

SIDANG AKHIR (P3) TUGAS AKHIR - M0141326

Analisis Kekuatan Struktur Global Buoy pada Single Point Mooring FSO Arco Ardjuna

Oleh :

Defi Rizki Mauliani

(4311100013)

Dosen Pembimbing:

Ir. Handayanu M, Sc. Ph. D.

Ir. Mas Murtedjo, M.Eng

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



Latar Belakang

- ❑ FSO (*Floating Storage and Offloading*) mempunyai peranan yang penting dalam proses eksploitasi ladang minyak perairan laut lepas. FSO memerlukan sistem tambat untuk menjaga posisinya. *Single Point Mooring* (SPM) tipe CALM buoy merupakan salah satu jenis dari sistem tambat yang digunakan pada FSO.
- ❑ Pada *Floating Storage and Offloading* Arco Ardjuna (FSO AA) jenis SPM yang digunakan adalah Single Buoy Mooring (SBM).
- ❑ Konfigurasi sistem tambat FSO AA terdiri dari : Hawser, SPM, Anchor Chain, Anchor.
- ❑ Sistem tambat FSO AA sudah beroperasi 40 tahun lebih. Untuk menambah umur operasi diperlukan analisis kekuatan struktur global pada SPM.

Rumusan Masalah

- ❑ Bagaimana perilaku gerak yang terjadi pada FSO dan SBM akibat beban lingkungan pada saat terapung bebas dan tertambat?
- ❑ Berapa besar gaya tarik/tension pada *hawser* yang menghubungkan FSO dan SBM?
- ❑ Berapa besar gaya tarik/tension rantai jangkar yang menghubungkan SBM dengan jangkar?
- ❑ Berapa besar tegangan maksimum yang terjadi pada struktur *Single Point Mooring* (SPM) FSO Arco Arjuna saat tertambat?

Tujuan

- ❑ Menghitung perilaku gerak yang terjadi pada FSO dan SPM akibat beban lingkungan pada saat terapung bebas dan tertambat.
- ❑ Menghitung besar gaya tarik/tension pada *hawser* yang menghubungkan FSO dan SPM.
- ❑ Menghitung besar gaya tarik/tension rantai jangkar yang menghubungkan SPM dengan jangkar.
- ❑ Menghitung besar tegangan maksimum yang terjadi pada struktur *Single Point Mooring* (SPM) FSO Arco Arjuna saat tertambat.

Manfaat

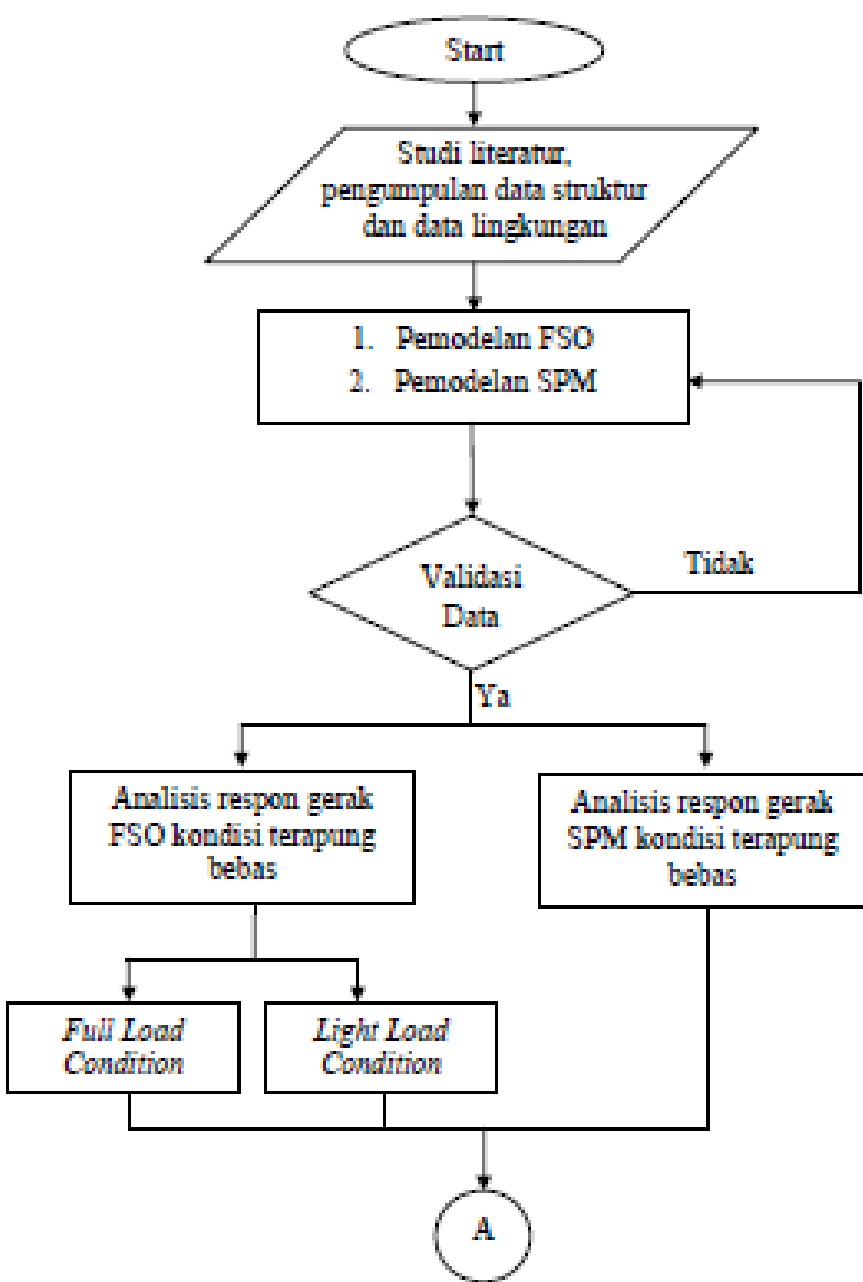
- Dapat mengetahui cara menghitung besar pergerakan FSO dan SPM pada saat terapung bebas dan tertambat.
- Dapat mengetahui cara menghitung besar *tension* pada *hawser* yang menghubungkan antara FSO dan SBM dan besar tegangan rantai jangkar yang menghubungkan SBM dengan jangkar.
- Dapat mengetahui prosedur menganalisis dan menghitung besar tegangan maksimum yang terjadi pada struktur SBM FSO Arco Arjuna saat tertambat.

Batasan Masalah

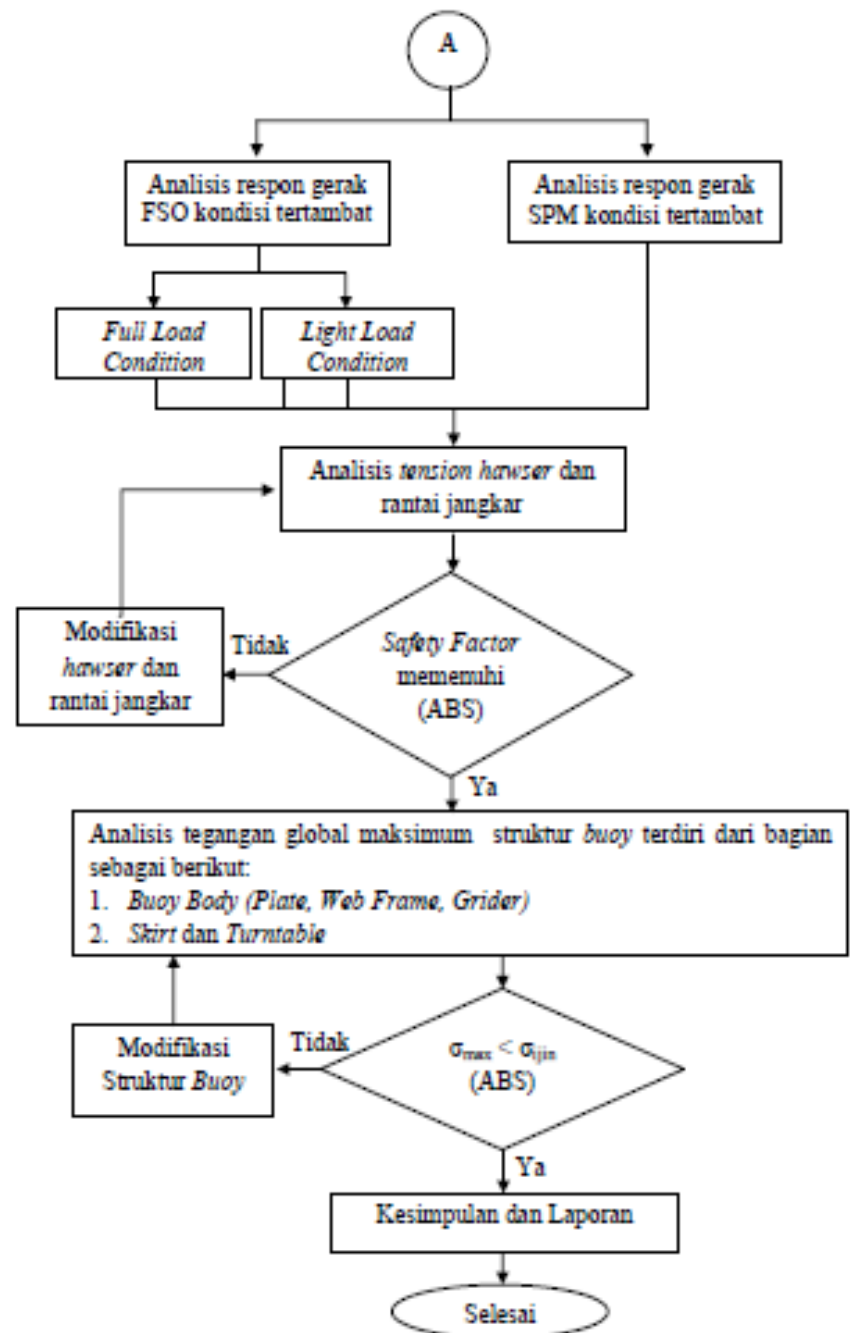
- ❑ Penelitian ini merupakan studi kasus pada SPM FSO Arco Ardjuna milik Pertamina Hulu Energi *Offshore North West Java* (PHE ONWJ).
- ❑ Beban lingkungan yang diperhitungkan adalah beban gelombang, beban arus, dan beban angin
- ❑ *Heading* pembebanan pada arah 0° , 45° , 90° dan 180°
- ❑ Sistem *offloading* tidak diperhitungkan.
- ❑ *Riser* tidak dimodelkan dan pergerakan *hose* diabaikan..
- ❑ Validasi Maxsurf FSO Arco Ardjuna pada kondisi *Light Load Condition* dan *Full Load Condition*.

SPM dan FSO AA





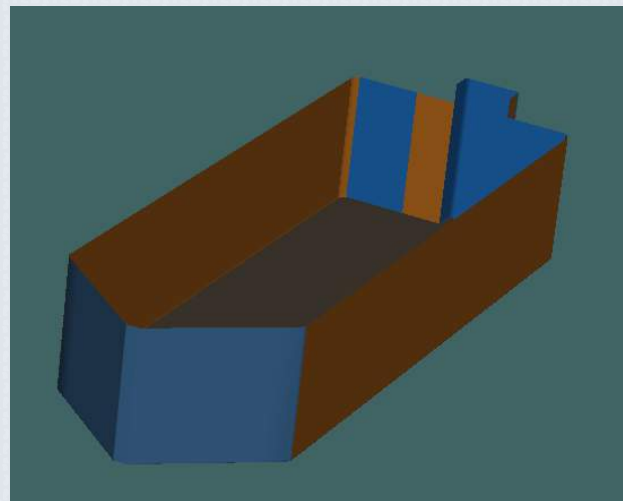
Gambar 3.1 Flowchart penyelesaian Tugas Akhir

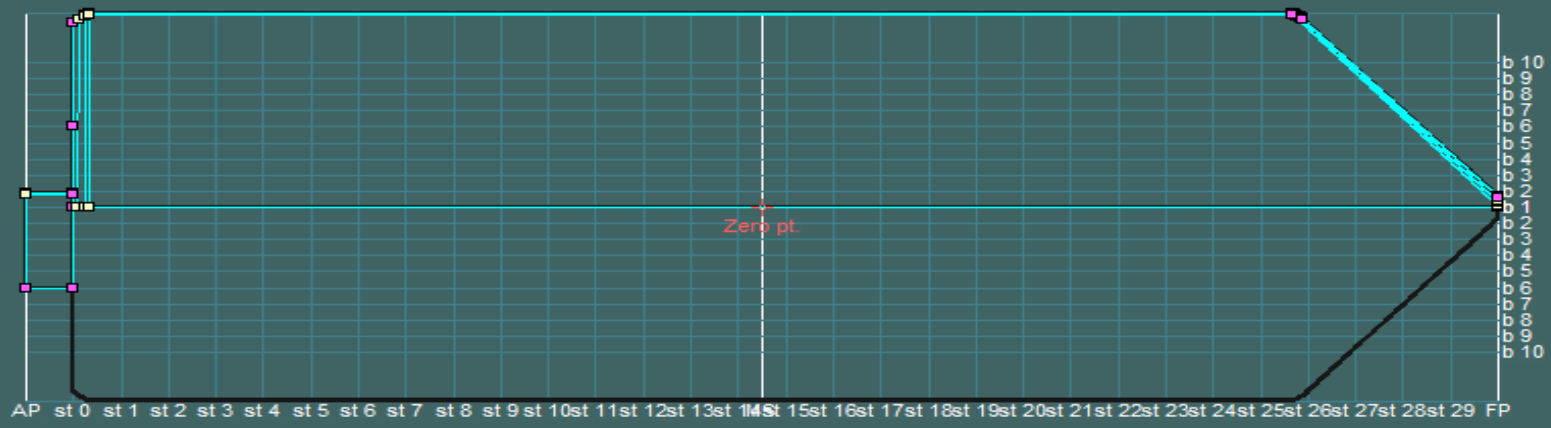
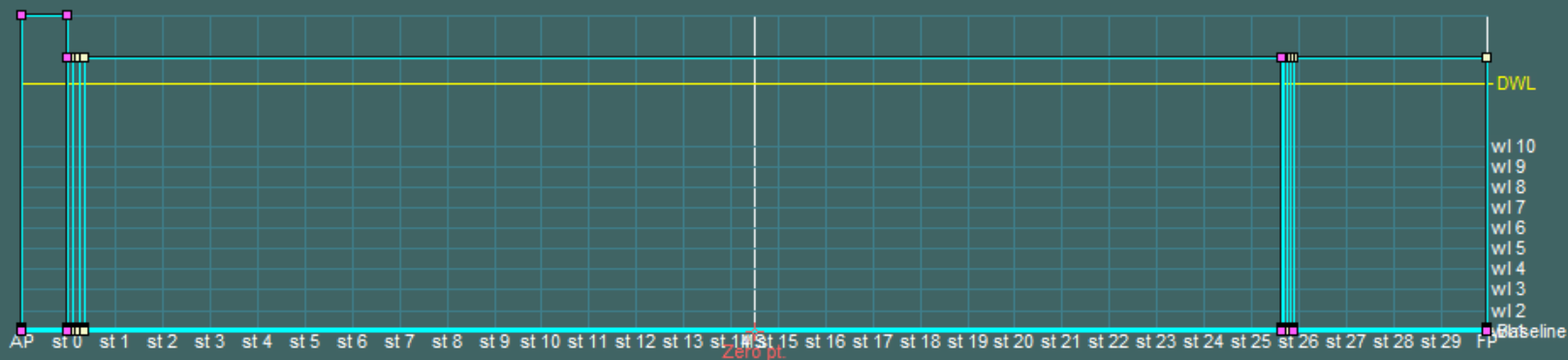
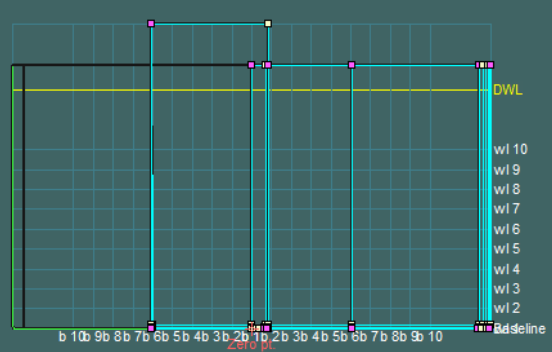


