.281	13.5 \		1.5	0 \	6.5	10.259 \	
	2.5	16.008 \	8.656	14.25 \		2	0 \	6.922	10.5 \	
	3	16.359 \	9	14.891 \		2.5	0 \	7	10.545 \	
	3.198	16.5 \	9.062	15 \		3	0 \	7.5	10.837 \	
	3.5	16.718 \	9.507	15.75 \		4.5	0.001 \	8	11.131 \	
	4	17.08 \	9.973	16.5 \		5	0.001 \	8.202	11.25 \	
	4.235	17.25 \	10	16.544 \		3.5	0.001 \	9	11.733 \	
	4.5	17.442 \	10.442	17.25 \		4	0.001 \	9.413	12 \	
	5	17.804 \	10.904	18 \		5.5	0.002 \	10	12.415 \	
	5.271	18 \	11	18.157 \		6	0.002 \	10.424	12.75 \	
	5.5	18.166 \	11.358	18.75 \		6.5	0.003 \	11	13.268 \	
	6	18.529 \	11.918	19.7		7	0.003 \	11.229	13.5 \	
	6.303	18.75 \	\$Station 23			7.5	0.004 \	11.843	14.25 \	
	6.5	18.896 \	plane 19			8	0.005 \	12	14.485 \	
	7	19.27 \	-cart	0	0 \	9	0.007 \	12.299	15 \	
	7.5	19.657 \		0.5	0 \	10	0.009 \	12.654	15.75 \	
	7.554	19.7		1	0.001 \	11	0.013 \	12.947	16.5 \	
\$Station 12				1.5	0.003 \	12	0.018 \	13	16.65 \	
plane	6			2	0.005 \	13	0.026 \	13.197	17.25 \	
-cart	0.005	14.065 \		2.5	0.008 \	14	0.038 \	13.417	18 \	
	0.428	14.25 \		3	0.013 \	15	0.063 \	13.613	18.75 \	
	0.5	14.284 \		3.5	0.019 \	16	0.192 \	13.838	19.7	
	1	14.549 \		4	0.028 \	17	0.518 \	\$Station 64		
	1.5	14.853 \		4.5	0.04 \	17.514	0.75 \	plane 229.501		
	1.723	15 \		5	0.058 \	18	1.016 \	-cart	0	1.825 \
	2	15.19 \		5.5	0.083 \	18.715	1.5 \		0.188	2.25 \
	2.5	15.553 \		6	0.121 \	19	1.738 \		0.43	3 \
	2.763	15.75 \		6.5	0.175 \	19.479	2.25 \		0.5	3.392 \
	3	15.93 \		7	0.244 \	19.98	3 \		0.542	3.75 \
	3.5	16.314 \		7.5	0.331 \	20	3.039 \		0.581	4.5 \
	3.741	16.5 \		8	0.441 \	20.28	3.75 \		0.593	5.25 \
	4	16.7 \		8.98	0.75 \	20.457	4.5 \		0.598	6 \
	4.5	17.083 \		9	0.758 \	20.567	5.25 \		0.672	6.664 \
	4.72	17.25 \		10	1.292 \	20.641	6 \		0.691	6.75 \
	5	17.462 \		10.276	1.5 \	20.688	6.664 \		0.991	7.5 \
	5.5	17.839 \		10.989	2.25 \	20.693	6.75 \		1	7.514 \
	5.714	18 \		11	2.266 \	20.73	7.5 \		1.5	8.085 \
	6	18.216 \		11.412	3 \	20.757	8.25 \		1.715	8.25 \
	6.5	18.593 \		11.64	3.75 \	20.776	9 \		2	8.43 \
	6.705	18.75 \		11.723	4.5 \	20.787	9.75 \		2.5	8.675 \
	7	18.978 \		11.685	5.25 \	20.792	10.5 \		3	8.872 \
	7.5	19.373 \		11.532	6 \	20.793	11.25 \		3.359	9 \
	7.9	19.7		11.314	6.664 \	20.793	12 \		3.5	9.049 \
\$Station 13				11.281	6.75 \	20.793	12.75 \		4	9.225 \
plane	6.5			11	7.457 \	20.792	13.5 \		4.5	9.412 \
-cart	0.005	13.351 \		10.983	7.5 \	20.792	14.25 \		5	9.62 \
	0.253	13.5 \		10.693	8.25 \	20.792	15 \		5.284	9.75 \
	0.5	13.648 \		10.478	9 \	20.791	15.75 \		5.5	9.853 \
	1	13.96 \		10.374	9.75 \	20.791	16.5 \		6	10.107 \
	1.43	14.25 \		10.372	10.5 \	20.79	17.25 \		6.5	10.377 \
	1.5	14.3 \		10.458	11.25 \	20.79	18 \		6.72	10.5 \
	2	14.67 \		10.62	12 \	20.79	18.75 \		7	10.659 \
	2.419	15 \		10.859	12.75 \	20.789	19.7		7.5	10.948 \
	2.5	15.066 \		11	13.131 \	\$Station 44			8	11.239 \
	3	15.476 \		11.142	13.5 \	plane 175.101			8.019	11.25 \
	3.331	15.75 \		11.436	14.25 \	-cart	0	0 \	9	11.841 \
	3.5	15.89 \		11.737	15 \		0.5	0 \	9.246	12 \
	4	16.303 \		12	15.628 \		1	0 \	10	12.535 \
	4.241	16.5 \		12.052	15.75 \		1.5	0 \	10.272	12.75 \
	4.5	16.71 \		12.379	16.5 \		2	0 \	11	13.411 \
	5	17.11 \		12.714	17.25 \		2.5	0 \	11.087	13.5 \
	5.177	17.25 \		13	17.877 \		3	0 \	11.712	14.25 \
	5.5	17.504 \		13.057	18 \		3.5	0 \	12	14.693 \
	6	17.895 \		13.405	18.75 \		4.5	0.001 \	12.174	15 \
	6.135	18 \		13.852	19.7		5	0.001 \	12.533	15.75 \





	5.484	17.25 \		13.934	3.75 \		19.493	5.25 \		7.5	11.167 \
	5.5	17.264 \		13.984	4.5 \		19.791	6 \		7.646	11.25 \
	6	17.665 \		13.929	5.25 \		20	6.628 \		8	11.454 \
	6.419	18 \		13.79	6 \		20.011	6.664 \		8.903	12 \
	6.5	18.065 \		13.64	6.664 \		20.037	6.75 \		9	12.063 \
	7	18.468 \		13.621	6.75 \		20.241	7.5 \		9.958	12.75 \
	7.347	18.75 \		13.472	7.5 \		20.407	8.25 \		10	12.784 \
	7.5	18.877 \		13.382	8.25 \		20.531	9 \		10.794	13.5 \
	8	19.302 \		13.364	9 \		20.615	9.75 \		11	13.716 \
	8.449	19.7		13.399	9.75 \		20.666	10.5 \		11.439	14.25 \
END PGEN				13.475	10.5 \		20.695	11.25 \		11.915	15 \
pgen B_BOW -perm 1.0 -LOC 0 0 0 -DIF				13.59	11.25 \		20.711	12 \		12	15.158 \
\$Station 1.5				13.763	12 \		20.719	12.75 \		12.283	15.75 \
plane	0.735			14	12.698 \		20.723	13.5 \		12.584	16.5 \
-cart	0	4.854		14.019	12.75 \		20.724	14.25 \		12.84	17.25 \
\$Station 2				14.305	13.5 \		20.725	15 \		13	17.777 \
plane	1			14.595	14.25 \		20.726	15.75 \		13.064	18 \
-cart	0	3.217 \		14.896	15 \		20.726	16.5 \		13.265	18.75 \
	0.5	3.709 \		15	15.254 \		20.726	17.25 \		13.494	19.7
	0.49	3.75 \		15.207	15.75 \		20.726	18 \	\$Station 67		
	0.642	4.5 \		15.527	16.5 \		20.725	18.75 \	plane	230.251	
	0.5	5.041 \		15.856	17.25 \		20.725	19.7	-cart	0	5.203 \
	0.378	5.25 \		16	17.574 \	\$Station 46				0.003	5.25 \
	0	5.726		16.192	18 \	plane	185.101			0.052	6 \
\$Station 3				16.534	18.75 \	-cart	0	0 \		0.079	6.664 \
plane	1.5			16.975	19.7		0.5	0 \		0.08	6.75 \
-cart	0	2.486 \	\$Station 26				1	0 \		0.085	7.5 \
	0.5	2.672 \	plane	34			1.5	0 \		0.158	8.25 \
	0.974	3 \	-cart	0	0 \		2	0 \		0.5	8.64 \
	1	3.023 \		0.5	0 \		2.5	0 \		1	8.908 \
	1.47	3.75 \		1	0 \		3	0 \		1.241	9 \
	1.499	3.772 \		1.5	0 \		3.5	0 \		1.5	9.084 \
	1.546	4.5 \		2	0 \		4	0 \		2	9.215 \
	1.487	5.192 \		2.5	0 \		4.5	0 \		2.5	9.321 \
	1.285	5.25 \		3	0 \		5	0 \		3	9.422 \
	1	5.659 \		3.5	0 \		5.5	0.001 \		3.5	9.53 \
	0.674	6 \		0	0 \		6	0.003 \		4	9.657 \
	0.5	6.156 \		4.5	0.001 \		6.5	0.005 \		4.312	9.75 \
	0	6.519		4	0.001 \		7	0.008 \		4.5	9.812 \
\$Station 4				5	0.002 \		7.5	0.012 \		5	9.999 \
plane	2			5.5	0.002 \		8	0.017 \		5.5	10.217 \
-cart	0	2.025 \		6	0.003 \		9	0.033 \		6	10.46 \
	0.5	2.126 \		6.5	0.004 \		10	0.074 \		6.079	10.5 \
	0.849	2.25 \		7	0.006 \		11	0.236 \		6.5	10.721 \
	1	2.319 \		7.5	0.009 \		12	0.51 \		7	10.994 \
	1.5	2.642 \		8	0.012 \		12.728	0.75 \		7.455	11.25 \
	1.853	3 \		9	0.026 \		13	0.848 \		7.5	11.276 \
	2	3.202 \		10	0.067 \		14	1.267 \		8	11.562 \
	2.243	3.75 \		11	0.178 \		14.451	1.5 \		8.727	12 \
	2.295	4.5 \		12	0.398 \		15	1.831 \		9	12.177 \
	2.045	5.25 \		12.886	0.75 \		15.605	2.25 \		9.797	12.75 \
	1.999	5.342 \		13	0.811 \		16	2.546 \		10	12.914 \
	1.5	5.984 \		13.933	1.5 \		16.563	3 \		10.644	13.5 \
	1.483	6 \		14	1.567 \		17	3.393 \		11	13.881 \
	1	6.43 \		14.526	2.25 \		17.359	3.75 \		11.297	14.25 \
	0.677	6.664 \		14.846	3 \		18	4.499 \		11.782	15 \
	0.548	6.75 \		14.981	3.75 \		18.001	4.5 \		12	15.417 \
	0.5	6.781 \		14.989	4.5 \		18.519	5.25 \		12.156	15.75 \
	0	7.074		14.9	5.25 \		18.954	6 \		12.46	16.5 \
\$Station 5				14.757	6 \		19	6.086 \		12.719	17.25 \
plane	2.5			14.634	6.664 \		19.289	6.664 \		12.945	18 \
-cart	0	1.671 \		14.62	6.75 \		19.33	6.75 \		13	18.194 \
	0.5	1.733 \		14.532	7.5 \		19.653	7.5 \		13.148	18.75 \
	1	1.865 \		14.514	8.25 \		19.925	8.25 \		13.379	19.7
	1.5	2.084 \		14.554	9 \		20	8.489 \	\$Station 68		
	1.774	2.25 \		14.633	9.75 \		20.139	9 \	plane	230.501	
	2	2.418 \		14.743	10.5 \		20.294	9.75 \	-cart	0	6.218 \
	2.5	2.938 \		14.879	11.25 \		20.398	10.5 \		0.015	6.664 \
	2.545	3 \		15	11.766 \		20.467	11.25 \		0.018	6.75 \
	2.897	3.75 \		15.07	12 \		20.51	12 \		0.034	7.5 \
	2.943	4.5 \		15.329	12.75 \		20.538	12.75 \		0.034	8.25 \
	2.706	5.25 \		15.597	13.5 \		20.557	13.5 \		0.5	8.954 \
	2.5	5.597 \		15.873	14.25 \		20.573	14.25 \		0.597	9 \
	2.179	6 \		16	14.588 \		20.587	15 \		1	9.149 \
	2	6.188 \		16.158	15 \		20.599	15.75 \		1.5	9.284 \
	1.5	6.62 \		16.454	15.75 \		20.611	16.5 \		2	9.386 \
	1.442	6.664 \		16.76	16.5 \		20.622	17.25 \		2.5	9.472 \
	1.326	6.75 \		17	17.077 \		20.633	18 \		3	9.559 \
	1	6.975 \		17.073	17.25 \		20.643	18.75 \		3.5	9.658 \
	0.5	7.279 \		17.393	18 \		20.657	19.7		3.891	9.75 \
	0.087	7.5 \		17.72	18.75 \	\$Station 47				4	9.779 \
	0	7.544		18	19.384 \	plane	190.101			4.5	9.929 \

\$Station 6		18.141	19.7	-cart	0	0 \	5	10.115 \
plane	3	\$Station 27			0.5	0 \	5.5	10.332 \
-cart	0	plane	39		1	0 \	5.853	10.5 \
	0.5	-cart	0	0 \	1.5	0 \	6	10.573 \
0.934	1.5 \		0.5	0 \	2	0 \	6.5	10.832 \
1	1.517 \		1	0 \	2.5	0 \	7	11.105 \
	1.5		1.5	0 \	3	0 \	7.26	11.25 \
2	1.938 \		2	0 \	3.5	0 \	7.5	11.385 \
2.446	2.25 \		2.5	0 \	4	0 \	8	11.671 \
	2.5		3	0 \	4.5	0 \	8.547	12 \
3	2.81 \		3.5	0 \	5	0.002 \	9	12.293 \
3.137	3 \		4	0 \	5.5	0.004 \	9.633	12.75 \
3.475	3.75 \		0	0 \	6	0.006 \	10	13.049 \
	3.5		4.5	0.001 \	6.5	0.01 \	10.49	13.5 \
3.521	4.5 \		5	0.001 \	7	0.016 \	11	14.055 \
3.486	4.925 \		5.5	0.001 \	7.5	0.024 \	11.154	14.25 \
3.294	5.25 \		6	0.002 \	8	0.038 \	11.648	15 \
3	5.74 \		6.5	0.002 \	9	0.129 \	12	15.689 \
2.794	6 \		7	0.003 \	10	0.357 \	12.028	15.75 \
	2.5		7.5	0.004 \	11	0.663 \	12.337	16.5 \
2.105	6.664 \		8	0.005 \	11.253	0.75 \	12.598	17.25 \
2	6.749 \		9	0.01 \	12	1.039 \	12.827	18 \
1.998	6.75 \		10	0.02 \	12.928	1.5 \	13	18.632 \
	1.5		11	0.048 \	13	1.542 \	13.031	18.75 \
1	7.436 \		12	0.141 \	14	2.197 \	13.263	19.7
0.892	7.5 \		13	0.344 \	14.073	2.25 \	\$Station 69	
0.5	7.72 \		14	0.745 \	15	2.964 \	plane 230.751	
0	7.972		14.009	0.75 \	15.044	3 \	-cart	0
\$Station 7			15	1.5 \	15.888	3.75 \	0.006	6.988 \
plane	3.5		15	1.5 \	16	3.859 \	0.01	7.5 \
-cart	0		15.547	2.25 \	16.613	4.5 \	0.157	8.25 \
	0.5		15.813	3 \	17	4.955 \	0.5	9 \
1	1.231 \		15.896	3.75 \	17.234	5.25 \	1	9.333 \
	1.5		15.86	4.5 \	17.78	6 \	1.5	9.441 \
1.832	1.5 \		15.75	5.25 \	18	6.327 \	2	9.525 \
2	1.578 \		15.627	6 \	18.217	6.664 \	2.5	9.599 \
	2.5		15.547	6.664 \	18.27	6.75 \	3	9.678 \
3	2.244 \		15.54	6.75 \	18.71	7.5 \	3.39	9.75 \
3.007	2.25 \		15.516	7.5 \	19	8.049 \	3.5	9.773 \
	3.5		15.555	8.25 \	19.099	8.25 \	4	9.891 \
3.667	3 \		15.636	9 \	19.425	9 \	4.5	10.042 \
3.998	3.702 \		15.745	9.75 \	19.681	9.75 \	5	10.228 \
4.001	3.75 \		15.876	10.5 \	19.871	10.5 \	5.5	10.444 \
4.048	4.5 \		16	11.145 \	20	11.195 \	5.62	10.5 \
4	4.768 \		16.022	11.25 \	20.009	11.25 \	6	10.685 \
3.829	5.25 \		16.232	12 \	20.104	12 \	6.5	10.943 \
	3.5		16.481	12.75 \	20.173	12.75 \	7	11.215 \
3.348	6 \		16.733	13.5 \	20.228	13.5 \	7.064	11.25 \
3	6.38 \		16.991	14.25 \	20.276	14.25 \	7.5	11.494 \
2.692	6.664 \		17	14.276 \	20.319	15 \	8	11.781 \
2.591	6.75 \		17.255	15 \	20.36	15.75 \	8.366	12 \
	2.5		17.525	15.75 \	20.399	16.5 \	9	12.411 \
2	7.208 \		17.801	16.5 \	20.437	17.25 \	9.467	12.75 \
1.575	7.5 \		18	17.036 \	20.474	18 \	10	13.188 \
	1.5		18.08	17.25 \	20.511	18.75 \	10.336	13.5 \
1	7.856 \		18.364	18 \	20.557	19.7	11	14.236 \
0.5	8.131 \		18.652	18.75 \	\$Station 48		11.011	14.25 \
0.265	8.25 \		19	19.645 \	plane 195.101		11.514	15 \
0	8.376		19.021	19.7	-cart	0	11.9	15.75 \
\$Station 8		\$Station 28			0.5	0 \	12	15.974 \
plane	4	plane	44		1	0 \	12.213	16.5 \
-cart	0	-cart	0	0 \	1.5	0 \	12.478	17.25 \
	0.5		0.5	0 \	2	0 \	12.708	18 \
1	0.988 \		1	0 \	2.5	0 \	12.913	18.75 \
	1.5		1.5	0 \	3	0 \	13	19.09 \
2	1.287 \		2	0 \	3.5	0 \	13.147	19.7
2.447	1.5 \		2.5	0 \	4	0.001 \	\$Station 70	
	2.5		3	0 \	4.5	0.002 \	plane 230.751	
3	1.843 \		3.5	0 \	5	0.004 \	-cart	0
3.5	2.243 \		4	0 \	5.5	0.007 \	0.001	7.612 \
3.507	2.25 \		4.5	0 \	6	0.012 \	0.005	8.25 \
	4		5	0 \	6.5	0.021 \	0.5	9 \
4.157	3 \		5.5	0.001 \	7	0.037 \	0.5	9.348 \
4.491	3.75 \		6	0.001 \	7.5	0.083 \	1	9.472 \
	4.5		6.5	0.001 \	8	0.172 \	1.5	9.564 \
4.539	4.5 \		7	0.002 \	8	0.172 \	2	9.639 \
4.498	4.765 \		7.5	0.002 \	9	0.446 \	2.5	9.707 \
4.324	5.25 \		8	0.003 \	9.881	0.75 \	2.793	9.75 \
	4		8	0.003 \	10	0.797 \	3	9.783 \
3.855	6 \		9	0.005 \	11	1.264 \	3.5	9.877 \
	3.5		10	0.009 \	11.407	1.5 \	4	9.996 \
3.223	6.664 \		11	0.017 \	12	1.892 \	4.5	10.147 \
			12	0.039 \	12.488	2.25 \	5	10.335 \