Gambar 3.1 Flowchart penyelesaian Tugas Akhir

• *Principle dimension FSO Arco Ardjuna*

Designation	Units	Minimum Operating Draft	Maximum Operating Draft
Length, LBP	m	142.6	
Breadth, B	m	48.2	
Depth, D	m	26.5	
Draft, T	m	2.5	24
Displacement	t	15529	153202
LCG	m	1.29	2.17
KG (VCG)	m	14.04	13.44





Maxsurf M

File Edit

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	153459	t
2	Volume (displaced)	149715.712	m ³
3	Draft at AP	24.000	m
4	Draft Amidships	24.000	m
5	Draft at FP	24.000	m
6	Trim (+ve by stern)	0.000	m
7	Trim angle (+ve by st)	0.0000	deg
8	Heel	0.0	deg
9	Max deck inclination	0.0000	deg
10	Immersed depth	24.000	m
11	WL Length	142.600	m
12	Beam max extents o	48.199	m
13	Wetted Area	13328.048	m ²
14	Max sect. area	1151.549	m ²
15	Waterpl. Area	6265.599	m ²
16	Prismatic coeff. (Cp)	0.912	
17	Block coeff. (Cb)	0.908	
18	Max Sect. area coeff	0.995	
19	Waterpl. area coeff.	0.912	
20	LCB length	-2.792	from z
21	LCF length	-2.798	from z
22	LCB %	-1.958	from z
23	LCF %	-1.962	from z
24	KB	12.052	m
25	KG	0.000	m
26	BMt	7.720	m
27	BML	59.761	m
28	GML	58.372	m
29	GML	58.372	m
30	KMt	19.772	m
31	KML	71.812	m
32	Immersion (TPc)	64.222	tonne/c
33	MTc	628.173	tonne.
34	RM at 1deg = GMT.Di	16958.649	tonne.
35	Length:Beam ratio	2.959	
36	Beam:Draft ratio	2.008	
37	Length:Vol*0.333 ratio	2.686	
38	Precision	Medium	59 stati

Density (water)

Std. densities

VCG

D:\FSO dep\ddd.msd* NUM 12:27 AM 17-Mar-15

m: h:0.000 m: r:0.000 deg: n:0.000 deg

VALIDASI FSO FULL LOAD CONDITION

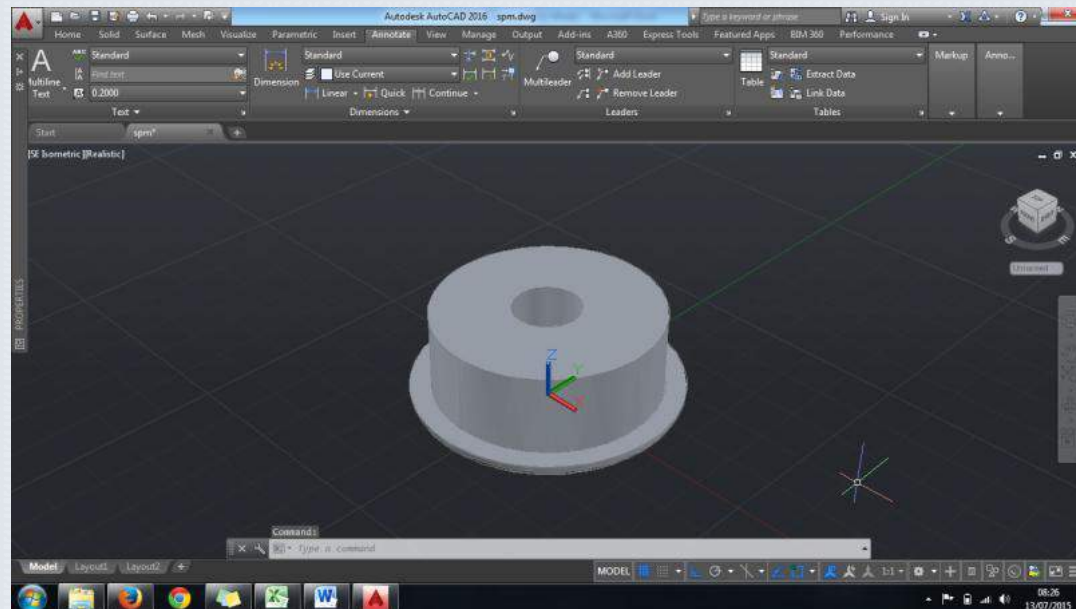
No	Data	Unit	FSO Arco Ardjuna	Maxsurf Modeler	Koreksi	Status
1	Displacement	tonne	153026	153459	-0.28%	Memenuhi
2	Volume	m ³	149293.659	149715.712	-0.28%	Memenuhi
3	Draft to Baseline	m	24	24	0.00%	Memenuhi
4	Immersed depth	m	24	24	0.00%	Memenuhi
5	Lwl	m	142.6	142.6	0.00%	Memenuhi
6	Beam wl	m	48.2	48.2	0.00%	Memenuhi
7	WSA	m ²	12841	13328.048	-3.79%	Memenuhi
8	Max cross sect area	m ²	1150.63	1151.549	-0.08%	Memenuhi
9	Waterplane area	m ²	6239	6265.599	-0.43%	Memenuhi
10	Cp		0.908	0.912	-0.44%	Memenuhi
11	Cb		0.9042	0.908	-0.42%	Memenuhi
12	Cm		0.9958	0.995	0.08%	Memenuhi
13	Cwp		0.9077	0.912	-0.47%	Memenuhi
14	LCB from midship	m	-2.78	-2.792	-0.43%	Memenuhi
15	LCF from midship	m	-2.79	-2.798	-0.29%	Memenuhi
16	KB	m	12.02	12.052	-0.27%	Memenuhi
17	KMt	m	19.73	19.772	-0.21%	Memenuhi
18	KMI	m	71.2	71.812	-0.72%	Memenuhi

VALIDASI FSO LIGHT LOAD CONDITION

No	Data	Unit	FSO Arco Ardjuna	Maxsurf Modeler	Koreksi	Status
1	Displacement	tonne	15385.000	15392.000	0.05%	Memenuhi
2	Volume	m ³	15009.756	15017.006	0.05%	Memenuhi
3	Draft to Baseline	m	2.500	2.500	0.00%	Memenuhi
4	Immersed depth	m	2.500	2.500	0.00%	Memenuhi
5	Lwl	m	142.600	142.600	0.00%	Memenuhi
6	Beam wl	m	48.200	48.200	0.00%	Memenuhi
7	WSA	m ²	6681.000	6932.825	3.77%	Memenuhi
8	Max cross sect area	m ²	114.340	115.348	0.88%	Memenuhi
9	Waterplane area	m ²	6239.000	6264.513	0.41%	Memenuhi
10	Cp		0.910	0.913	0.33%	Memenuhi
11	Cb		0.873	0.874	0.11%	Memenuhi
12	Cm		0.959	0.957	0.21%	Memenuhi
13	Cwp		0.908	0.912	0.44%	Memenuhi
14	LCB from midship	m	-2.690	-2.746	2.08%	Memenuhi
15	LCF from midship	m	-2.790	-2.796	0.22%	Memenuhi
16	KB	m	1.260	1.301	3.25%	Memenuhi
17	KMt	m	78.000	78.324	0.42%	Memenuhi

- *Main dimension SPM*

Designation	Unit	Data
<i>Shell Outer Diameter</i>	m	12
<i>Centre Well Diameter</i>	m	3.57
<i>Skirt Outer Diameter</i>	m	16.26
<i>Buoy Body Height</i>	m	5.3
<i>Skirt Thickness</i>	mm	12
<i>Skirt Height/ Baseline</i>	m	1
<i>Buoy Installed Draft</i>	m	2.38
<i>Centre of Gravity (KG)</i>	m	3.42



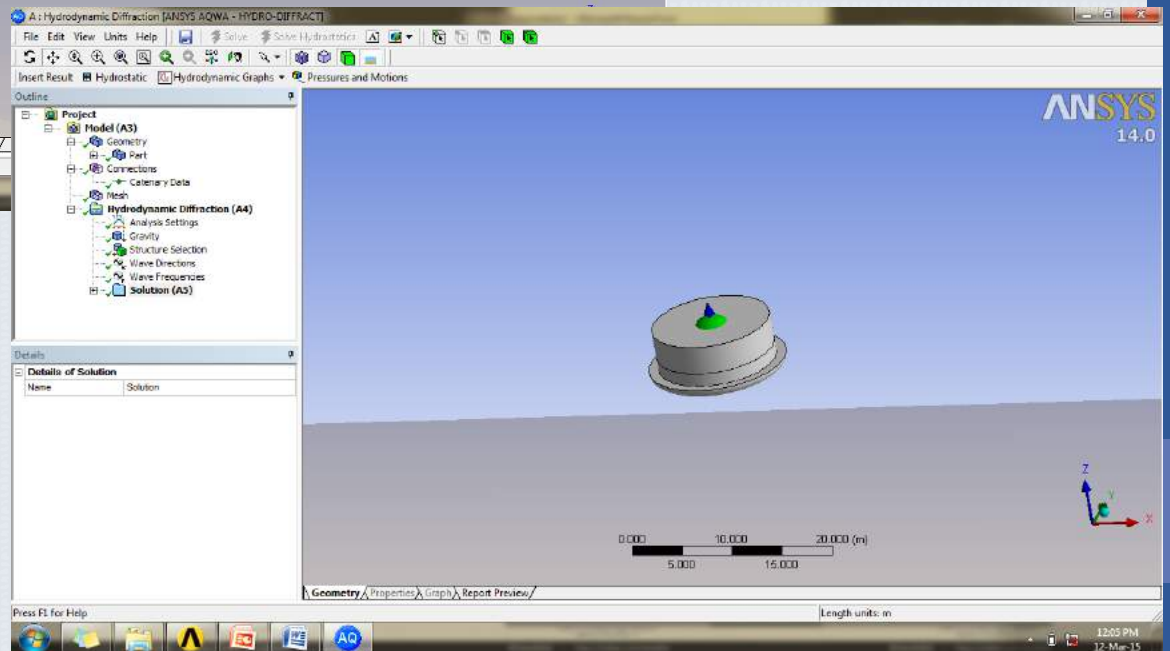
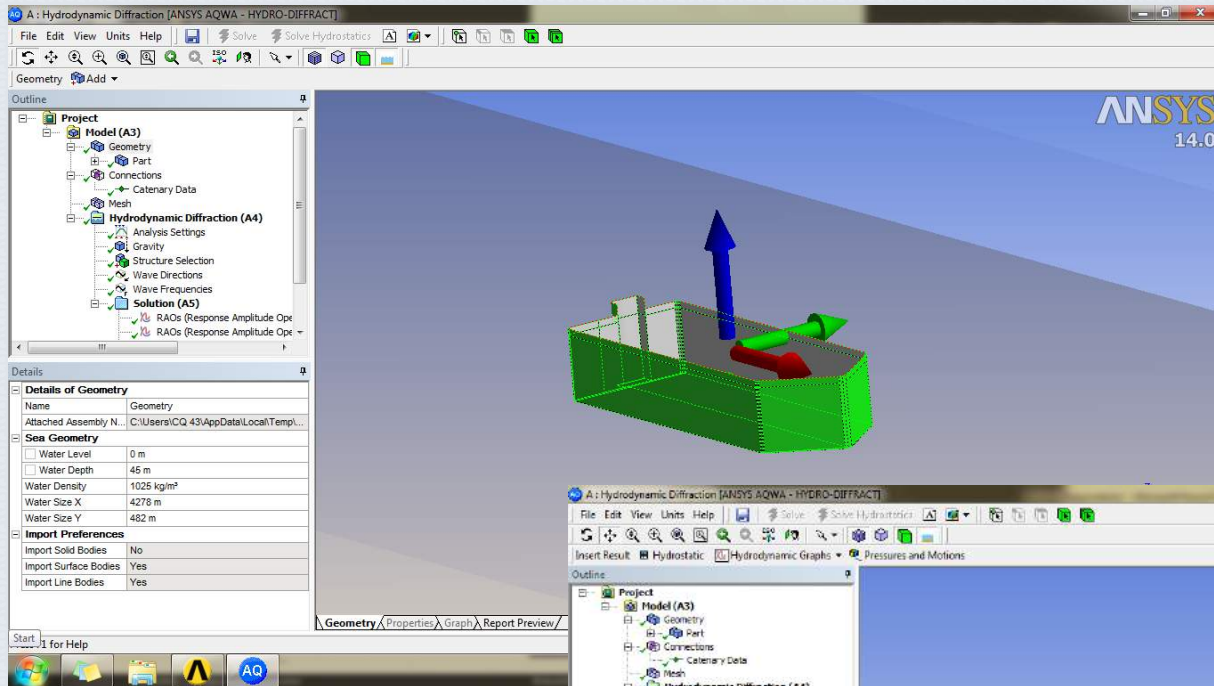
Titik Berat dan Radius Girasi