3.127	6.75 \	13	0.123 \	13	2.654 \	5.386	10.5 \
3	6.86 \	14	0.327 \	13.416	3 \	5.5	10.552 \
2.5	7.259 \	14.984	0.75 \	14	3.517 \	6	10.793 \
2.172	7.5 \	15	0.76 \	14.249	3.75 \	6.5	11.051 \
2	7.621 \	15.898	1.5 \	15	4.499 \	6.868	11.25 \
1.5	7.951 \	16	1.622 \	15.001	4.5 \	7	11.322 \
1.005	8.25 \	16.383	2.25 \	15.682	5.25 \	7.5	11.601 \
1	8.253 \	16.589	3 \	16	5.625 \	8	11.89 \
0.5	8.525 \	16.624	3.75 \	16.307	6 \	8.184	12 \
0	8.767	16.561	4.5 \	16.826	6.664 \	9	12.531 \
		16.46	5.25 \	16.891	6.75 \	9.3	12.75 \
\$Station 9		16.379	6 \	17	6.895 \	10	13.329 \
plane	4.5	16.35	6.664 \	17.44	7.5 \	10.182	13.5 \
-cart	0	16.35	6.75 \	17.953	8.25 \	10.867	14.25 \
	0.5	16.379	7.5 \	18	8.322 \	11	14.425 \
0.807	0.75 \	16.451	8.25 \	18.415	9 \	11.379	15 \
1	0.782 \	16.551	9 \	18.803	9.75 \	11.772	15.75 \
1.5	0.89 \	16.67	9.75 \	19	10.212 \	12	16.274 \
2	1.045 \	16.802	10.5 \	19.108	10.5 \	12.089	16.5 \
2.5	1.255 \	16.952	11.25 \	19.34	11.25 \	12.357	17.25 \
2.956	1.5 \	17	11.433 \	19.511	12 \	12.589	18 \
3	1.526 \	17.17	12 \	19.64	12.75 \	12.796	18.75 \
3.5	1.861 \	17.403	12.75 \	19.747	13.5 \	13	19.573 \
3.972	2.25 \	17.636	13.5 \	19.841	14.25 \	13.03	19.7
4	2.276 \	17.869	14.25 \	19.929	15 \		
4.5	2.826 \	18	14.673 \	20	15.645 \	\$Station 71	
4.622	3 \	18.101	15 \	20.011	15.75 \	plane	231.251
4.957	3.75 \	18.334	15.75 \	20.091	16.5 \	-cart	0
4.999	3.96 \	18.566	16.5 \	20.169	17.25 \		8.129 \
5	3.978 \	18.798	17.25 \	20.245	18 \	0	8.25 \
5.003	4.5 \	19	17.906 \	20.32	18.75 \	0	9 \
4.788	5.25 \	19.029	18 \	20.414	19.7	0.5	9.477 \
4.5	5.762 \	19.261	18.75 \			1	9.586 \
4.326	6 \	19.554	19.7	\$Station 49		1.5	9.669 \
4	6.376 \			plane	200.101	2	9.738 \
3.709	6.664 \	\$Station 29		-cart	0	2.093	9.75 \
3.616	6.75 \	plane	49		0.5	2.5	9.804 \
3.5	6.854 \	-cart	0		0.5	3	9.879 \
3	7.272 \		0.5		1	3.5	9.973 \
2.706	7.5 \		0		1.5	4	10.094 \
2.5	7.653 \		0		2	4.5	10.248 \
2	8.007 \		0		2.5	5	10.437 \
1.635	8.25 \		0		3	5.15	10.5 \
1.5	8.336 \		0		3.5	5.5	10.656 \
1	8.638 \		0		4	6	10.898 \
0.5	8.912 \		0		4.5	6.5	11.157 \
0.325	9 \		0		5	6.674	11.25 \
0	9.154		0		5.5	7	11.428 \
			0		6	7.5	11.708 \
\$Station 10			0.001 \		6.5	8	11.999 \
plane	5		0.001 \		7	8.001	12 \
-cart	0		0.001 \		7.5	9	12.653 \
	0.5		0.001 \		8	9.132	12.75 \
1	0.606 \		0.001 \		8.522	10	13.475 \
1.5	0.705 \		0.002 \		9	10.027	13.5 \
1.681	0.75 \		0.003 \		9.8	10.723	14.25 \
2	0.842 \		0.005 \		10	11	14.621 \
2.5	1.026 \		0.009 \		10.749	11.245	15 \
3	1.263 \		0.016 \		11	11.644	15.75 \
3.413	1.5 \		0.036 \		11.592	11.966	16.5 \
3.5	1.554 \		0.12 \		12	12	16.589 \
4	1.903 \		0.347 \		12.384	12.236	17.25 \
4.417	2.25 \		0.75 \		13	12.47	18 \
4.5	2.327 \		0.863 \		13.139	12.678	18.75 \
5	2.892 \		1.5 \		13.862	12.913	19.7
5.074	3 \		2.076 \		14		
5.409	3.75 \		2.25 \		14.56	\$Station 72	
5.45	4.5 \		3 \		15	plane	231.501
5.231	5.25 \		3.75 \		15.161	-cart	0
5	5.674 \		4.5 \		15.238		8.507 \
4.77	6 \		5.25 \		15.9	0	9 \
4.5	6.319 \		6 \		15.923	0.5	9.587 \
4.162	6.664 \		6.664 \		16	1	9.685 \
4.071	6.75 \		6.75 \		16.546	1.412	9.75 \
4	6.816 \		7.5 \		17	1.5	9.763 \
3.5	7.25 \		8.25 \		17.161	2	9.828 \
3.192	7.5 \		9 \		17.704	2.5	9.893 \
3	7.65 \		9.75 \		18	3	9.968 \
2.5	8.026 \		10.5 \		18.108	3.5	10.064 \
2.188	8.25 \		11.25 \		18.496	4	10.187 \
2	8.381 \		12 \		18.759	4.5	10.344 \
1.5	8.714 \		12.404 \		18.96	4.911	10.5 \
1.036	9 \		12.75 \		19	5	10.536 \
1	9.021 \		13.5 \		19.126	5.5	10.757 \
					19.272	6	11 \
						6.48	11.25 \

	0.5	9.3 \		18.495	14.25 \		19.406	15 \		6.5	11.261 \
	0	9.547		18.69	15 \		19.531	15.75 \		7	11.533 \
\$Station 11				18.881	15.75 \		19.652	16.5 \		7.5	11.814 \
plane	5.5			19	16.221 \		19.768	17.25 \		7.819	12 \
-cart	0	0.333 \		19.07	16.5 \		19.882	18 \		8	12.109 \
	0.5	0.387 \		19.256	17.25 \		19.993	18.75 \		8.964	12.75 \
	1	0.458 \		19.44	18 \		20	18.799 \		9	12.777 \
	1.5	0.55 \		19.622	18.75 \		20.131	19.7		9.871	13.5 \
	2	0.672 \		19.85	19.7	\$Station 50				10	13.623 \
	2.257	0.75 \	\$Station 30			plane	205.101			10.578	14.25 \
	2.5	0.834 \	plane	54		-cart	0	0 \		11	14.826 \
	3	1.041 \	-cart	0	0 \		0.5	0 \		11.11	15 \
	3.5	1.297 \		0.5	0 \		1	0 \		11.516	15.75 \
3.843	1.5 \			1	0 \		1.5	0 \		11.842	16.5 \
	4	1.6 \		1.5	0 \		2	0 \		12	16.921 \
	4.5	1.954 \		2	0 \		2.5	0 \		12.115	17.25 \
4.858	2.25 \			2.5	0 \		3	0.001 \		12.351	18 \
	5	2.382 \		3	0 \		3.5	0.002 \		12.56	18.75 \
	5.5	2.965 \		3.5	0 \		4	0.004 \		12.796	19.7
5.524	3 \			4	0 \		4.5	0.009 \	\$Station 73		
5.855	3.75 \			4.5	0 \		5	0.027 \	plane	231.751	
5.888	4.5 \			5	0 \		5.5	0.087 \	-cart	0	8.798 \
5.66	5.25 \			5.5	0 \		6	0.209 \		0	9 \
	5.5	5.553 \		6	0 \		6.5	0.398 \		0.5	9.685 \
5.193	6 \			6.5	0.001 \		7	0.646 \		0.846	9.75 \
	5	6.234 \		7	0.001 \		7.178	0.75 \		1	9.776 \
4.588	6.664 \			7.5	0.001 \		7.5	0.96 \		1.5	9.849 \
	4.5	6.749 \		8	0.001 \		8	1.352 \		2	9.913 \
4.498	6.75 \			9	0.002 \		8.166	1.5 \		2.5	9.977 \
	4	7.198 \		10	0.004 \		8.92	2.25 \		3	10.054 \
	3.64	7.5 \		11	0.006 \		9	2.335 \		3.5	10.151 \
	3.5	7.614 \		12	0.009 \		9.619	3 \		4	10.277 \
	3	8.01 \		13	0.017 \		10	3.411 \		4.5	10.438 \
2.685	8.25 \			14	0.035 \		10.316	3.75 \		4.667	10.5 \
	2.5	8.389 \		15	0.126 \		11	4.474 \		5	10.633 \
	2	8.751 \		16	0.396 \		11.025	4.5 \		5.5	10.856 \
1.64	9 \		16.633	0.75 \			11.754	5.25 \		6	11.102 \
	1.5	9.094 \		17	1.071 \		12	5.498 \		6.287	11.25 \
	1	9.414 \		17.343	1.5 \		12.505	6 \		6.5	11.363 \
	0.5	9.705 \		17.673	2.25 \		13	6.486 \		7	11.637 \
0.418	9.75 \			17.763	3 \		13.183	6.664 \		7.5	11.92 \
	0	9.964		17.736	3.75 \		13.272	6.75 \		7.636	12 \
\$Station 12				17.678	4.5 \		14	7.452 \		8	12.219 \
plane	6			17.642	5.25 \		14.05	7.5 \		8.795	12.75 \
-cart	0	0.234 \		17.647	6 \		14.835	8.25 \		9	12.902 \
	0.5	0.272 \		17.684	6.664 \		15	8.407 \		9.715	13.5 \
	1	0.336 \		17.69	6.75 \		15.618	9 \		10	13.776 \
	1.5	0.421 \		17.76	7.5 \		16	9.383 \		10.433	14.25 \
	2	0.531 \		17.845	8.25 \		16.345	9.75 \		10.975	15 \
	2.5	0.673 \		17.941	9 \		16.962	10.5 \		11	15.041 \
2.726	0.75 \			18	9.432 \		17	10.551 \		11.388	15.75 \
	3	0.854 \		18.045	9.75 \		17.457	11.25 \		11.718	16.5 \
	3.5	1.077 \		18.154	10.5 \		17.84	12 \		11.993	17.25 \
	4	1.343 \		18.301	11.25 \		18	12.391 \		12	17.27 \
4.266	1.5 \			18.47	12 \		18.13	12.75 \		12.231	18 \
	4.5	1.648 \		18.638	12.75 \		18.364	13.5 \		12.441	18.75 \
	5	2.002 \		18.802	13.5 \		18.566	14.25 \		12.678	19.7
5.301	2.25 \			18.963	14.25 \		18.749	15 \	\$Station 74		
	5.5	2.436 \		19	14.426 \		18.917	15.75 \	plane	232.001	
5.966	3 \			19.12	15 \		19	16.136 \	-cart	0	9.037 \
	6	3.053 \		19.274	15.75 \		19.076	16.5 \		0.391	9.75 \
6.291	3.75 \			19.426	16.5 \		19.228	17.25 \		0.5	9.773 \
6.318	4.5 \			19.575	17.25 \		19.375	18 \		1	9.859 \
6.083	5.25 \			19.722	18 \		19.518	18.75 \		1.5	9.93 \
	6	5.411 \		19.867	18.75 \		19.694	19.7		2	9.993 \
5.604	6 \			20	19.443 \	\$Station 51				2.5	10.057 \
	5.5	6.128 \		20.049	19.7 \	plane	210.101			3	10.136 \
	5	6.659 \	\$Station 31			-cart	0	0 \		3.5	10.236 \
4.995	6.664 \		plane	59			0.5	0.001 \		4	10.366 \
4.906	6.75 \		-cart	0	0 \		1	0.003 \		4.416	10.5 \
	4.5	7.121 \		0.5	0 \		1.5	0.005 \		4.5	10.53 \
4.06	7.5 \			1	0 \		2	0.007 \		5	10.729 \
	4	7.55 \		1.5	0 \		2.5	0.009 \		5.5	10.954 \
	3.5	7.961 \		2	0 \		3	0.012 \		6	11.202 \
3.14	8.25 \			2.5	0 \		3.5	0.018 \		6.093	11.25 \
	3	8.361 \		3	0 \		4	0.034 \		6.5	11.466 \
	2.5	8.75 \		3.5	0 \		4.5	0.088 \		7	11.741 \
2.172	9 \			4	0 \		5	0.237 \		7.454	12 \
	2	9.128 \		4.5	0 \		5.5	0.502 \		7.5	12.027 \
	1.5	9.491 \		5	0 \		5.843	0.75 \		8	12.331 \
1.127	9.75 \			5.5	0 \		6	0.882 \		8.625	12.75 \
	1	9.835 \		6	0 \		6.5	1.398 \		9	13.03 \