	FSO FULL LOAD CONDITION	FSO LIGHT LOAD CONDITION	SPM
X	2.17	1.29	0
Y	0	0	0
Z	13.44	14.04	3.42
KX	16.388	16.388	7.63
KY	35.65	35.65	7.63
KZ	36.076	36.076	10.61

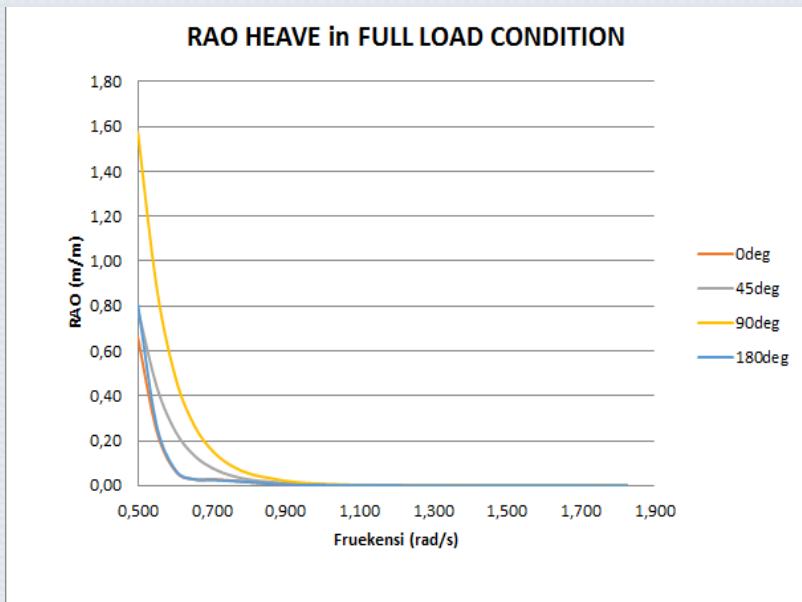
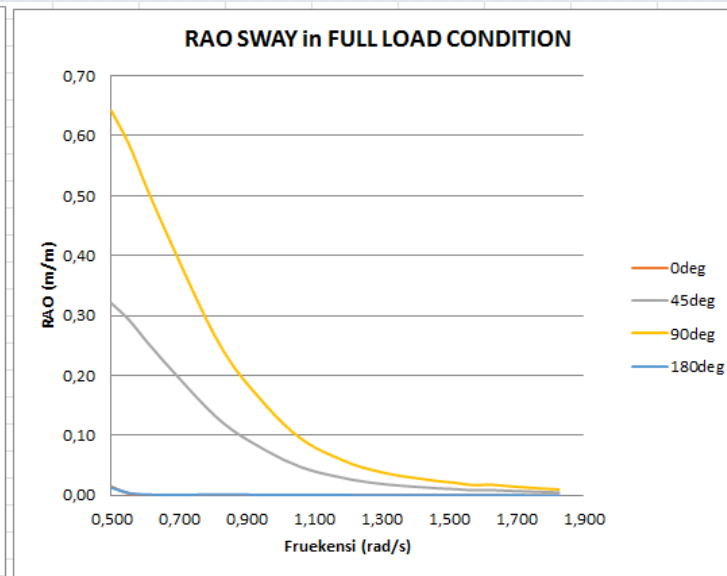
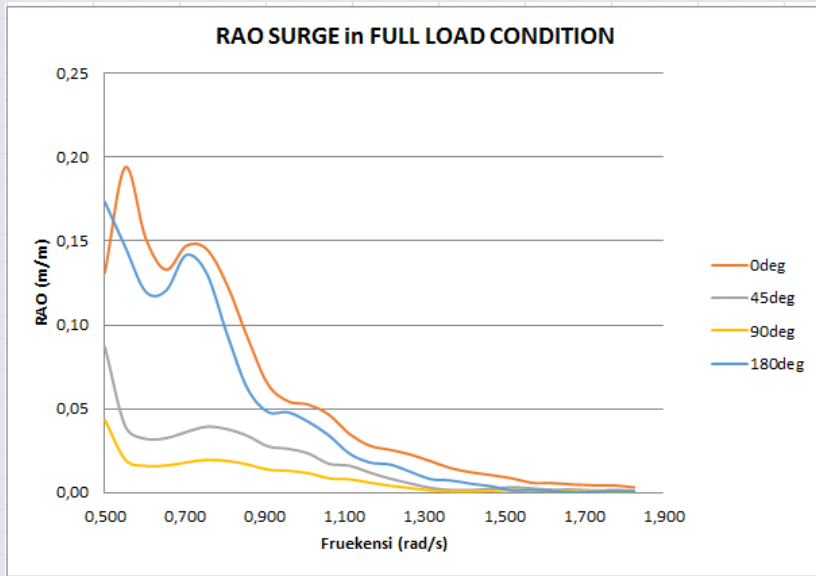
Data Lingkungan



Pemodelan Ansys Aqwa

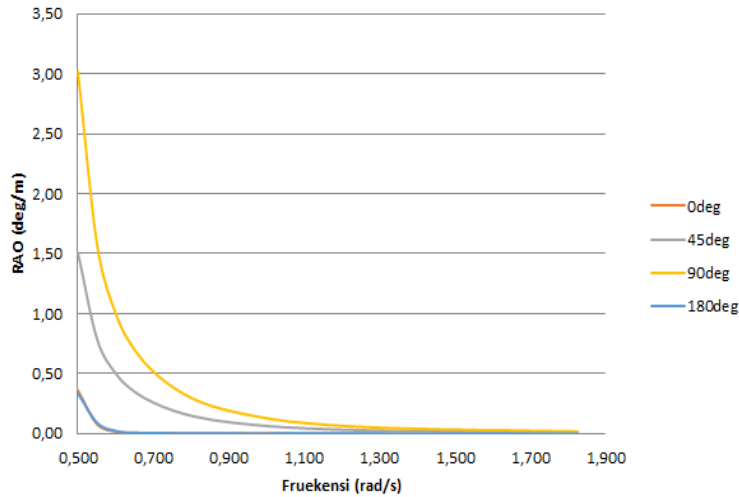


Respon Gerak FSO Kondisi Full Load Pada Saat Free Floating



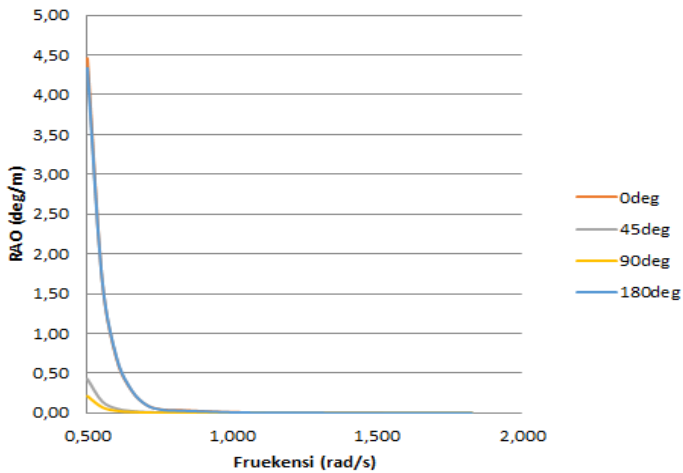
Heading (deg)	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)
0	0,3492	0,0265	1,1887
45	0,1564	0,5773	1,4167
90	0,0782	1,1545	2,8334
180	0,3117	0,0238	1,4501

RAO ROLL in FULL LOAD CONDITION

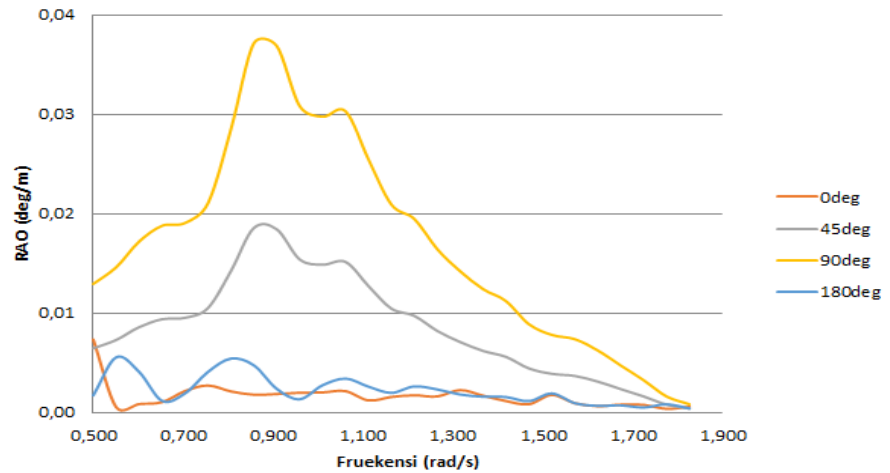


Heading (deg)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
0	0,6491	8,0261	0,0132
45	2,7181	0,7678	0,0334
90	5,4362	0,3839	0,0668
180	0,6067	7,8025	0,0100

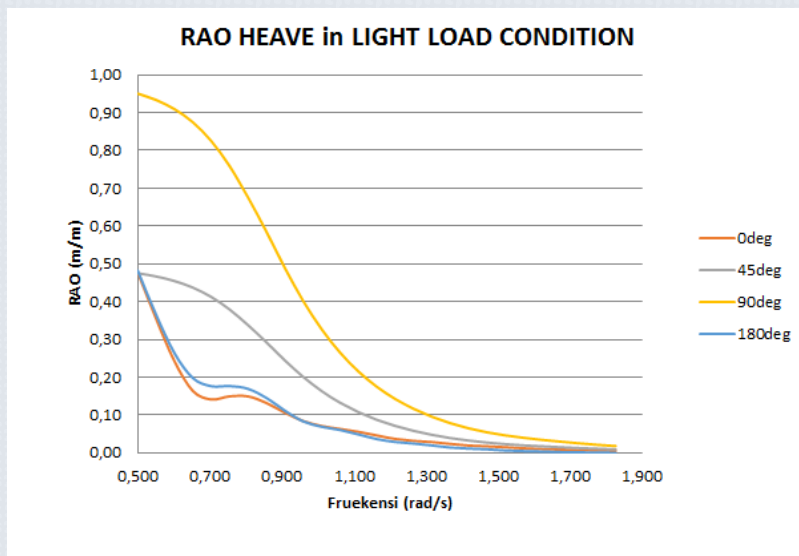
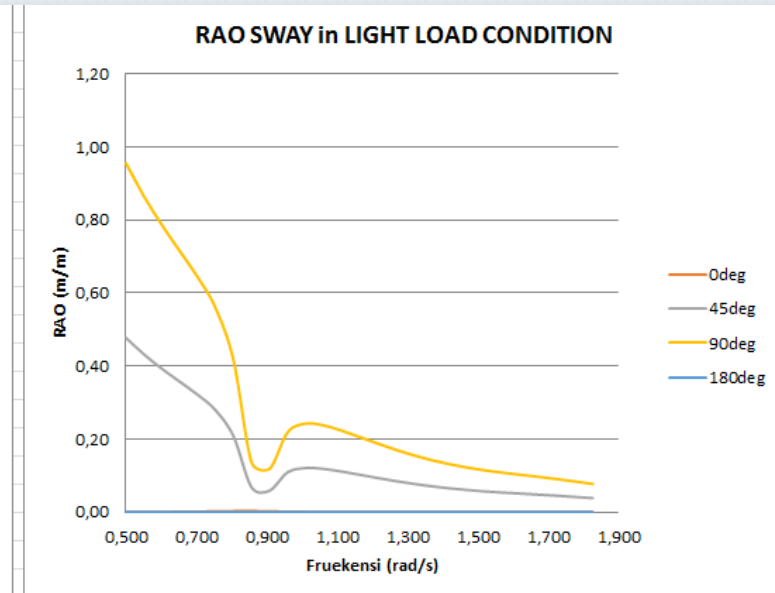
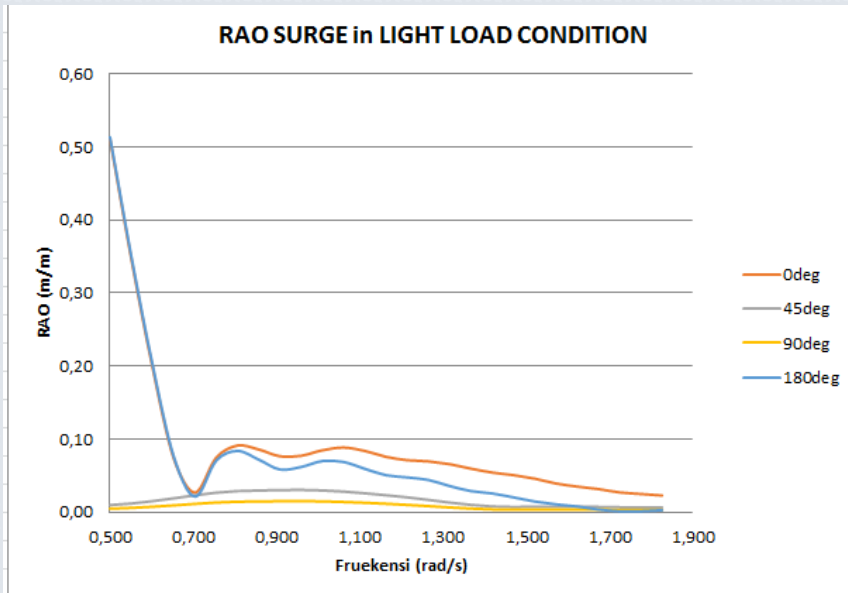
RAO PITCH in FULL LOAD CONDITION