	0.5	10.153 \		6.5	0 \		6.584	1.5 \		9.557	13.5 \
	0	10.438		7	0.001 \		7	2.058 \		10	13.932 \
\$Station 13				7.5	0.001 \		7.135	2.25 \		10.287	14.25 \
plane	6.5			8	0.001 \		7.5	2.78 \		10.839	15 \
-cart	0	0.169 \		9	0.002 \		7.653	3 \		11	15.265 \
	0.5	0.194 \		10	0.003 \		8	3.487 \		11.259	15.75 \
	1	0.243 \		11	0.004 \		8.196	3.75 \		11.594	16.5 \
	1.5	0.318 \		12	0.006 \		8.79	4.5 \		11.872	17.25 \
	2	0.416 \		13	0.01 \		9	4.748 \		12	17.638 \
	2.5	0.54 \		14	0.018 \		9.449	5.25 \		12.112	18 \
	3	0.697 \		15	0.037 \		10	5.818 \		12.323	18.75 \
	3.147	0.75 \		16	0.146 \		10.186	6 \		12.56	19.7
	3.5	0.89 \		17	0.494 \		10.904	6.664 \	\$Station 75		
	4	1.121 \		17.373	0.75 \		11	6.749 \	plane	232.251	
	4.5	1.387 \		17.973	1.5 \		11.001	6.75 \	-cart	0	9.239 \
	4.695	1.5 \		18	1.554 \		11.873	7.5 \		0.084	9.75 \
	5	1.691 \		18.223	2.25 \		12	7.606 \		0.5	9.854 \
	5.5	2.049 \		18.267	3 \		12.789	8.25 \		1	9.936 \
	5.739	2.25 \		18.232	3.75 \		13	8.419 \		1.5	10.006 \
	6	2.502 \		18.197	4.5 \		13.736	9 \		2	10.069 \
	6.393	3 \		18.194	5.25 \		14	9.207 \		2.5	10.135 \
	6.5	3.185 \		18.224	6 \		14.672	9.75 \		3	10.216 \
	6.706	3.75 \		18.271	6.664 \		15	10.03 \		3.5	10.319 \
	6.731	4.5 \		18.278	6.75 \		15.506	10.5 \		4	10.452 \
	6.5	5.242 \		18.347	7.5 \		16	11.025 \		4.153	10.5 \
	6.496	5.25 \		18.426	8.25 \		16.189	11.25 \		4.5	10.621 \
	6.009	6 \		18.511	9 \		16.729	12 \		5	10.823 \
	6	6.011 \		18.601	9.75 \		17	12.477 \		5.5	11.052 \
	5.5	6.556 \		18.698	10.5 \		17.135	12.75 \		5.9	11.25 \
	5.389	6.664 \		18.823	11.25 \		17.453	13.5 \		6	11.301 \
	5.299	6.75 \		18.954	12 \		17.719	14.25 \		6.5	11.567 \
	5	7.025 \		19	12.267 \		17.953	15 \		7	11.845 \
	4.5	7.463 \		19.083	12.75 \		18	15.16 \		7.271	12 \
	4.457	7.5 \		19.21	13.5 \		18.166	15.75 \		7.5	12.134 \
	4	7.886 \		19.336	14.25 \		18.363	16.5 \		8	12.444 \
	3.563	8.25 \		19.459	15 \		18.549	17.25 \		8.454	12.75 \
	3.5	8.302 \		19.581	15.75 \		18.727	18 \		9	13.161 \
	3	8.714 \		19.702	16.5 \		18.897	18.75 \		9.399	13.5 \
	2.651	9 \		19.821	17.25 \		19	19.214 \		10	14.093 \
	2.5	9.123 \		19.939	18 \		19.106	19.7		10.14	14.25 \
	2	9.529 \		20	18.389 \	\$Station 52				10.703	15 \
	1.727	9.75 \		20.056	18.75 \	plane	215.101			11	15.5 \
	1.5	9.931 \		20.204	19.7	-cart	0	0 \		11.13	15.75 \
	1	10.319 \	\$Station 32				0.5	0.016 \		11.469	16.5 \
	0.76	10.5 \	plane	64			1	0.032 \		11.751	17.25 \
	0.5	10.692 \	-cart	0	0 \		1.5	0.05 \		11.992	18 \
	0	11.059		0.5	0 \		2	0.072 \		12	18.027 \
\$Station 14				1	0 \		2.5	0.099 \		12.204	18.75 \
plane	6.65			1.5	0 \		3	0.147 \		12.442	19.7
-cart	0	0.154 \		2	0 \		3.5	0.251 \	\$Station 76		
	0.5	0.175 \		2.5	0 \		4	0.49 \	plane	232.501	
	1	0.221 \		3	0 \		4.331	0.75 \	-cart	0	9.412 \
	1.5	0.291 \		3.5	0 \		4.5	0.914 \		0	9.75 \
	2	0.386 \		4	0 \		4.974	1.5 \		0.5	9.929 \
	2.5	0.505 \		4.5	0 \		5	1.538 \		1	10.01 \
	3	0.655 \		5	0 \		5.424	2.25 \		1.5	10.079 \
	3.268	0.75 \		5.5	0 \		5.5	2.389 \		2	10.142 \
	3.5	0.84 \		6	0 \		5.831	3 \		2.5	10.21 \
	4	1.06 \		6.5	0 \		6	3.302 \		3	10.293 \
	4.5	1.316 \		7	0.001 \		6.264	3.75 \		3.5	10.4 \
	4.824	1.5 \		7.5	0.001 \		6.5	4.122 \		3.875	10.5 \
	5	1.608 \		8	0.001 \		6.758	4.5 \		4	10.537 \
	5.5	1.949 \		9	0.001 \		7	4.83 \		4.5	10.711 \
	5.867	2.25 \		10	0.002 \		7.332	5.25 \		5	10.916 \
	6	2.374 \		11	0.003 \		7.5	5.45 \		5.5	11.148 \
	6.5	2.974 \		12	0.005 \		8	6 \		5.706	11.25 \
	6.516	3 \		13	0.007 \		8	6 \		6	11.401 \
	6.826	3.75 \		14	0.012 \		8.682	6.664 \		6.5	11.669 \
	6.851	4.5 \		15	0.02 \		8.777	6.75 \		7	11.949 \
	6.617	5.25 \		16	0.043 \		9	6.948 \		7.089	12 \
	6.5	5.47 \		17	0.199 \		9.66	7.5 \		7.5	12.242 \
	6.13	6 \		18	0.714 \		10	7.77 \		8	12.558 \
	6	6.153 \		18.039	0.75 \		10.629	8.25 \		8.283	12.75 \
	5.506	6.664 \		18.542	1.5 \		11	8.523 \		9	13.294 \
	5.5	6.67 \		18.725	2.25 \		11.667	9 \		9.241	13.5 \
	5.415	6.75 \		18.737	3 \		12	9.232 \		9.993	14.25 \
	5	7.128 \		18.709	3.75 \		12.754	9.75 \		10	14.258 \
	4.573	7.5 \		18.7	4.5 \		13	9.921 \		10.567	15 \
	4.5	7.562 \		18.718	5.25 \		13.793	10.5 \		11	15.747 \
	4	7.985 \		18.758	6 \		14	10.662 \		11.001	15.75 \
	3.684	8.25 \		18.806	6.664 \		14.679	11.25 \		11.345	16.5 \
	3.5	8.404 \		18.812	6.75 \		15	11.567 \		11.629	17.25 \



6.5	5.722 \	1.5	0 \	3.5	3.564 \	1.5	10.653 \
6.29	6 \	2	0 \	3.589	3.75 \	2	10.739 \
6	6.327 \	2.5	0 \	3.997	4.5 \	2.5	10.837 \
5.66	6.664 \	3	0 \	4	4.504 \	3	10.957 \
5.569	6.75 \	3.5	0 \	4.5	5.242 \	3.5	11.106 \
5.5	6.814 \	4	0 \	4.506	5.25 \	3.898	11.25 \
5	7.262 \	4.5	0 \	5	5.862 \	4	11.29 \
4.726	7.5 \	5	0 \	5.121	6 \	4.5	11.507 \
4.5	7.693 \	5.5	0 \	5.5	6.41 \	5	11.752 \
4	8.117 \	6	0 \	5.749	6.664 \	5.465	12 \
3.843	8.25 \	6.5	0 \	5.836	6.75 \	5.5	12.019 \
3.5	8.541 \	7	0 \	6	6.909 \	6	12.304 \
3	8.967 \	7.5	0 \	6.5	7.37 \	6.5	12.606 \
2.962	9 \	8	0.001 \	6.647	7.5 \	6.728	12.75 \
2.5	9.4 \	9	0.001 \	7	7.802 \	7	12.929 \
2.102	9.75 \	10	0.001 \	7.5	8.209 \	7.5	13.283 \
2	9.841 \	11	0.002 \	7.551	8.25 \	7.783	13.5 \
1.5	10.285 \	12	0.003 \	8	8.598 \	8	13.676 \
1.259	10.5 \	13	0.005 \	8.541	9 \	8.635	14.25 \
1	10.733 \	14	0.007 \	9	9.328 \	9	14.631 \
0.5	11.216 \	15	0.011 \	9.612	9.75 \	9.313	15 \
0.469	11.25 \	16	0.017 \	10	10.009 \	9.827	15.75 \
0.008	12 \	17	0.03 \	10.756	10.5 \	10	16.058 \
0.002	12.023	18	0.121 \	11	10.659 \	10.22	16.5 \
END PGEN		19	0.594 \	11.863	11.25 \	10.533	17.25 \
pgen HULL -perm 1.0 -LOC 0 0 0 -DIFT		19.157	0.75 \	12	11.35 \	10.792	18 \
\$Station 16		19.531	1.5 \	12.803	12 \	11	18.705 \
plane	6.85	19.626	2.25 \	13	12.18 \	11.012	18.75 \
-cart	0 0.137 \	19.619	3 \	13.555	12.75 \	11.251	19.7
	0.5 0.153 \	19.62	3.75 \	14	13.314 \	\$Station 80	
	1 0.194 \	19.638	4.5 \	14.126	13.5 \	plane 235.751	
	1.5 0.259 \	19.665	5.25 \	14.561	14.25 \	-cart	0 10.533 \
	2 0.349 \	19.698	6 \	14.913	15 \	0.5	10.664 \
	2.5 0.462 \	19.73	6.664 \	15	15.206 \	1	10.783 \
	3 0.603 \	19.734	6.75 \	15.215	15.75 \	1.5	10.888 \
3.429	0.75 \	19.772	7.5 \	15.481	16.5 \	2	10.992 \
	3.5 0.777 \	19.812	8.25 \	15.723	17.25 \	2.5	11.11 \
	4 0.984 \	19.853	9 \	15.946	18 \	3	11.25 \
	4.5 1.225 \	19.894	9.75 \	16	18.19 \	2.999	11.25 \
4.996	1.5 \	19.938	10.5 \	16.153	18.75 \	3.5	11.424 \
	5 1.503 \	19.983	11.25 \	16.397	19.7	4	11.631 \
	5.5 1.825 \	20	11.545 \	\$Station 55		4.5	11.87 \
	6 2.218 \	20.027	12 \	plane 223.501		4.75	12 \
6.036	2.25 \	20.073	12.75 \	-cart	0 0.024 \	5	12.136 \
	6.5 2.746 \	20.12	13.5 \		0.5 0.164 \	5.5	12.422 \
6.677	3 \	20.168	14.25 \		1 0.328 \	6	12.727 \
6.982	3.75 \	20.218	15 \		1.5 0.582 \	6.037	12.75 \
6.999	3.818 \	20.268	15.75 \		1.687	0.75 \	6.5 13.053 \
	7 3.844 \	20.319	16.5 \		2 1.119 \	7	13.408 \
7.007	4.5 \	20.371	17.25 \		2.232	1.5 \	7.122 13.5 \
6.776	5.25 \	20.423	18 \		2.5 2.057 \	7.5	13.8 \
6.5	5.722 \	20.476	18.75 \		2.583	2.25 \	8 14.238 \
6.29	6 \	20.544	19.7		2.89	3 \	8.013 14.25 \
	6 6.327 \	\$Station 35			3 3.268 \	8.736	15 \
5.66	6.664 \	plane 79			3.213	3.75 \	9 15.328 \
5.569	6.75 \	-cart	0 0 \		3.5 4.316 \	9.294	15.75 \
	5.5 6.814 \		0.5 0 \		3.604	4.5 \	9.714 16.5 \
	5 7.262 \		1 0 \		4 5.114 \	10	17.142 \
4.726	7.5 \		1.5 0 \		4.098	5.25 \	10.043 17.25 \
	4.5 7.693 \		2 0 \		4.5 5.76 \	10.31	18 \
	4 8.117 \		2.5 0 \		4.707	6 \	10.533 18.75 \
3.843	8.25 \		3 0 \		5 6.321 \	10.769	19.7
	3.5 8.541 \		3.5 0 \		5.333	6.664 \	\$Station 81
	3 8.967 \		4 0 \		5.419	6.75 \	plane 236.751
2.962	9 \		4.5 0 \		5.5 6.829 \	-cart	0 10.695 \
	2.5 9.4 \		5 0 \		6 7.297 \	0.5	10.858 \
2.102	9.75 \		5.5 0 \		6.228	7.5 \	1 11 \
	2 9.841 \		6 0 \		6.5 7.735 \	1.5	11.124 \
	1.5 10.285 \		6.5 0 \		7 8.149 \	2	11.246 \
1.259	10.5 \		7 0 \		7.126	8.25 \	2.015 11.25 \
	1 10.733 \		7.5 0 \		7.5 8.543 \	2.5	11.384 \
	0.5 11.216 \		8 0.001 \		8 8.921 \	3	11.548 \
0.469	11.25 \		9 0.001 \		8.107	9 \	3.5 11.746 \
0.008	12 \		10 0.001 \		9 9.636 \	4	11.977 \
0.002	12.023 \		11 0.002 \		9.166	9.75 \	4.045 12 \
0.003	12.406 \		12 0.003 \		10 10.304 \	4.5	12.239 \
0.183	12.75 \		13 0.004 \		10.303	10.5 \	5 12.526 \
	0.5 13.083 \		14 0.006 \		11 10.956 \	5.367	12.75 \
	1 13.491 \		15 0.009 \		11.429	11.25 \	5.5 12.834 \
1.011	13.5 \		16 0.013 \		12 11.673 \	6	13.164 \
	1.5 13.876 \		17 0.021 \		12.398	12 \	6.472 13.5 \
1.969	14.25 \		18 0.043 \		13 12.563 \	6.5	13.521 \