RAO YAW in FULL LOAD CONDITION

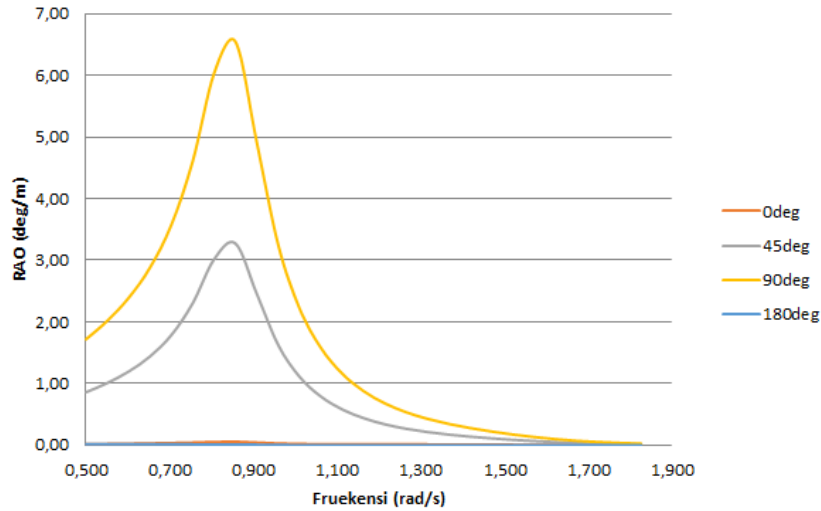


Respon Gerak FSO Kondisi Light Load Pada Saat Free Floating



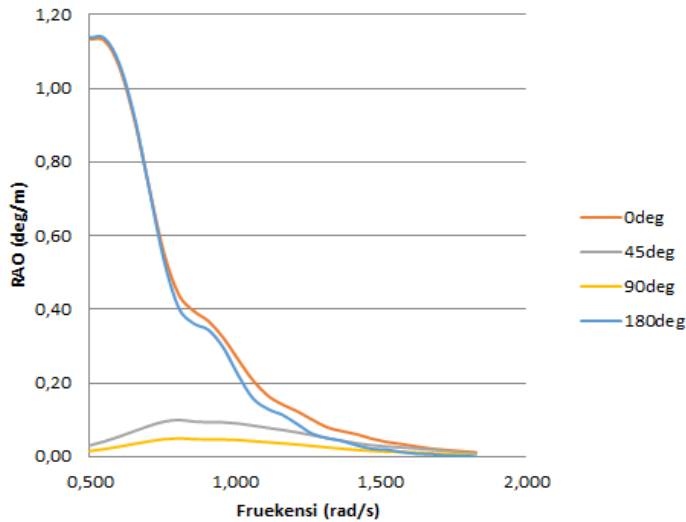
Heading (deg)	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)
0	0,9188	0,0063	0,8601
45	0,0552	0,8598	0,8556
90	0,0276	1,7195	1,7113
180	0,9238	0,0018	0,8682

RAO ROLL in LIGHT LOAD CONDITION

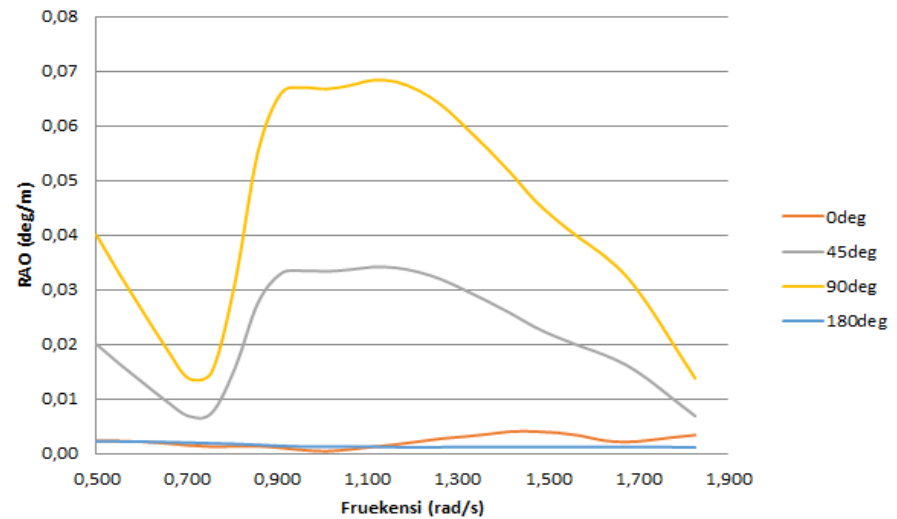


Heading (deg)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
0	0,1014	2,0405	0,0074
45	5,8912	0,1796	0,0615
90	11,7823	0,0898	0,1230
180	0,0350	2,0487	0,0042

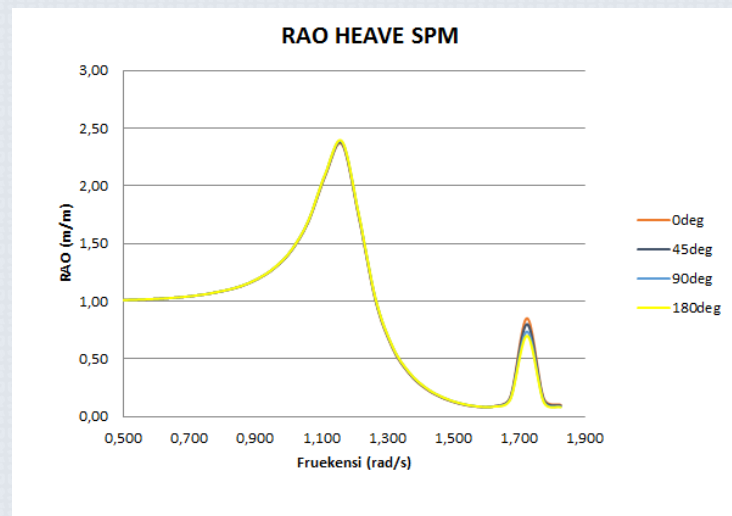
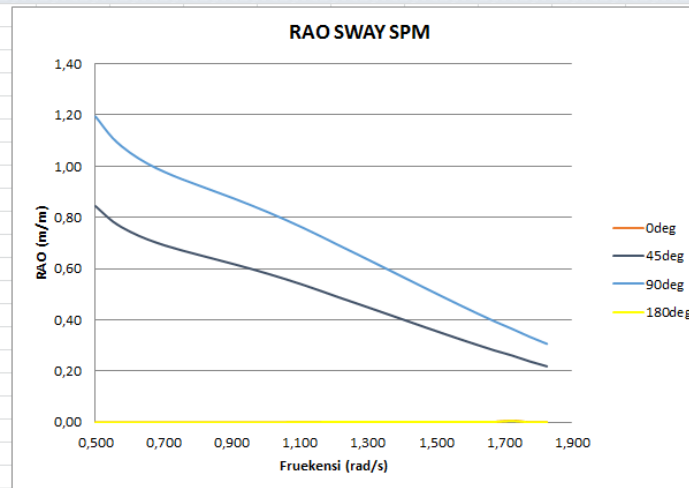
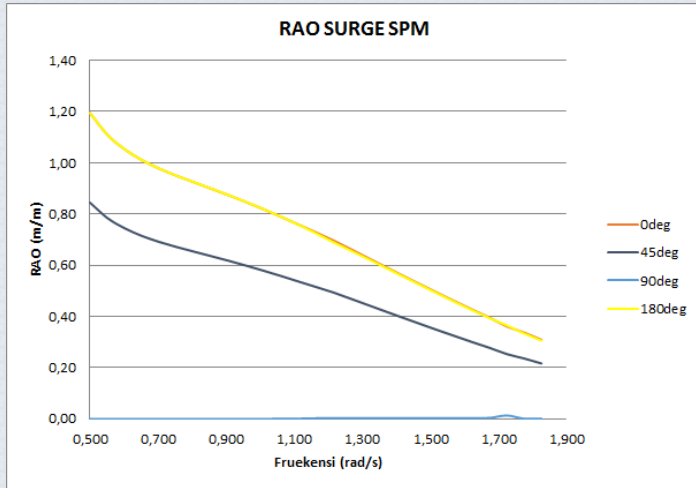
RAO PITCH in LIGHT LOAD CONDITION



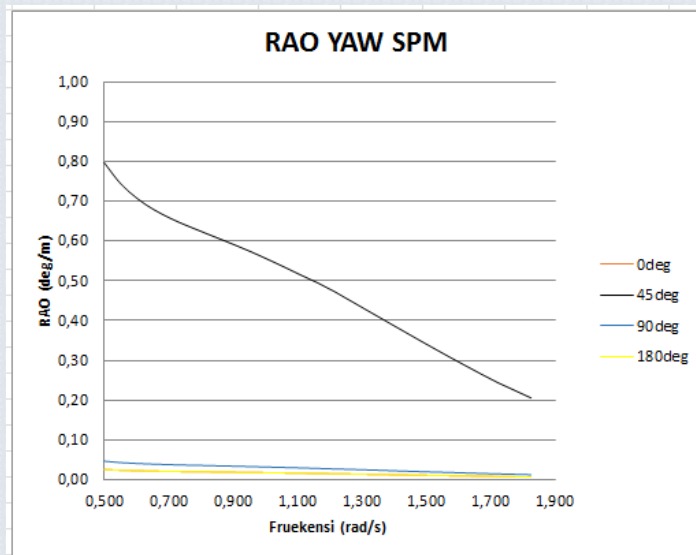
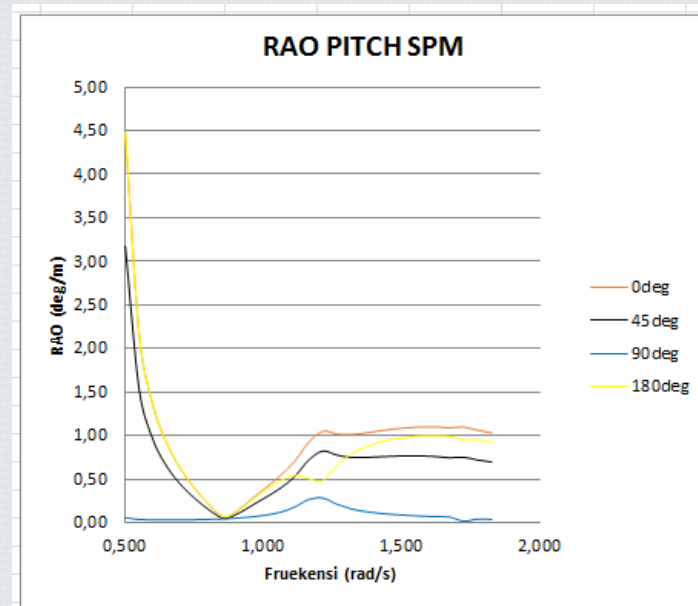
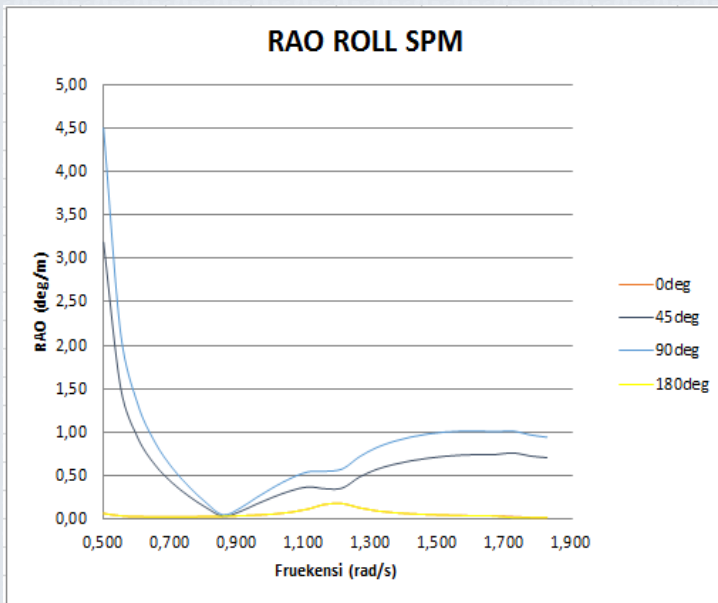
RAO YAW in LIGHT LOAD CONDITION



Respon Gerak SPM Pada Saat Free Floating



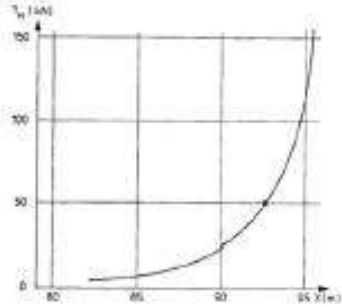
Heading (deg)	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)
0	2,1500	0,0039	4,2512
45	1,5203	1,5204	4,2677
90	0,0063	2,1501	4,2884
180	2,1500	0,0038	4,2980



Heading (deg)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
0	0,3273	8,0688	0,0464
45	5,7376	5,7170	1,4343
90	8,0979	0,5081	0,0840
180	0,3271	8,0690	0,0042