2	14.276 \	19	0.293 \	13.179	12.75 \	7	13.912 \
2.5	14.7 \	19.623	0.75 \	13.776	13.5 \	7.394	14.25 \
2.844	15 \	19.971	1.5 \	14	13.848 \	7.5	14.346 \
3	15.137 \	20	1.635 \	14.228	14.25 \	8	14.835 \
3.5	15.578 \	20.043	2.25 \	14.59	15 \	8.155	15 \
3.697	15.75 \	20.04	3 \	14.897	15.75 \	8.755	15.75 \
4	16.013 \	20.049	3.75 \	15	16.026 \	9	16.133 \
4.5	16.44 \	20.065	4.5 \	15.167	16.5 \	9.204	16.5 \
4.572	16.5 \	20.086	5.25 \	15.41	17.25 \	9.548	17.25 \
5	16.857 \	20.108	6 \	15.631	18 \	9.822	18 \
5.484	17.25 \	20.13	6.664 \	15.836	18.75 \	10	18.584 \
5.5	17.264 \	20.132	6.75 \	16	19.392 \	10.046	18.75 \
6	17.665 \	20.157	7.5 \	16.075	19.7	10.281	19.7
6.419	18 \	20.183	8.25 \	\$Station 56		\$Station 82	
6.5	18.065 \	20.209	9 \	plane 224.501		plane 237.751	
7	18.468 \	20.235	9.75 \	-cart 0	0.082 \	-cart 0	10.872 \
7.347	18.75 \	20.261	10.5 \		0.5 0.26 \		0.5 11.064 \
7.5	18.877 \	20.286	11.25 \		1 0.478 \	1	11.224 \
8	19.302 \	20.312	12 \	1.383	0.75 \	1.093	11.25 \
8.449	19.7 \	20.339	12.75 \	1.5	0.88 \	1.5	11.36 \
8	19.302 \	20.367	13.5 \	1.905	1.5 \	2	11.498 \
8.449	19.7	20.396	14.25 \	2	1.698 \	2.5	11.654 \
\$Station 17		20.427	15 \	2.231	2.25 \	3	11.84 \
plane		20.459	15.75 \	2.5	2.952 \	3.371	12 \
-cart		20.491	16.5 \	2.518	3 \	3.5	12.06 \
0	0.125 \	20.524	17.25 \	2.821	3.75 \	4	12.314 \
0.5	0.139 \	20.557	18 \	3	4.134 \	4.5	12.599 \
1	0.177 \	20.591	18.75 \	3.192	4.5 \	4.748	12.75 \
1.5	0.238 \	20.635	19.7 \	3.5	5.008 \	5	12.909 \
2	0.323 \	20.635	19.7	3.666	5.25 \	5.5	13.243 \
2.5	0.431 \	\$Station 36		4	5.688 \	5.861	13.5 \
3	0.567 \	plane 88.521		4.263	6 \	6	13.604 \
3.5	0.732 \	-cart 0	0 \	4.5	6.264 \	6.5	13.997 \
3.549	0.75 \	1	0 \	4.886	6.664 \	6.797	14.25 \
4	0.93 \	2	0 \	4.972	6.75 \	7	14.431 \
4.5	1.161 \	3	0 \	5	6.777 \	7.5	14.916 \
5	1.428 \	4	0 \	5.5	7.249 \	7.581	15 \
5.123	1.5 \	5	0 \	5.782	7.5 \	8	15.473 \
5.5	1.738 \	6	0 \	6	7.689 \	8.215	15.75 \
6	2.111 \	7	0 \	6.5	8.105 \	8.689	16.5 \
6.159	2.25 \	8	0 \	6.679	8.25 \	9	17.14 \
6.5	2.599 \	9	0.001 \	7	8.503 \	9.047	17.25 \
6.794	3 \	10	0.001 \	7.5	8.884 \	9.327	18 \
7	3.418 \	11	0.001 \	7.656	9 \	9.553	18.75 \
7.097	3.75 \	12	0.002 \	8	9.252 \	9.786	19.7
7.122	4.5 \	13	0.003 \	8.706	9.75 \	\$Station 83	
7	4.997 \	14	0.004 \	9	9.95 \	plane 238.751	
6.893	5.25 \	15	0.006 \	9.835	10.5 \	-cart 0	11.066 \
6.5	5.886 \	16	0.009 \	10	10.606 \	0.42	11.25 \
6.409	6 \	17	0.013 \	10.977	11.25 \	0.5	11.281 \
6	6.447 \	18	0.022 \	11	11.266 \	1	11.449 \
5.776	6.664 \	19	0.047 \	11.977	12 \	1.5	11.593 \
5.685	6.75 \	20	0.434 \	12	12.019 \	2	11.743 \
5.5	6.919 \	20.37	0.75 \	12.786	12.75 \	2.5	11.915 \
5	7.361 \	20.748	1.5 \	13	12.982 \	2.719	12 \
4.839	7.5 \	20.8	2.25 \	13.412	13.5 \	3	12.12 \
4.5	7.79 \	20.8	3 \	13.882	14.25 \	3.5	12.362 \
4	8.216 \	20.8	3.75 \	14	14.472 \	4	12.639 \
3.96	8.25 \	20.8	4.5 \	14.254	15 \	4.185	12.75 \
3.5	8.645 \	20.8	5.25 \	14.566	15.75 \	4.5	12.948 \
3.091	9 \	20.8	6 \	14.838	16.5 \	5	13.285 \
3	9.079 \	20.8	6.664 \	15	16.993 \	5.298	13.5 \
2.5	9.525 \	20.8	6.75 \	15.08	17.25 \	5.5	13.651 \
2.254	9.75 \	20.8	7.5 \	15.3	18 \	6	14.05 \
2	9.986 \	20.8	8.25 \	15.501	18.75 \	6.235	14.25 \
1.5	10.456 \	20.8	9 \	15.734	19.7	6.5	14.488 \
1.454	10.5 \	20.8	9.75 \	\$Station 57		7	14.975 \
1	10.949 \	20.799	10.5 \	plane 225.501		7.025	15 \
0.73	11.25 \	20.799	11.25 \	-cart 0	0.185 \	7.5	15.527 \
0.5	11.57 \	20.798	12 \		0.5 0.416 \	7.677	15.75 \
0.323	12 \	20.797	12.75 \		1 0.716 \	8	16.213 \
0.5	12.739 \	20.797	13.5 \	1.042	0.75 \	8.172	16.5 \
0.511	12.75 \	20.796	14.25 \	1.5	1.362 \	8.541	17.25 \
1	13.262 \	20.796	15 \	1.571	1.5 \	8.826	18 \
1.28	13.5 \	20.795	15.75 \	1.873	2.25 \	9	18.56 \
1.5	13.682 \	20.795	16.5 \	2	2.618 \	9.053	18.75 \
2	14.098 \	20.794	17.25 \	2.132	3 \	9.284	19.7
2.177	14.25 \	20.794	18 \	2.411	3.75 \	\$Station 84	
2.5	14.535 \	20.793	18.75 \	2.5	3.963 \	plane 239.751	
3	14.985 \	20.793	19.7	2.755	4.5 \	-cart 0	11.279 \
3.016	15 \	\$Station 37		3	4.937 \	0.5	11.506 \
3.5	15.439 \	plane 140.101		3.201	5.25 \	1	11.671 \
3.848	15.75 \						