Konfigurasi Tali Tambat

Perhitungan jarak jangkar dengan SPM menggunakan Persamaan Flantinsen



$$X = l - h^2 \sqrt{\left(1 + 2 \frac{a}{h}\right)} + a \cosh^{-1}\left(1 + \frac{h}{a}\right)$$

$$l = 350 \text{ m} \quad T = 7051000 \text{ N} = 719001.9 \text{ kg}$$

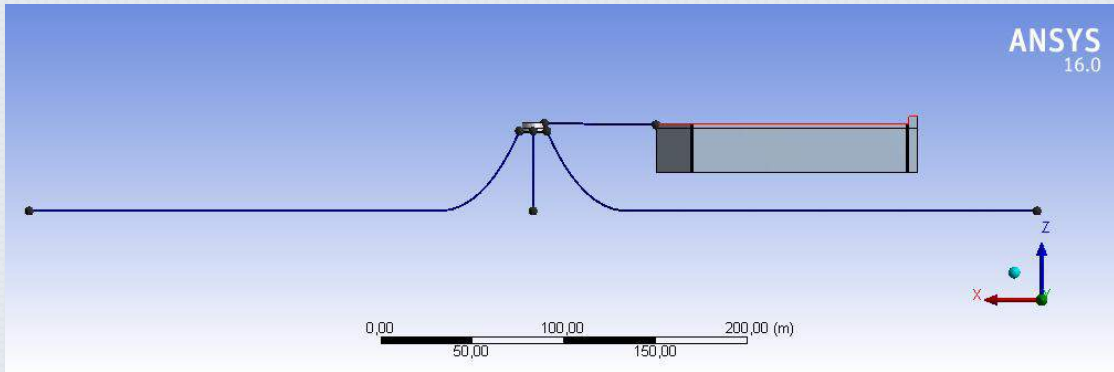
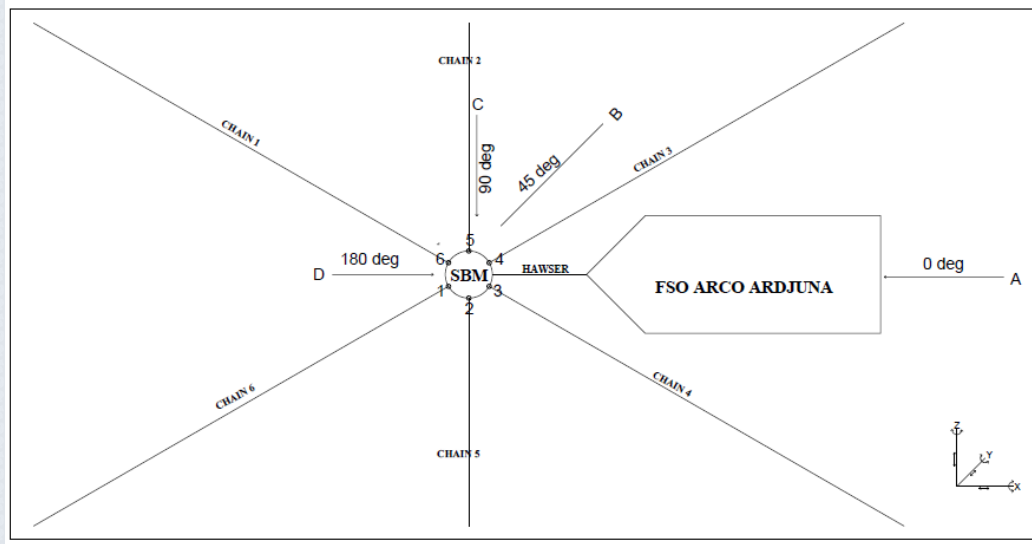
$$h = 45 \text{ m} \quad w = 182.72 \text{ kg/m}$$

$$a = \frac{T}{w} = \frac{719001.9 \text{ kg}}{182.72 \text{ kg/m}} = 3934.993 \text{ m}$$

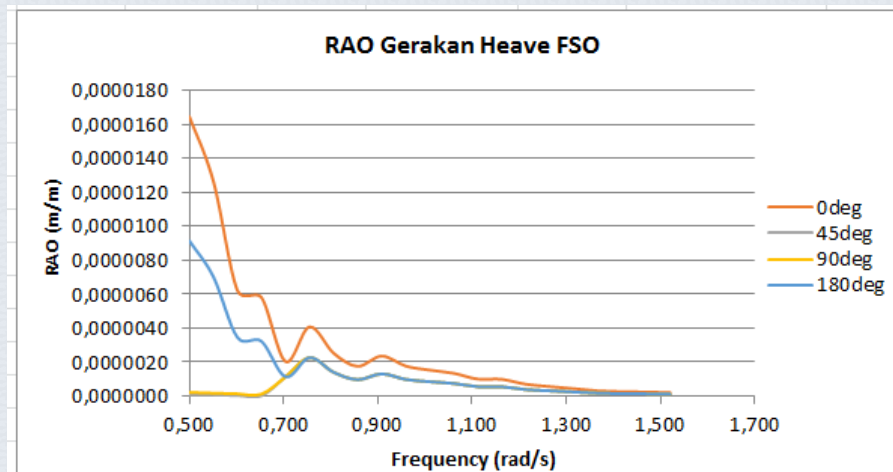
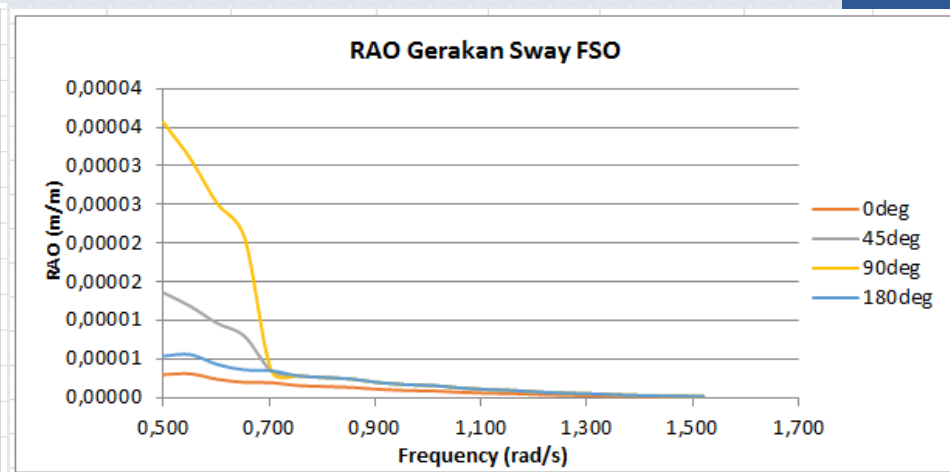
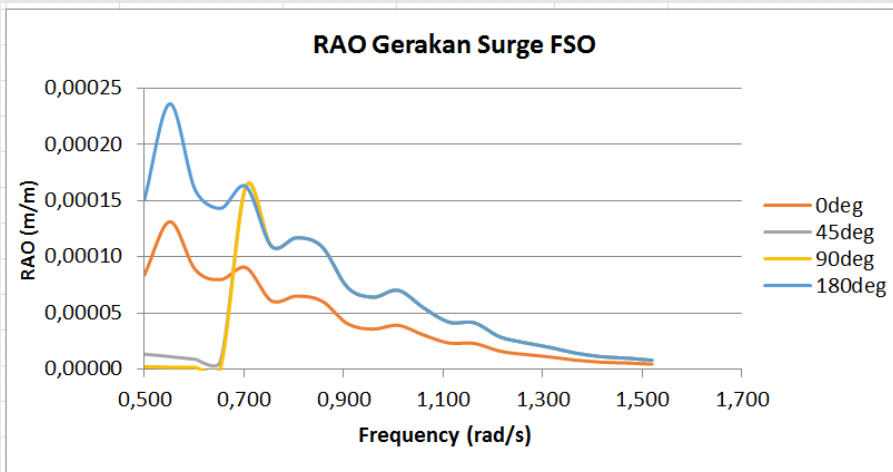
$$X = l - h^2 \sqrt{\left(1 + 2 \frac{a}{h}\right)} + a \cosh^{-1}\left(1 + \frac{h}{a}\right)$$

$$X = 350 - 45^2 \sqrt{\left(1 + 2 \frac{3934.993}{45}\right)} + 3934.993 \cosh^{-1}\left(1 + \frac{45}{3934.993}\right)$$

$$X = 304.43 \text{ m}$$

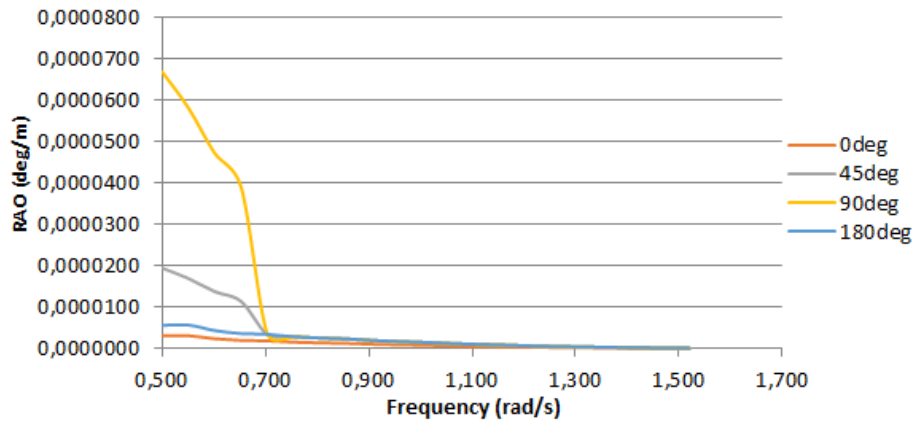


Respon Gerak FSO Kondisi Full Load Pada Saat Tertambat

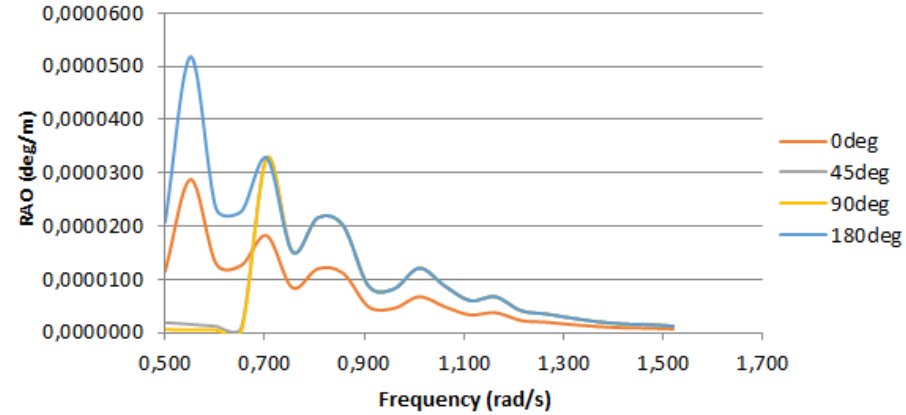


Heading (deg)	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)
0	0,000236	0,000006	0,000030
45	0,000293	0,000024	0,000004
90	0,000293	0,000064	0,000004
180	0,000425	0,000010	0,000016

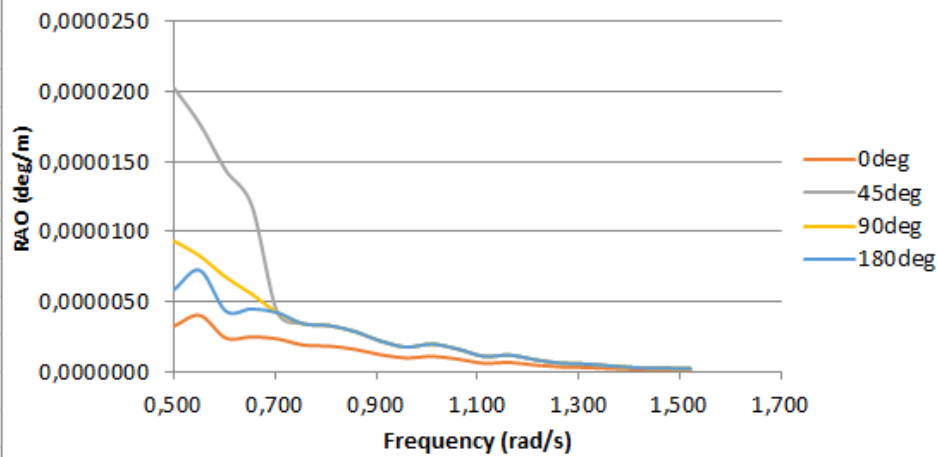
RAO Gerakan Roll FSO



RAO Gerakan Pitch FSO

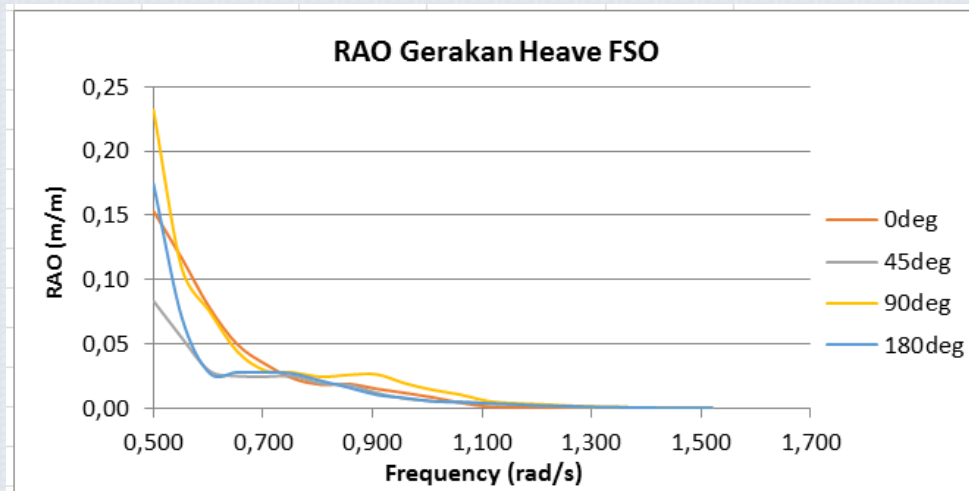
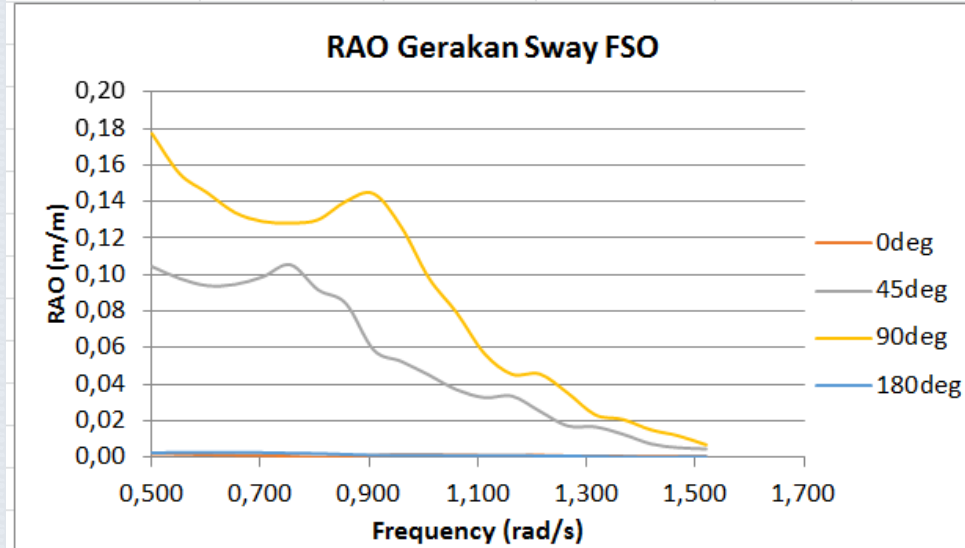
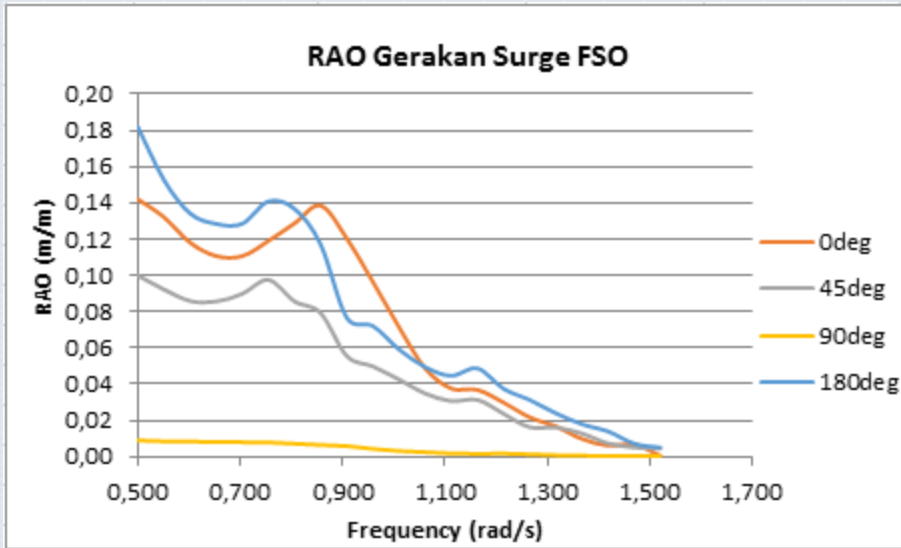