4	15.885 \	-cart	0	0 \	3.5	5.661 \	1.5	11.817 \
4.5	16.321 \		0.5	0 \	3.778	6 \	2	11.975 \
4.71	16.5 \		1	0 \	4	6.251 \	2.073	12 \
5	16.746 \		1.5	0 \	4.395	6.664 \	2.5	12.16 \
5.5	17.159 \		2	0 \	4.481	6.75 \	3	12.382 \
5.612	17.25 \		2.5	0 \	4.5	6.769 \	3.5	12.646 \
6	17.565 \		3	0 \	5	7.239 \	3.679	12.75 \
6.5	17.969 \		3.5	0 \	5.294	7.5 \	4	12.949 \
6.538	18 \		4	0 \	5.5	7.677 \	4.5	13.287 \
7	18.376 \		4.5	0 \	6	8.091 \	4.793	13.5 \
7.455	18.75 \		5	0 \	6.198	8.25 \	5	13.658 \
7.5	18.788 \		5.5	0 \	6.5	8.487 \	5.5	14.064 \
8	19.215 \		6	0 \	7	8.868 \	5.715	14.25 \
8.541	19.7		6.5	0 \	7.177	9 \	6	14.51 \
\$Station 18			7	0 \	7.5	9.236 \	6.495	15 \
plane	7.5		7.5	0 \	8	9.593 \	6.5	15.005 \
-cart	0	0.093 \	8	0 \	8.225	9.75 \	7	15.564 \
0.5	0.1 \		9	0.001 \	9	10.274 \	7.149	15.75 \
1	0.129 \		10	0.001 \	9.346	10.5 \	7.5	16.246 \
1.5	0.179 \		11	0.001 \	10	10.92 \	7.655	16.5 \
2	0.25 \		12	0.002 \	10.502	11.25 \	8	17.18 \
2.5	0.343 \		13	0.003 \	11	11.596 \	8.031	17.25 \
3	0.459 \		14	0.004 \	11.533	12 \	8.319	18 \
3.5	0.6 \		15	0.006 \	12	12.397 \	8.547	18.75 \
3.948	0.75 \		16	0.009 \	12.372	12.75 \	8.776	19.7
4	0.769 \		17	0.013 \	13	13.463 \	\$Station 85	
4.5	0.97 \		18	0.022 \	13.028	13.5 \	plane 240.751	
5	1.205 \		19	0.047 \	13.517	14.25 \	-cart	0 11.51 \
5.5	1.478 \		20	0.433 \	13.9	15 \	0.5	11.732 \
5.538	1.5 \		20.371	0.75 \	14	15.224 \	1	11.883 \
6	1.8 \		20.748	1.5 \	14.216	15.75 \	1.413	12 \
6.5	2.201 \		20.8	2.25 \	14.489	16.5 \	1.5	12.026 \
6.553	2.25 \		20.8	3 \	14.729	17.25 \	2	12.187 \
7	2.749 \		20.8	3.75 \	14.946	18 \	2.5	12.382 \
7.166	3 \		20.8	4.5 \	15	18.196 \	3	12.622 \
7.458	3.75 \		20.8	5.25 \	15.145	18.75 \	3.233	12.75 \
7.485	4.5 \		20.8	6 \	15.375	19.7	3.5	12.909 \
7.269	5.25 \		20.8	6.664 \	\$Station 58		4	13.242 \
7	5.728 \		20.8	6.75 \	plane 226.501		4.351	13.5 \
6.797	6 \		20.8	7.5 \	-cart	0 0.35 \	4.5	13.615 \
6.5	6.334 \		20.8	8.25 \	0.5	0.656 \	5	14.03 \
6.162	6.664 \		20.8	9 \	0.631	0.75 \	5.247	14.25 \
6.068	6.75 \		20.8	9.75 \	1	1.109 \	5.5	14.488 \
6	6.812 \		20.799	10.5 \	1.226	1.5 \	6	14.999 \
5.5	7.25 \		20.799	11.25 \	1.5	2.212 \	6.001	15 \
5.21	7.5 \		20.798	12 \	1.512	2.25 \	6.5	15.575 \
5	7.68 \		20.797	12.75 \	1.733	3 \	6.638	15.75 \
4.5	8.11 \		20.797	13.5 \	1.978	3.75 \	7	16.267 \
4.339	8.25 \		20.796	14.25 \	2	3.811 \	7.141	16.5 \
4	8.548 \		20.796	15 \	2.285	4.5 \	7.5	17.208 \
3.501	9 \		20.795	15.75 \	2.5	4.922 \	7.518	17.25 \
3.5	9.001 \		20.795	16.5 \	2.693	5.25 \	7.806	18 \
3	9.479 \		20.794	17.25 \	3	5.7 \	8	18.628 \
2.732	9.75 \		20.794	18 \	3.234	6 \	8.034	18.75 \
2.5	9.994 \		20.793	18.75 \	3.5	6.309 \	8.262	19.7
2.045	10.5 \		20.793	19.7	3.835	6.664 \	\$Station 86	
2	10.553 \	\$Station 38			3.921	6.75 \	plane 241.751	
1.5	11.214 \	plane 145.101			4	6.828 \	-cart	0 11.763 \
1.478	11.25 \	-cart	0	0 \	4.5	7.294 \	0.5	11.952 \
1.194	12 \		0.5	0 \	4.735	7.5 \	0.682	12 \
1.399	12.75 \		1	0 \	5	7.724 \	1	12.079 \
1.5	12.895 \		1.5	0 \	5.5	8.128 \	1.5	12.213 \
2	13.454 \		2	0 \	5.655	8.25 \	2	12.373 \
2.046	13.5 \		2.5	0 \	6	8.516 \	2.5	12.577 \
2.5	13.947 \		3	0 \	6.5	8.89 \	2.848	12.75 \
2.805	14.25 \		3.5	0 \	6.649	9 \	3	12.834 \
3	14.446 \		4	0 \	7	9.254 \	3.5	13.148 \
3.5	14.948 \		4.5	0 \	7.5	9.608 \	3.979	13.5 \
3.552	15 \		5	0 \	7.704	9.75 \	4	13.517 \
4	15.439 \		5.5	0 \	8	9.953 \	4.5	13.937 \
4.328	15.75 \		6	0 \	8.822	10.5 \	4.837	14.25 \
4.5	15.91 \		6.5	0 \	9	10.615 \	5	14.41 \
5	16.363 \		7	0 \	9.99	11.25 \	5.5	14.943 \
5.155	16.5 \		7.5	0 \	10	11.257 \	5.55	15 \
5.5	16.801 \		8	0 \	11	11.959 \	6	15.55 \
6	17.226 \		9	0.001 \	11.053	12 \	6.15	15.75 \
6.029	17.25 \		10	0.001 \	11.925	12.75 \	6.5	16.269 \
6.5	17.645 \		11	0.001 \	12	12.823 \	6.636	16.5 \
6.926	18 \		12	0.002 \	12.611	13.5 \	7	17.238 \
7	18.063 \		13	0.003 \	13	14.05 \	7.005	17.25 \
7.5	18.485 \		14	0.004 \	13.122	14.25 \	7.289	18 \
7.806	18.75 \		15	0.006 \	13.516	15 \	7.5	18.697 \

	8	18.921 \		16	0.009 \		13.838	15.75 \		7.514	18.75 \
	8.84	19.7		17	0.014 \		14	16.177 \		7.742	19.7
\$Station 19				18	0.022 \		14.114	16.5 \	\$Station 87		
plane	8			19	0.05 \		14.356	17.25 \	plane	242.9	
-cart	0	0.069 \		20	0.452 \		14.573	18 \	-cart	0	12.08 \
	0.5	0.072 \		20.345	0.75 \		14.77	18.75 \		0.001	12.081 \
	1	0.095 \		20.73	1.5 \		14.997	19.7		0.001	12.081 \
	1.5	0.136 \		20.794	2.25 \	\$Station 59				0.016	12.085 \
	2	0.195 \		20.797	3 \	plane	227.501			0.037	12.091 \
	2.5	0.273 \		20.799	3.75 \	-cart	0	0.606 \		0.076	12.101 \
	3	0.372 \		20.799	4.5 \		0.181	0.75 \		0.076	12.101 \
	3.5	0.492 \		20.8	5.25 \		0.5	1.034 \		0.28	12.143 \
	4	0.637 \		20.8	6 \		0.855	1.5 \		0.486	12.181 \
	4.335	0.75 \		20.8	6.664 \		1	1.823 \		0.5	12.183 \
	4.5	0.811 \		20.8	6.75 \		1.144	2.25 \		0.783	12.234 \
	5	1.017 \		20.8	7.5 \		1.326	3 \		0.783	12.234 \
	5.5	1.259 \		20.8	8.25 \		1.5	3.689 \		1.567	12.411 \
	5.928	1.5 \		20.8	9 \		1.518	3.75 \		2	12.548 \
	6	1.544 \		20.8	9.75 \		1.772	4.5 \		2.001	12.548 \
	6.5	1.89 \		20.8	10.5 \		2	5.016 \		2.434	12.726 \
	6.917	2.25 \		20.799	11.25 \		2.121	5.25 \		2.434	12.726 \
	7	2.333 \		20.799	12 \		2.5	5.861 \		3.301	13.237 \
	7.5	2.986 \		20.798	12.75 \		2.6	6 \		3.5	13.386 \
	7.508	3 \		20.798	13.5 \		3	6.493 \		3.644	13.5 \
	7.791	3.75 \		20.798	14.25 \		3.156	6.664 \		3.746	13.585 \
	7.822	4.5 \		20.797	15 \		3.238	6.75 \		4	13.809 \
	7.621	5.25 \		20.797	15.75 \		3.5	7.012 \		4.203	14.002 \
	7.5	5.5 \		20.797	16.5 \		4	7.468 \		4.203	14.002 \
	7.169	6 \		20.797	17.25 \		4.037	7.5 \		5.125	15.042 \
	7	6.202 \		20.796	18 \		4.5	7.882 \		5.5	15.558 \
	6.542	6.664 \		20.796	18.75 \		4.976	8.25 \		5.571	15.663 \
	6.5	6.703 \		20.796	19.7		5	8.268 \		5.629	15.75 \
	6.448	6.75 \	\$Station 39				5.5	8.636 \		5.998	16.363 \
	6	7.141 \	plane	150.101			6	8.994 \		5.998	16.363 \
	5.575	7.5 \	-cart	0	0 \		6.009	9 \		6.782	18.297 \
	5.5	7.564 \		0.5	0 \		6.5	9.344 \		6.91	18.75 \
	5	7.991 \		1	0 \		7	9.687 \		7	19.1 \
	4.704	8.25 \		1.5	0 \		7.092	9.75 \		7.138	19.7
	4.5	8.432 \		2	0 \		7.5	10.025 \	END PGEN		
	4	8.894 \		2.5	0 \		8	10.356 \			
	3.89	9 \		3	0 \		8.222	10.5 \			
	3.5	9.392 \		3.5	0 \		9	10.996 \			
	3.173	9.75 \		4	0 \		9.402	11.25 \			
	3	9.952 \		4.5	0 \		10	11.643 \			
	2.57	10.5 \		5	0 \		10.505	12 \			
	2.5	10.597 \		5.5	0 \		11	12.386 \			
	2.108	11.25 \		6	0 \		11.418	12.75 \			
	2	11.509 \		6.5	0 \		12	13.333 \			
	1.903	12 \		7	0 \		12.145	13.5 \			
	2	12.523 \		7.5	0 \		12.689	14.25 \			
	2.114	12.75 \		8	0 \		13	14.797 \			
	2.5	13.28 \		9	0.001 \		13.102	15 \			
	2.689	13.5 \		10	0.001 \		13.435	15.75 \			
	3	13.847 \		11	0.002 \		13.715	16.5 \			
	3.362	14.25 \		14	0.005 \		13.959	17.25 \			
	3.5	14.404 \		15	0.007 \		14	17.385 \			
	4	14.951 \		16	0.01 \		14.176	18 \			
	4.046	15 \		17	0.015 \		14.372	18.75 \			
	4.5	15.47 \		18	0.025 \		14.597	19.7			
	4.783	15.75 \		19	0.07 \						
	5	15.96 \		20	0.538 \						
	5.5	16.426 \		20.238	0.75 \						
	5.582	16.5 \		20.665	1.5 \						
	6	16.874 \		20.793	3.75 \						
	6.431	17.25 \		20.796	4.5 \						
	6.5	17.31 \		20.798	5.25 \						
	7	17.741 \		20.799	6 \						
	7.3	18 \		20.8	6.664 \						
	7.5	18.175 \		20.8	8.25 \						
	8	18.62 \		20.8	9 \						
	8.142	18.75 \		20.8	9.75 \						
	9	19.573 \		20.8	10.5 \						
	9.126	19.7		20.8	11.25 \						
				20.799	12 \						
				20.799	12.75 \						
				20.799	13.5 \						
				20.799	14.25 \						
				20.798	16.5 \						
				20.798	17.25 \						
				20.798	18 \						
				20.798	18.75 \						
				20.797	19.7						

```

1  $=====
2  $ -PROJECT : MO.184804 - TUGAS AKHIR $
3  $          STUDI KOMPARASI ANTARA PENGGUNAAN SUBSEA BUOY DAN BUOYANCY $
4  $          MODULES TERHADAP KEKUATAN SUBSEA HOSE PADA CALM BUOY $
5  $ -AUTHOR : FARIS RAHMAT ANGGORO (0431154000025) $
6  $ -SUPERVISORS: - Ir. Murdjito, M.Sc.Eng $
7  $              - Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc. $
8  $=====
9  &DIMEN -REMEMBER -DIMEN METERS M-TONS
10 &DEVICE -OECHO NO -PRIMARY DEVICE -AUXIN FSO.dat
11 &TITLE FSO ABHERKA - FULL LOAD CONDITION
12 &SUBTITLE TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro.
13 $*****READ MODEL*****
14 INMODEL FSO Abherka
15 $*****DETERMINE INITIAL STATE*****
16 &INSTATE FSO_Abherka -CONDITION 12.709 0 0
17 $*****MODEL PICTURE PLOT*****
18 &PLTMODEL
19     pic iso
20     pic port
21     pic starboard
22     pic top
23     pic stern
24     pic bow
25 END
26 $*****DEFINE WEIGHT & STATUS OF THE SYSTEM *****
27     &WEIGHT -COMPUTE FSO_Abherka 11.380 15.675 68.161 68.161
28     &EQUI -iter 50
29     &STATUS B_w
30 $*****HYDROSTATIC MENU & STABILITY TRANSFER*****
31 HSTATIC
32     CFORM 0 0 0 -DRAFT 0.1 198
33     REPORT
34     END
35 END
36 HYDRODYNAMICS
37 &PARAMETER -M_DISTANCE 2
38 G_PRESSURE -HEADING 0 45 90 135 180 210 225 270 315\
39     -PERIOD 62.8319 31.4159 20.9440 15.7080 12.5664 10.4720 8.9760\
40             7.8540 6.9813 6.2832 5.7120 5.2360 4.8332 4.4880 4.1888\
41             3.9270 3.6960 3.4907 3.3069 3.1416 2.9920 2.8560 2.7318\
42             2.616666667 2.512 2.415384615 2.325925926 2.242857143\
43             2.165517241 2.093333333
44 &ENV SEA
45 &STATUS FORCE
46 HYDR_SUM
47 V_MDRIFT
48 REPORT
49 END
50 END
51 $*****FREQUENCY RESPONSE ANALYSIS (RAO)*****
52     FREQ_RESP
53     RAO -SPEED 0
54     FP_STD &BODY (CG FSO_Abherka)
55     EQU_SUM
56     MATRICES -FILE YES
57     REPORT
58     $FR_2TIME -SEA issc 0 8.5 8 -SP_TYPE peak
59     $ST_POINT -SEA SEA 90
60     $&dcptime Time to FRQCPOST
61     END
62 $&FINISH