RAO Gerakan Yaw FSO

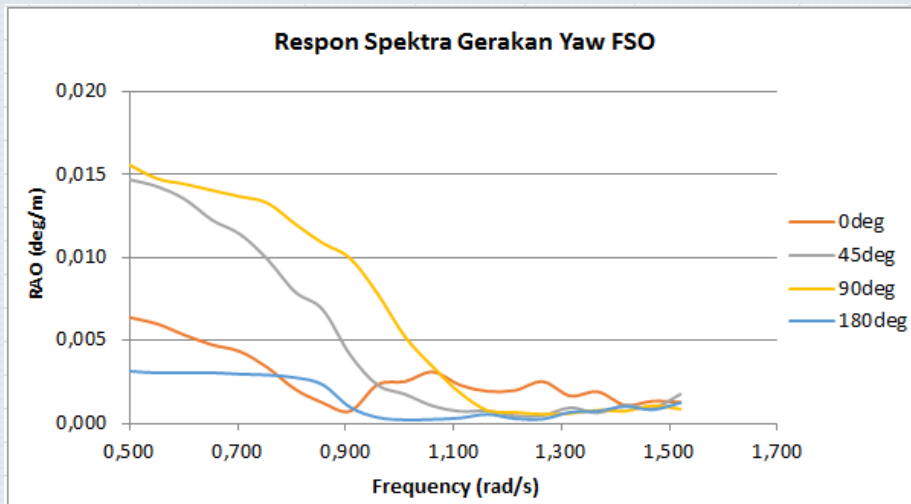
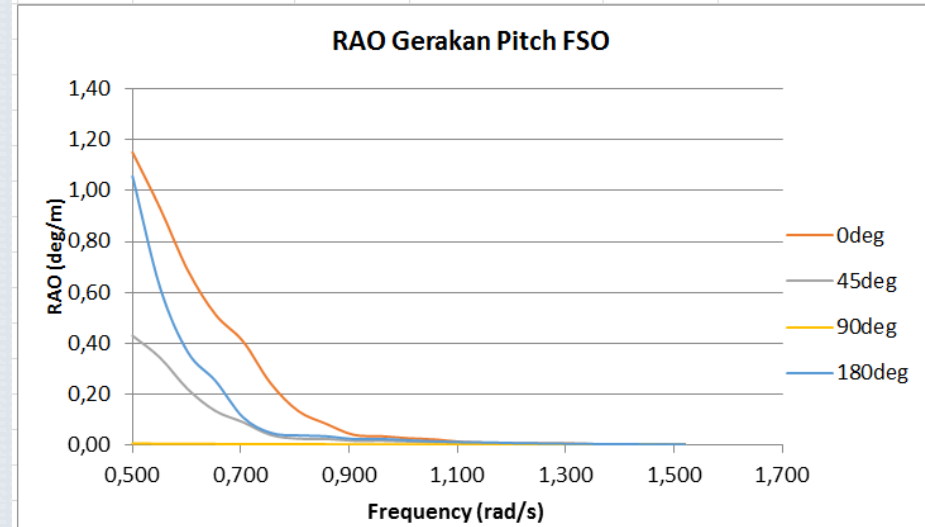
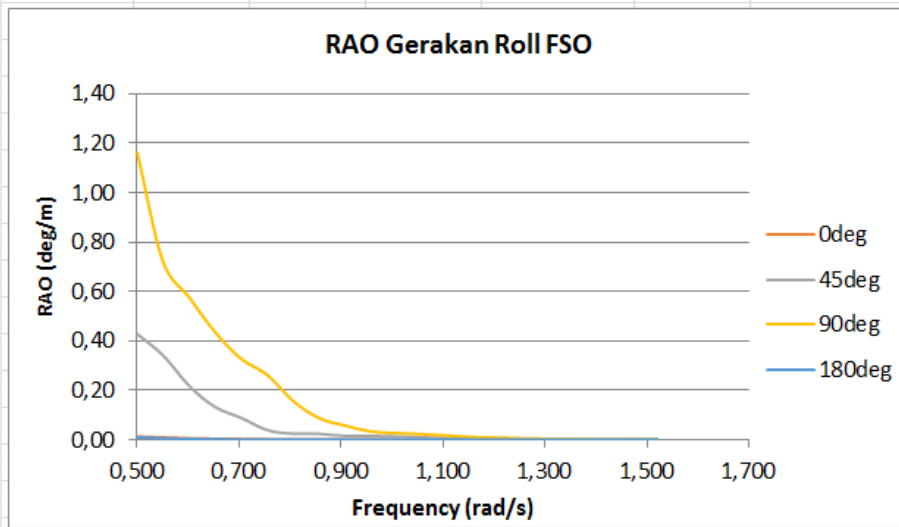


Heading (deg)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
0	0,00001	0,00005	0,00001
45	0,00004	0,00006	0,00004
90	0,00012	0,00006	0,00002
180	0,00001	0,00009	0,00001

Respon Gerak FSO Kondisi Light Load Pada Saat Tertambat

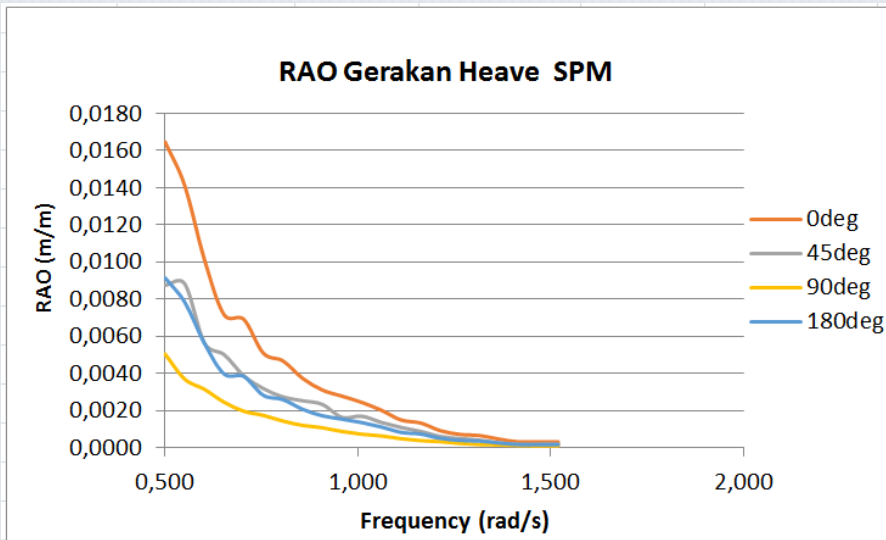
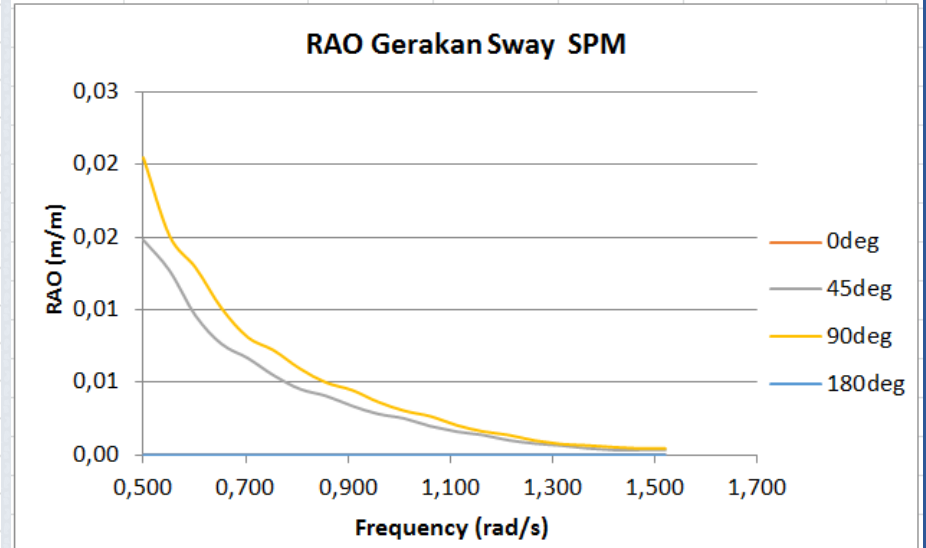
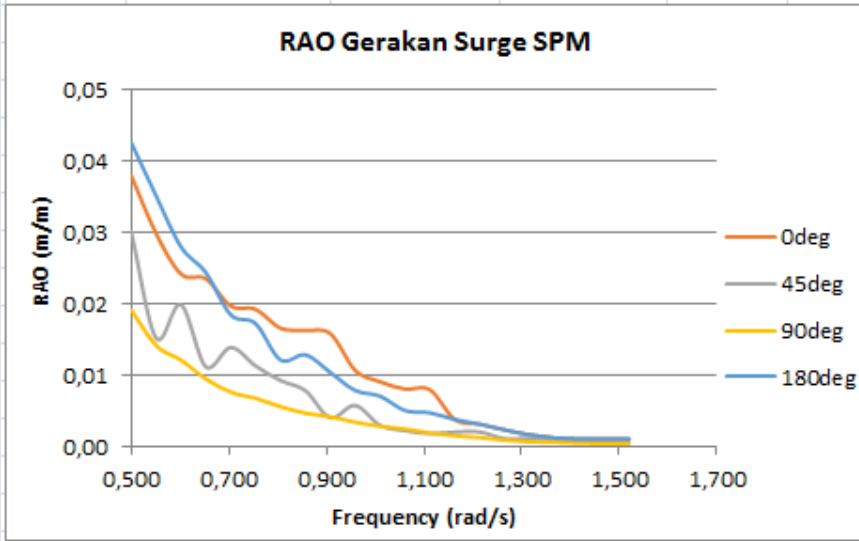


Heading (deg)	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)
0	0,2556	0,0038	0,2761
45	0,1799	0,1898	0,1501
90	0,0159	0,3192	0,4179
180	0,3276	0,0049	0,3143



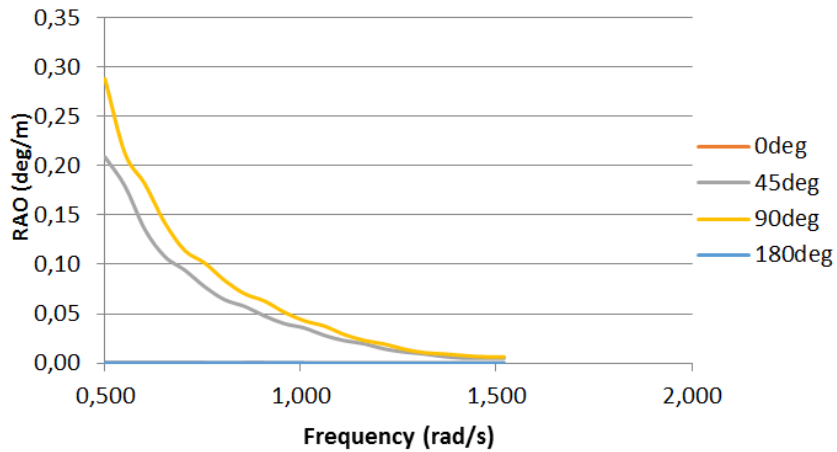
Heading (deg)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
0	0,0230	2,0716	0,0115
45	0,7712	0,7730	0,0265
90	2,0912	0,0098	0,0281
180	0,0193	1,9027	0,0057

Respon Gerak SPM tertambat FSO Kondisi Full Load

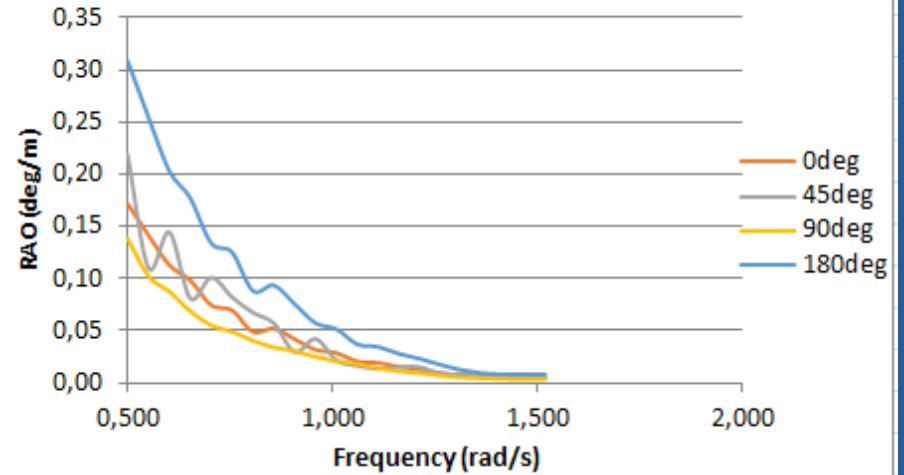


Heading (deg)	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)
0	0,0685	0,0000	0,0296
45	0,0543	0,0266	0,0159
90	0,0345	0,0369	0,0091
180	0,0768	0,0000	0,0165

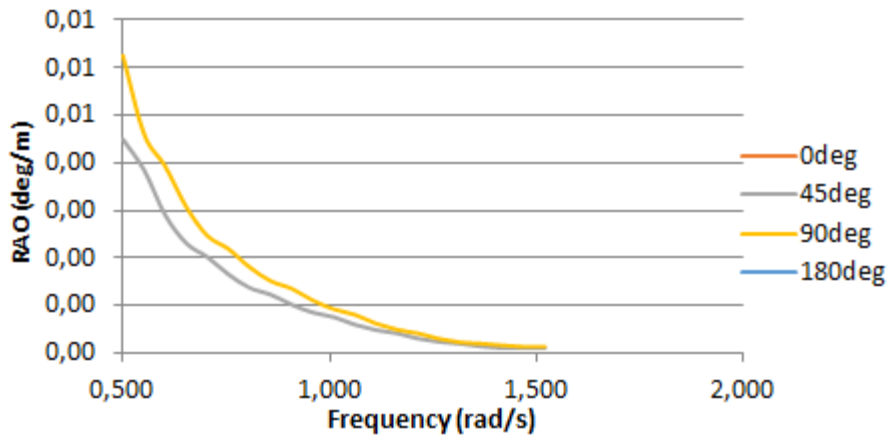
RAO Gerakan Roll SPM



RAO Gerakan Pitch SPM

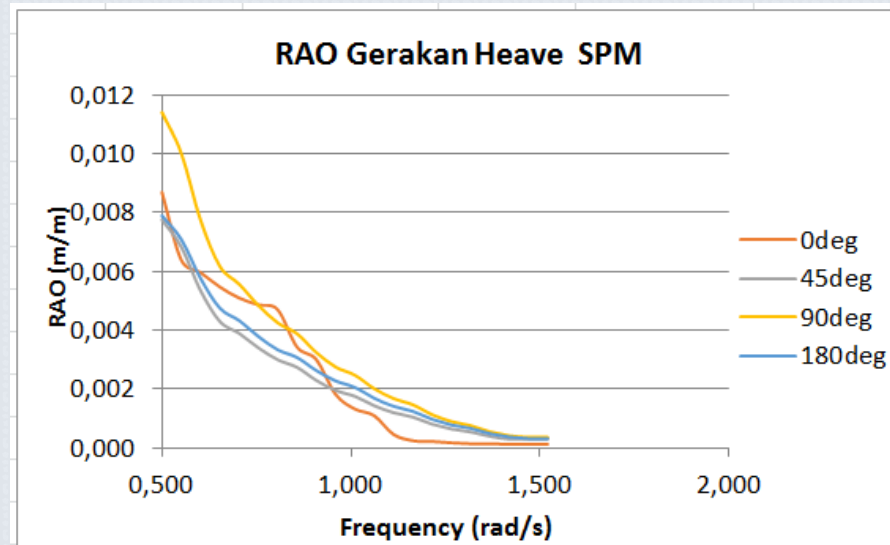
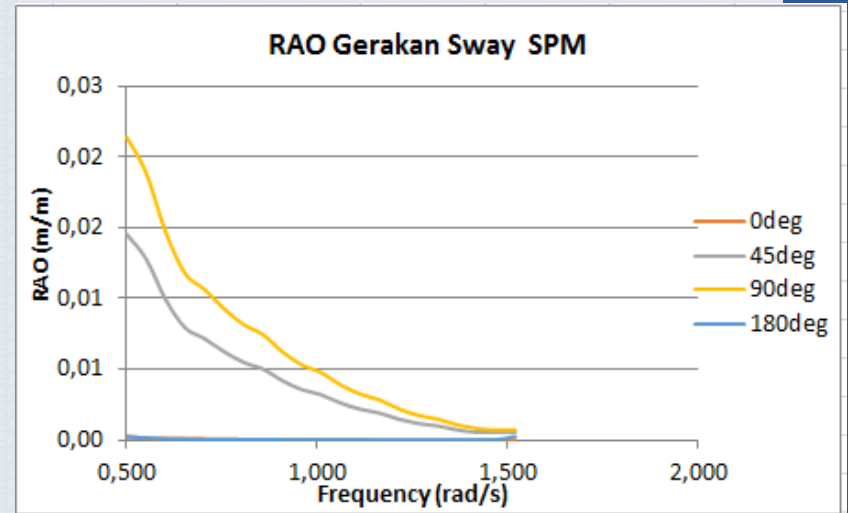
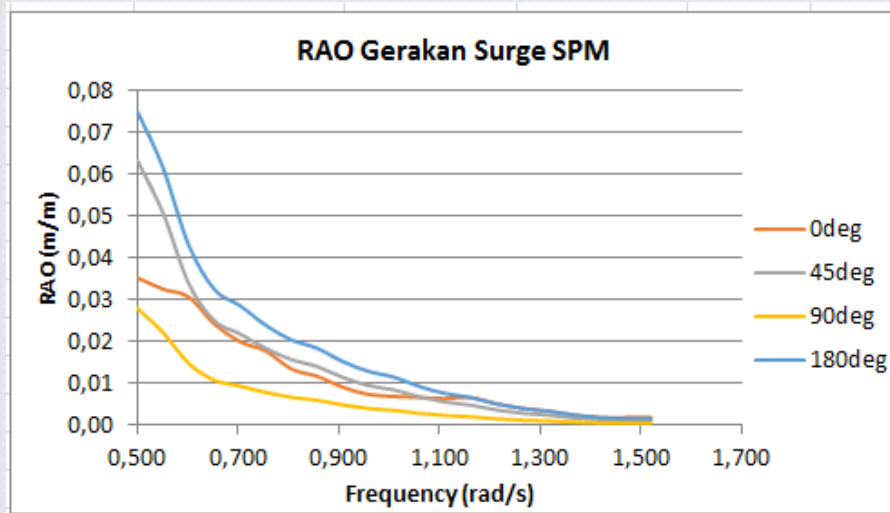


RAO Gerakan Yaw SPM



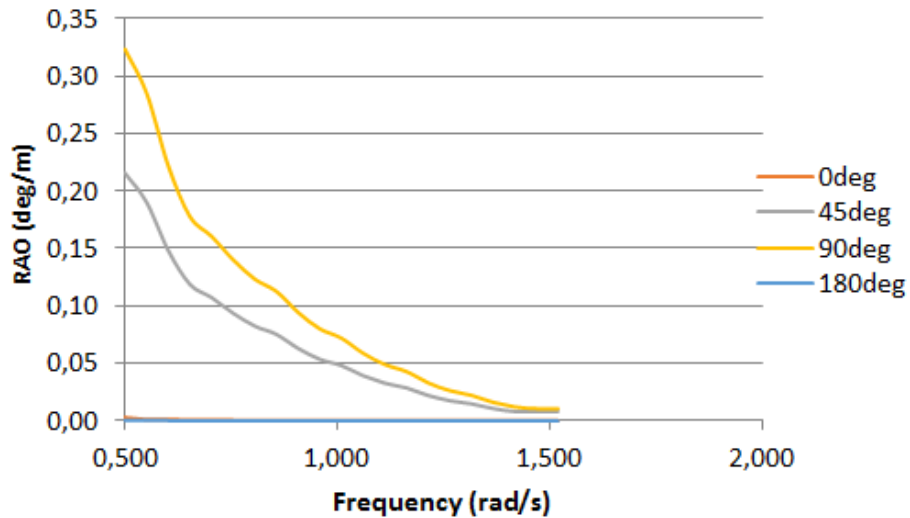
Heading (deg)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
0	0,000214	0,309029	0,000003
45	0,376314	0,393122	0,008090
90	0,518955	0,248744	0,011257
180	0,000384	0,556253	0,000006

Respon Gerak SPM tertambat FSO Kondisi Light Load

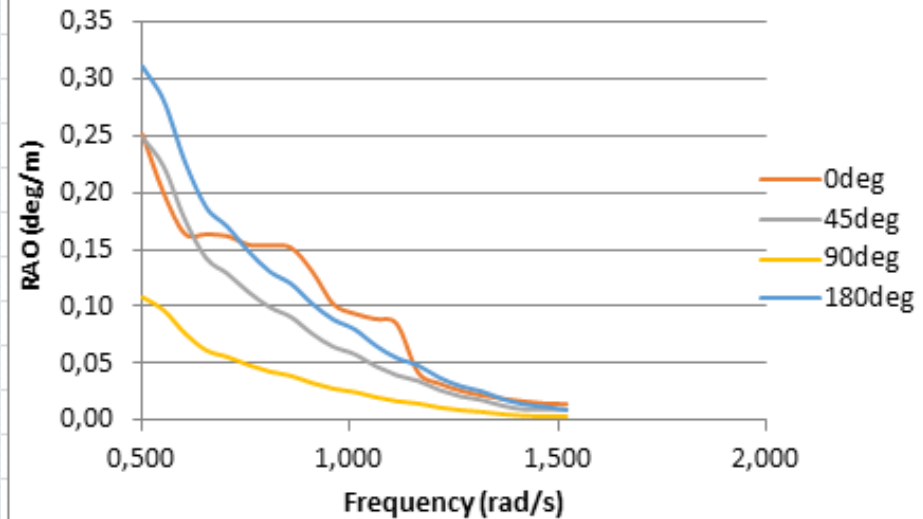


Heading (deg)	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)
0	0,0636	0,0005	0,0157
45	0,1143	0,0261	0,0140
90	0,0505	0,0385	0,0206
180	0,1354	0,0004	0,0142

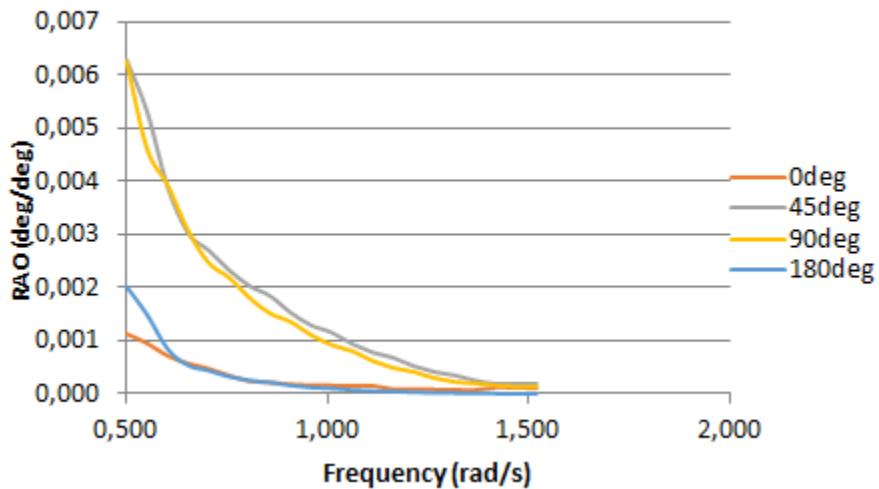
RAO Gerakan Roll SPM



RAO Gerakan Pitch SPM



Respon Spektra Gerakan Yaw SPM



Heading (deg)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
0	0,0055	0,4508	0,0020
45	0,3880	0,4469	0,0113
90	0,5821	0,1948	0,0116
180	0,0013	0,5585	0,0036

Analisis Gelombang Acak

While the JONSWAP spectrum has five parameters, only two are generally varied in its application – ω_0 and H_s . The suitable values of γ to use at various offshore locations will be described later. A suitable parameter for γ is in the range of 2–3 for the North Sea application.

If the peakedness parameter is not defined, the following can be applied:

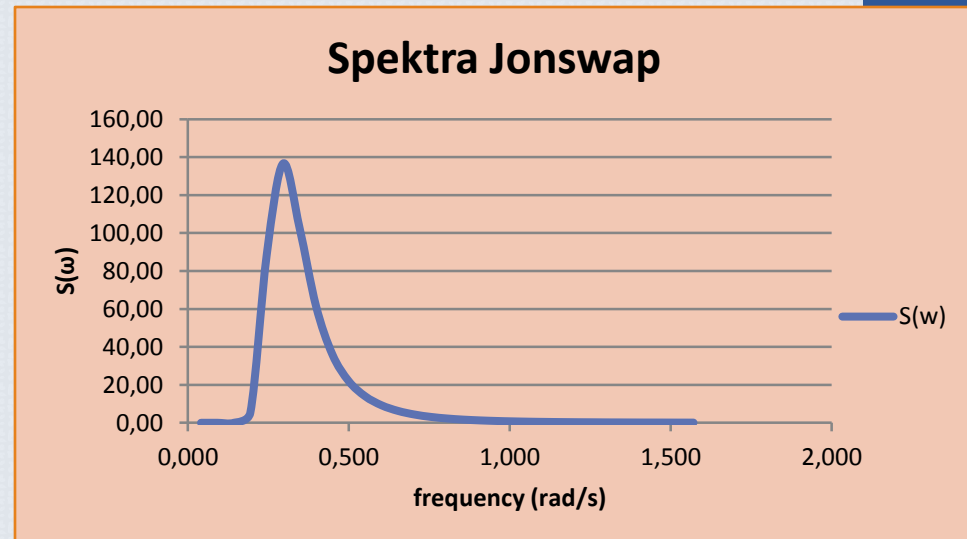
$$\begin{aligned} \gamma &= 5 && \text{for } T_p/\sqrt{H_s} \leq 3.6; \quad \text{and} \\ \gamma &= \exp\left(5.75 - 1.15 \frac{T_p}{\sqrt{H_s}}\right) && \text{for } T_p/\sqrt{H_s} > 3.6 \end{aligned} \quad (3.22)$$