```

```

1  $=====
2  $ -PROJECT : MO.184804 - TUGAS AKHIR $
3  $ STUDI KOMPARASI ANTARA PENGGUNAAN SUBSEA BUOY DAN BUOYANCY $
4  $ MODULES TERHADAP KEKUATAN SUBSEA HOSE PADA CALM BUOY $
5  $ -AUTHOR : FARIS RAHMAT ANGGORO (0431154000025) $
6  $ -SUPERVISORS: - Ir. Murdjito, M.Sc.Eng $
7  $ - Dr. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc. $
8  $=====
9  &DIMEN -REMEMBER -DIMEN METERS M-TONS
10 &DEVICE -OECHO NO -PRIMARY DEVICE -AUXIN FSO.dat
11 &TITLE FSO ABHERKA - BALLAST CONDITION
12 &SUBTITLE TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro
13 $*****READ MODEL*****
14 INMODEL FSO Abherka
15 $*****DETERMINE INITIAL STATE*****
16 &INSTATE FSO_Abherka -CONDITION 6.664 0 0
17 $*****MODEL PICTURE PLOT*****
18 &PLTMODEL
19 pic iso
20 pic port
21 pic starboard
22 pic top
23 pic stern
24 pic bow
25 END
26 $*****DEFINE WEIGHT & STATUS OF THE SYSTEM *****
27 &WEIGHT -COMPUTE FSO_Abherka 10.954 15.410 66.113 66.113
28 &EQUI -iter 50
29 &STATUS B_w
30 $*****HYDROSTATIC MENU & STABILITY TRANSFER*****
31 HSTATIC
32 CFORM 0 0 0 -DRAFT 0.1 198
33 REPORT
34 END
35 END
36 HYDRODYNAMICS
37 &PARAMETER -M_DISTANCE 2
38 G_PRESSURE -HEADING 0 45 90 135 180 210 225 270 315\
39 -PERIOD 62.8319 31.4159 20.9440 15.7080 12.5664 10.4720 8.9760\
40 7.8540 6.9813 6.2832 5.7120 5.2360 4.8332 4.4880 4.1888\
41 3.9270 3.6960 3.4907 3.3069 3.1416 2.9920 2.8560 2.7318\
42 2.616666667 2.512 2.415384615 2.325925926 2.242857143\
43 2.165517241 2.093333333
44 &ENV SEA
45 &STATUS FORCE
46 HYDR_SUM
47 V_MDRIFT
48 REPORT
49 END
50 END
51 $*****FREQUENCY RESPONSE ANALYSIS (RAO)*****
52 FREQ_RESP
53 RAO -SPEED 0
54 FP_STD &BODY (CG FSO_Abherka)
55 EQU_SUM
56 MATRICES -FILE YES
57 REPORT
58 $FR_2TIME -SEA issc 0 8.5 8 -SP_TYPE peak
59 $ST_POINT -SEA SEA 90
60 $&dcptime Time to FRQCPOST
61 END
62 $&FINISH

```

LAMPIRAN C

*Output* MOSES

```
*****
*                                     *** MOSES ***                             *
*                                     -----                             *
*                                     February 12, 2019                             *
* PEMODELAN DAN ANALISIS RAO SPM 1170                                           *
* TUGAS AKHIR - DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN FTK ITS | Faris Rahmat Anggoro         *
* Draft = 2.2 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 1.4 Meters *
* Roll Gy. Radius = 4.9 Meters Pitch Gy. Radius = 4.9 Meters Yaw Gy. Radius = 6.6 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 SPM\_1170 At X = 0.0 Y = 0.0 Z = 3.5

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
0.1000	62.83	0.997	90	0.000	0	1.000	0	0.000	0	0.058	-89	0.000	0
0.2000	31.42	0.991	90	0.000	0	1.001	0	0.000	0	0.248	-89	0.000	0
0.3000	20.94	1.026	90	0.000	0	1.006	0	0.000	0	0.957	90	0.000	0
0.4000	15.71	0.977	90	0.000	0	1.028	0	0.000	0	0.684	-89	0.000	0
0.5000	12.57	0.961	90	0.000	0	1.139	0	0.000	0	1.147	-89	0.000	0
0.6000	10.47	0.941	90	0.000	0	0.321	-167	0.000	0	1.666	-90	0.000	0
0.7000	8.98	0.916	90	0.000	0	0.660	3	0.000	0	2.232	-89	0.000	0
0.8000	7.85	0.886	90	0.000	0	0.701	4	0.000	0	2.840	-89	0.000	0
0.9000	6.98	0.851	90	0.000	0	0.686	5	0.000	0	3.466	-89	0.000	0
1.0000	6.28	0.811	91	0.000	0	0.651	6	0.000	0	4.086	-88	0.000	0
1.1000	5.71	0.766	91	0.000	0	0.605	8	0.000	0	4.675	-88	0.000	0
1.2000	5.24	0.718	91	0.000	0	0.550	10	0.000	0	5.205	-88	0.000	0
1.3000	4.83	0.665	92	0.000	0	0.492	14	0.000	0	5.647	-87	0.000	0
1.4000	4.49	0.606	92	0.000	0	0.431	19	0.000	0	5.961	-87	0.000	0
1.5000	4.19	0.541	92	0.000	0	0.375	25	0.000	0	6.053	-87	0.000	0
1.6000	3.93	0.469	93	0.000	0	0.323	33	0.000	0	5.924	-86	0.000	0
1.7000	3.70	0.394	95	0.000	0	0.278	43	0.000	0	5.545	-84	0.000	0
1.8000	3.49	0.321	98	0.000	0	0.239	54	0.000	0	4.994	-81	0.000	0
1.9000	3.31	0.256	103	0.000	0	0.207	67	0.000	0	4.356	-76	0.000	0
2.0000	3.14	0.202	110	0.000	0	0.182	81	0.000	0	3.717	-69	0.000	0
2.1000	2.99	0.159	120	0.000	0	0.163	98	0.000	0	3.139	-59	0.000	0
2.2000	2.86	0.126	132	0.000	0	0.150	116	0.000	0	2.640	-47	0.000	0
2.3000	2.73	0.100	146	0.000	0	0.145	135	0.000	0	2.224	-33	0.000	0
2.4012	2.62	0.081	161	0.000	0	0.153	158	0.000	0	1.885	-18	0.000	0
2.5013	2.51	0.066	178	0.000	0	0.188	-170	0.000	0	1.630	-1	0.000	0
2.6013	2.42	0.056	-162	0.000	0	0.291	-108	0.000	0	1.494	16	0.000	0
2.7014	2.33	0.053	-135	0.000	0	0.139	-12	0.000	0	2.443	42	0.000	0
2.8014	2.24	0.037	-130	0.000	0	0.052	25	0.000	0	0.521	47	0.000	0
2.9015	2.17	0.033	-109	0.000	0	0.027	50	0.000	0	0.583	70	0.000	0
3.0015	2.09	0.027	-88	0.000	0	0.022	73	0.000	0	0.540	91	0.000	0

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

RAO FSO Full Load .txt

\*\*\*\*\*
\*\*\* MOSES \*\*\*
March 13, 2019
FSO ABHERKA - FULL LOAD CONDITION
TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro.
Draft = 12.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 5.7 Meters \*
Roll Gy. Radius = 15.7 Meters Pitch Gy. Radius = 68.2 Meters Yaw Gy. Radius = 68.2 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 FSO\_ABHE At X = 117.3 Y = 0.0 Z = 11.4

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

Table with columns: ENCOUNTER, Surge / Wave Ampl., Sway / Wave Ampl., Heave / Wave Ampl., Roll / Wave Ampl., Pitch / Wave Ampl., Yaw / Wave Ampl. Rows include frequency and period data for various wave conditions.

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

\*\*\*\*\*
\*\*\* MOSES \*\*\*
March 13, 2019
FSO ABHERKA - FULL LOAD CONDITION
TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro.
Draft = 12.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 5.7 Meters \*
Roll Gy. Radius = 15.7 Meters Pitch Gy. Radius = 68.2 Meters Yaw Gy. Radius = 68.2 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 FSO\_ABHE At X = 117.3 Y = 0.0 Z = 11.4

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

Table with columns: ENCOUNTER, Surge / Wave Ampl., Sway / Wave Ampl., Heave / Wave Ampl., Roll / Wave Ampl., Pitch / Wave Ampl., Yaw / Wave Ampl. Rows include frequency and period data for various wave conditions.

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

RAO FSO Full Load .txt

\*\*\*\*\*
\*\*\* MOSES \*\*\*
March 13, 2019
FSO ABHERKA - FULL LOAD CONDITION
TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro.
Draft = 12.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 5.7 Meters \*
Roll Gy. Radius = 15.7 Meters Pitch Gy. Radius = 68.2 Meters Yaw Gy. Radius = 68.2 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 FSO\_ABHE At X = 117.3 Y = 0.0 Z = 11.4

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

Table with columns: ENCOUNTER, Surge / Wave Ampl., Sway / Wave Ampl., Heave / Wave Ampl., Roll / Wave Ampl., Pitch / Wave Ampl., Yaw / Wave Ampl. Includes frequency and period data.

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

\*\*\*\*\*
\*\*\* MOSES \*\*\*
March 13, 2019
FSO ABHERKA - FULL LOAD CONDITION
TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro.
Draft = 12.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 5.7 Meters \*
Roll Gy. Radius = 15.7 Meters Pitch Gy. Radius = 68.2 Meters Yaw Gy. Radius = 68.2 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 FSO\_ABHE At X = 117.3 Y = 0.0 Z = 11.4

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

Table with columns: ENCOUNTER, Surge / Wave Ampl., Sway / Wave Ampl., Heave / Wave Ampl., Roll / Wave Ampl., Pitch / Wave Ampl., Yaw / Wave Ampl. Includes frequency and period data.

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11



RAO FSO Full Load .txt

```

*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               March 13, 2019                               *
*                               FSO ABHERKA - FULL LOAD CONDITION           *
*                               TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro. *
*                               Draft = 12.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 5.7 Meters *
*                               Roll Gy. Radius = 15.7 Meters Pitch Gy. Radius = 68.2 Meters Yaw Gy. Radius = 68.2 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 FSO\_ABHE At X = 117.3 Y = 0.0 Z = 11.4

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
0.1000	62.83	0.966	-96	0.000	0	0.999	-6	0.000	0	0.061	83	0.000	0
0.2000	31.42	0.923	-117	0.000	0	0.976	-27	0.000	0	0.244	60	0.000	0
0.3000	20.94	0.798	-152	0.000	0	0.874	-61	0.000	0	0.533	21	0.000	0
0.4000	15.71	0.551	159	0.000	0	0.624	-109	0.000	0	0.837	-35	0.000	0
0.5000	12.57	0.216	95	0.000	0	0.272	-150	0.001	144	0.917	-115	0.000	0
0.6000	10.47	0.050	-147	0.000	0	0.288	-144	0.001	56	0.416	131	0.000	0
0.7000	8.98	0.094	115	0.000	0	0.305	85	0.000	0	0.136	167	0.000	0
0.8000	7.85	0.008	-129	0.000	0	0.041	137	0.000	0	0.120	16	0.000	0
0.9000	6.98	0.024	86	0.000	0	0.073	-15	0.001	-38	0.025	96	0.000	0
1.0000	6.28	0.015	123	0.001	-64	0.038	-100	0.005	-136	0.018	3	0.001	179
1.1000	5.71	0.005	148	0.000	0	0.028	99	0.000	0	0.021	-79	0.000	0
1.2000	5.24	0.001	146	0.000	0	0.021	-77	0.000	0	0.009	-67	0.000	0
1.3000	4.83	0.001	47	0.000	0	0.010	-147	0.000	0	0.023	-129	0.000	0
1.4000	4.49	0.001	37	0.000	0	0.011	139	0.000	0	0.005	93	0.000	0
1.5000	4.19	0.000	0	0.000	0	0.006	-113	0.000	0	0.010	156	0.000	0
1.6000	3.93	0.000	0	0.000	0	0.006	103	0.000	0	0.004	-176	0.000	0
1.7000	3.70	0.001	105	0.000	0	0.004	-165	0.001	151	0.004	-160	0.000	0
1.8000	3.49	0.000	0	0.000	0	0.009	-147	0.000	0	0.009	-144	0.000	0
1.9000	3.31	0.000	0	0.000	0	0.005	-39	0.000	0	0.005	-11	0.000	0
2.0000	3.14	0.000	0	0.000	0	0.002	104	0.000	0	0.003	116	0.000	0
2.1000	2.99	0.000	0	0.000	0	0.001	-14	0.000	0	0.001	9	0.000	0
2.2000	2.86	0.000	0	0.000	0	0.001	-80	0.000	0	0.001	-164	0.000	0
2.3000	2.73	0.000	0	0.000	0	0.001	-54	0.000	0	0.001	-60	0.000	0
2.4012	2.62	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0
2.5013	2.51	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.001	31	0.000	0
2.6013	2.42	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0
2.7014	2.33	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0
2.8014	2.24	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0
2.9015	2.17	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0
3.0015	2.09	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.001	13	0.000	0

\*\*\* MOSES \*\*\*
March 13, 2019
FSO ABHERKA - BALLAST CONDITION
TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro
Draft = 6.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 11.1 Meters \*
Roll Gy. Radius = 15.4 Meters Pitch Gy. Radius = 66.1 Meters Yaw Gy. Radius = 66.1 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 FSO\_ABHE At X = 113.3 Y = 0.0 Z = 11.0

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

Table with columns: ENCOUNTER, Surge / Wave Ampl., Sway / Wave Ampl., Heave / Wave Ampl., Roll / Wave Ampl., Pitch / Wave Ampl., Yaw / Wave Ampl. Rows include frequency and period data for various encounter types.

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

\*\*\* MOSES \*\*\*
March 13, 2019
FSO ABHERKA - BALLAST CONDITION
TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro
Draft = 6.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 11.1 Meters \*
Roll Gy. Radius = 15.4 Meters Pitch Gy. Radius = 66.1 Meters Yaw Gy. Radius = 66.1 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 FSO\_ABHE At X = 113.3 Y = 0.0 Z = 11.0

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

Table with columns: ENCOUNTER, Surge / Wave Ampl., Sway / Wave Ampl., Heave / Wave Ampl., Roll / Wave Ampl., Pitch / Wave Ampl., Yaw / Wave Ampl. Rows include frequency and period data for various encounter types.

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

RAO FSO Ballast .txt

\*\*\* MOSES \*\*\*
March 13, 2019
FSO ABHERKA - BALLAST CONDITION
TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro
Draft = 6.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 11.1 Meters \*
Roll Gy. Radius = 15.4 Meters Pitch Gy. Radius = 66.1 Meters Yaw Gy. Radius = 66.1 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 FSO\_ABHE At X = 113.3 Y = 0.0 Z = 11.0

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

Table with 14 columns: ENCOUNTER, Surge/Wave Ampl., Sway/Wave Ampl., Heave/Wave Ampl., Roll/Wave Ampl., Pitch/Wave Ampl., Yaw/Wave Ampl., and their respective Amplitude and Phase values for various frequencies and periods.

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

\*\*\* MOSES \*\*\*
March 13, 2019
FSO ABHERKA - BALLAST CONDITION
TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro
Draft = 6.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 11.1 Meters \*
Roll Gy. Radius = 15.4 Meters Pitch Gy. Radius = 66.1 Meters Yaw Gy. Radius = 66.1 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 FSO\_ABHE At X = 113.3 Y = 0.0 Z = 11.0

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

Table with 14 columns: ENCOUNTER, Surge/Wave Ampl., Sway/Wave Ampl., Heave/Wave Ampl., Roll/Wave Ampl., Pitch/Wave Ampl., Yaw/Wave Ampl., and their respective Amplitude and Phase values for various frequencies and periods.

Licensee - Bentley Select Licensee

Rev 07.10.01.11

RAO FSO Ballast .txt

```
*****
*                                     *** MOSES ***                               *
*                                     -----                               *
*                                     March 13, 2019                               *
* FSO ABHERKA - BALLAST CONDITION                                           *
* TUGAS AKHIR - PEMODELAN FSO | by Faris Rahmat Anggoro                       *
* Draft = 6.7 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 11.1 Meters *
* Roll Gy. Radius = 15.4 Meters Pitch Gy. Radius = 66.1 Meters Yaw Gy. Radius = 66.1 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 FSO\_ABHE At X = 113.3 Y = 0.0 Z = 11.0

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
0.1000	62.83	0.974	-96	0.000	0	0.999	-6	0.001	179	0.061	83	0.000	0
0.2000	31.42	0.941	-116	0.000	0	0.976	-26	0.001	175	0.243	62	0.000	0
0.3000	20.94	0.832	-150	0.000	0	0.874	-59	0.001	163	0.526	28	0.000	0
0.4000	15.71	0.598	162	0.000	0	0.620	-105	0.001	134	0.803	-21	0.000	0
0.5000	12.57	0.260	100	0.000	0	0.217	-152	0.003	82	0.849	-86	0.000	0
0.6000	10.47	0.039	-124	0.000	0	0.224	-98	0.002	-106	0.459	-164	0.000	0
0.7000	8.98	0.107	128	0.000	0	0.324	179	0.001	-107	0.166	-149	0.000	0
0.8000	7.85	0.005	-43	0.000	0	0.145	90	0.000	0	0.156	108	0.000	0
0.9000	6.98	0.032	111	0.000	0	0.095	4	0.000	0	0.033	172	0.000	0
1.0000	6.28	0.018	139	0.000	0	0.086	-135	0.000	0	0.016	79	0.000	0
1.1000	5.71	0.007	158	0.000	0	0.085	86	0.000	0	0.006	-73	0.000	0
1.2000	5.24	0.002	129	0.000	0	0.054	-66	0.001	50	0.025	11	0.000	0
1.3000	4.83	0.003	84	0.000	0	0.022	-160	0.004	-31	0.030	-145	0.000	0
1.4000	4.49	0.002	89	0.000	0	0.030	142	0.002	81	0.023	64	0.000	0
1.5000	4.19	0.002	105	0.000	0	0.043	-58	0.000	0	0.007	-179	0.000	0
1.6000	3.93	0.001	142	0.000	0	0.039	83	0.000	0	0.006	162	0.000	0
1.7000	3.70	0.002	118	0.000	0	0.009	56	0.000	0	0.025	15	0.000	0
1.8000	3.49	0.001	84	0.000	0	0.018	161	0.000	0	0.008	94	0.000	0
1.9000	3.31	0.001	95	0.000	0	0.023	-65	0.000	0	0.008	147	0.000	0
2.0000	3.14	0.001	100	0.000	0	0.009	27	0.000	0	0.006	113	0.000	0
2.1000	2.99	0.000	0	0.000	0	0.008	-79	0.000	0	0.006	-141	0.000	0
2.2000	2.86	0.000	0	0.000	0	0.008	2	0.000	0	0.003	-164	0.000	0
2.3000	2.73	0.000	0	0.000	0	0.001	-36	0.000	0	0.003	-120	0.000	0
2.4012	2.62	0.000	0	0.000	0	0.005	-98	0.000	0	0.004	-163	0.000	0
2.5013	2.51	0.000	0	0.000	0	0.003	19	0.000	0	0.005	77	0.000	0
2.6013	2.42	0.000	0	0.000	0	0.001	128	0.000	0	0.001	56	0.000	0
2.7014	2.33	0.000	0	0.000	0	0.005	-174	0.000	0	0.005	-164	0.000	0
2.8014	2.24	0.000	0	0.000	0	0.001	-47	0.000	0	0.001	-54	0.000	0
2.9015	2.17	0.000	0	0.000	0	0.001	-45	0.000	0	0.000	0	0.000	0
3.0015	2.09	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0

## **BIODATA PENULIS**

## BIODATA PENULIS



Faris Rahmat Anggoro lahir di Malang, Jawa Timur pada 20 Januari 1998. Penulis merupakan anak kedua dari 4 bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai dengan menyelesaikan jenjang Pendidikan Dasar di SD Taquma Surabaya pada tahun 2009, kemudian melanjutkan ke SMPN 12 Surabaya (2009–2012), kemudian melanjutkan ke SMAN 15 Surabaya (2012–2015). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan

kuliah S1 di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2015 dengan NRP 04311540000025. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam beberapa kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Diantaranya penulis pernah menjadi bagian dari panitia pada IBL 2k16, ISOCEEN 2016 dan 2017, SENTA 2018, dan OCEANO 2018. Selain aktif menjadi panitia, penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi diantaranya menjadi Ketua Departemen Keprofesian HIMATEKLA FTK ITS 2017-2018. Selama masa perkuliahan penulis berkesempatan melakukan kerja praktik di Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore (PHE WMO) selama 2 bulan. Selama masa perkuliahan penulis tertarik dengan topik Sistem Tambat Bangunan Apung, Hidrodinamika, Mekanika Teknik sehingga pada tugas akhir penulis mengerjakan tugas akhir yang berhubungan dengan topik tersebut.

Kontak Penulis

Email : [farisr.anggoro@gmail.com](mailto:farisr.anggoro@gmail.com)