$$T_p / (H_s)^{1/2} = 9 / (3.6)^{1/2} = 4.74$$

$$\gamma = \exp(5.75 - 1.15 T_p / (H_s)^{1/2})$$

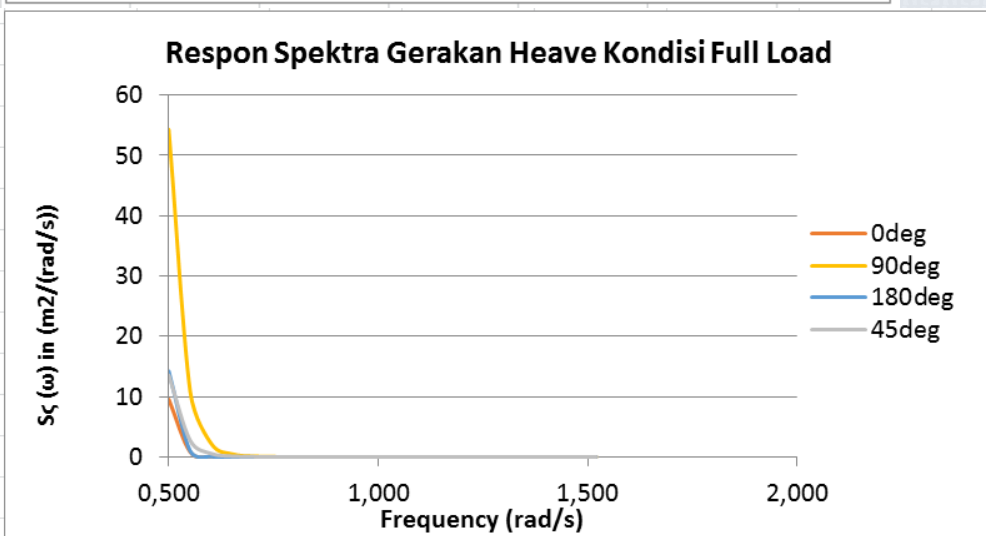
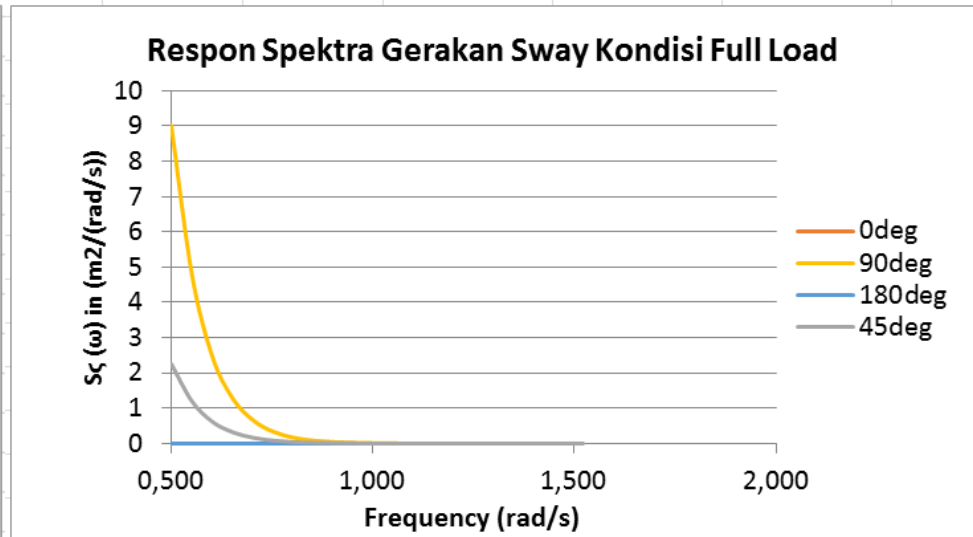
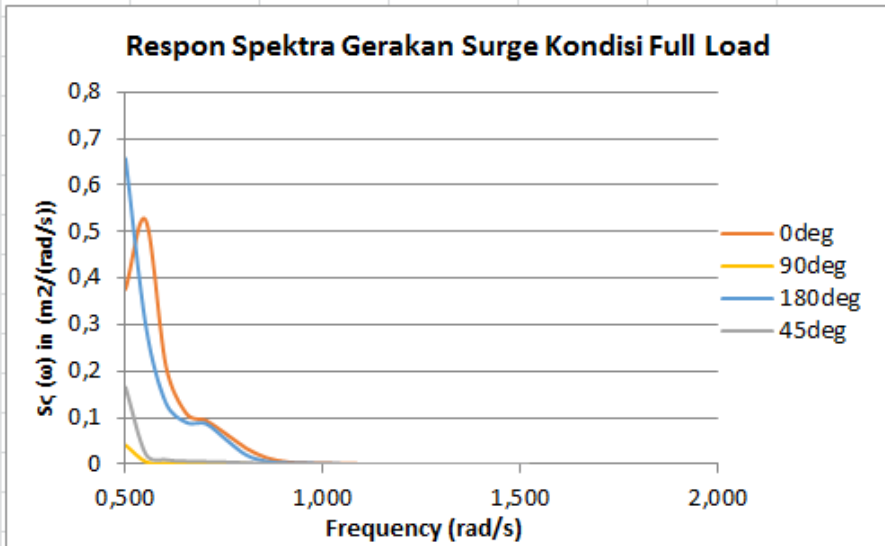
Sehingga:

$$\gamma = \exp(5.75 - 1.15 \times 9 / (3.6)^{1/2}) = \mathbf{1.3}$$

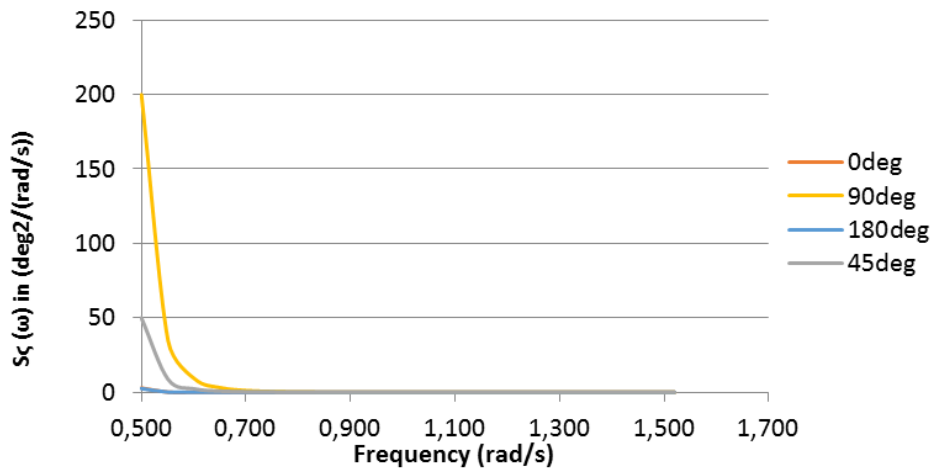


Respon Spektra Struktur

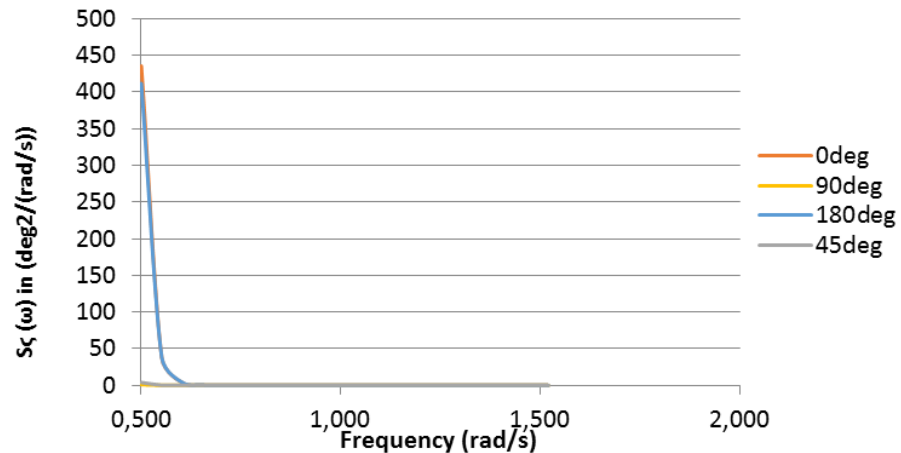
$$\text{RAO}^2 \times S(\omega) = S_r(\omega)$$



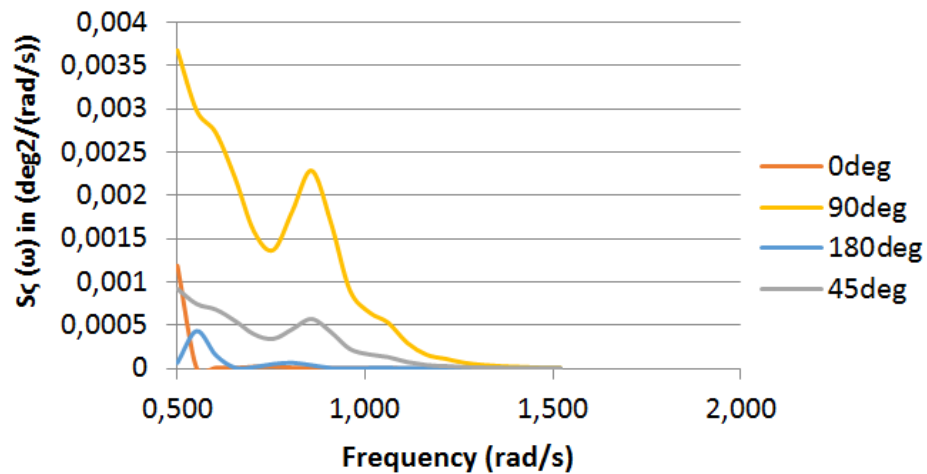
Respon Spektra Gerakan Roll Kondisi Full Load



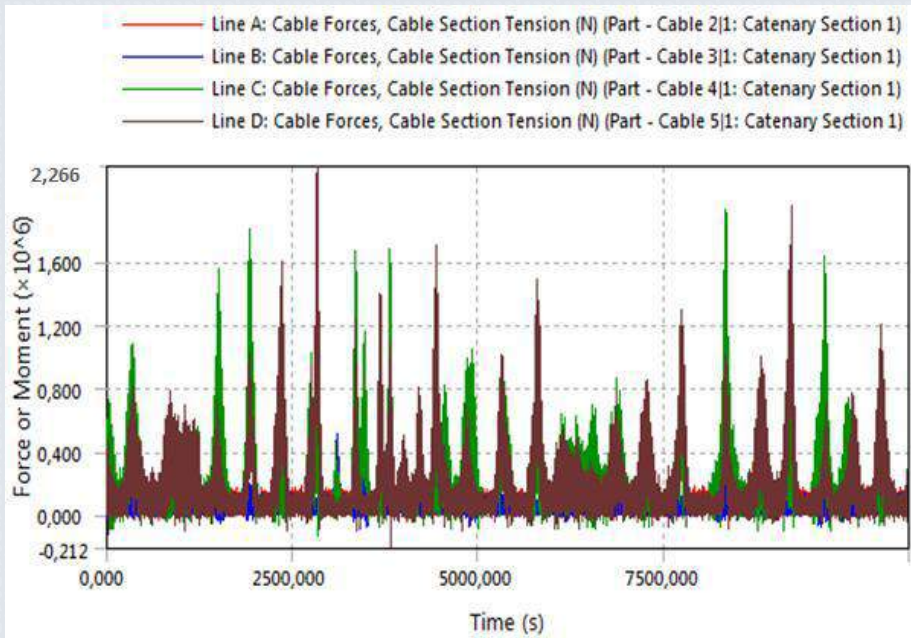
Respon Spektra Gerakan Pitch Kondisi Full Load



Respon Spektra Gerakan Yaw Kondisi Full Load



Analisis *Tension Hawser* dan Rantai Jangkar



□ Untuk *Hawser*

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Minimum Breaking Load}}{\text{Maximum Tension}}$$

$$1.82 = \frac{4094000 \text{ N}}{\text{Maximum Tension}}$$

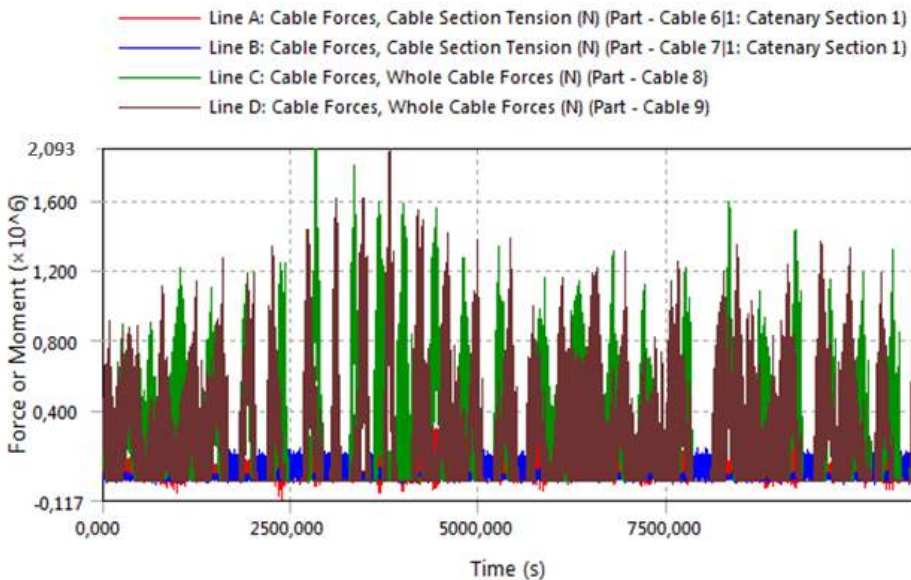
$$\text{Maximum Tension} = 2249450,55 \text{ N}$$

□ Untuk *Chain*

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Minimum Breaking Load}}{\text{Maximum Tension}}$$

$$1.67 = \frac{6469173 \text{ N}}{\text{Maximum Tension}}$$

$$\text{Maximum Tension} = 4222155.69 \text{ N}$$



Hasil Analisis *Tension Hawser* dan Rantai Jangkar

Full Load

MBL chain = 7051000 N MBL hawser = 4094000 N

Heading (deg)	Chain 1 (N)	Chain 2 (N)	Chain 3 (N)	Chain 4 (N)	Chain 5 (N)	Chain 6 (N)	Hawser 1 (N)	Hawser 2 (N)
0	408121,813	843627,813	1928726,125	2205887	448134,625	243608,156	1893612,625	1889660,25
45	310018,438	905744,125	1791839,875	348645,25	159873,609	190381,875	1154863,625	1659706,125
90	1012676,75	1532661,125	771846,5	151059,297	176345,531	199104,797	987710,688	1488051,125
180	1440455,625	184299,703	180661,359	180767,063	248197,625	1497996,875	1974126,375	1884853
Max	1440455,625	1532661,125	1928726,125	2205887	448134,625	1497996,875	1974126,375	1889660,25
SF	4,89	4,60	3,66	3,20	15,73	4,71	2,07	2,17



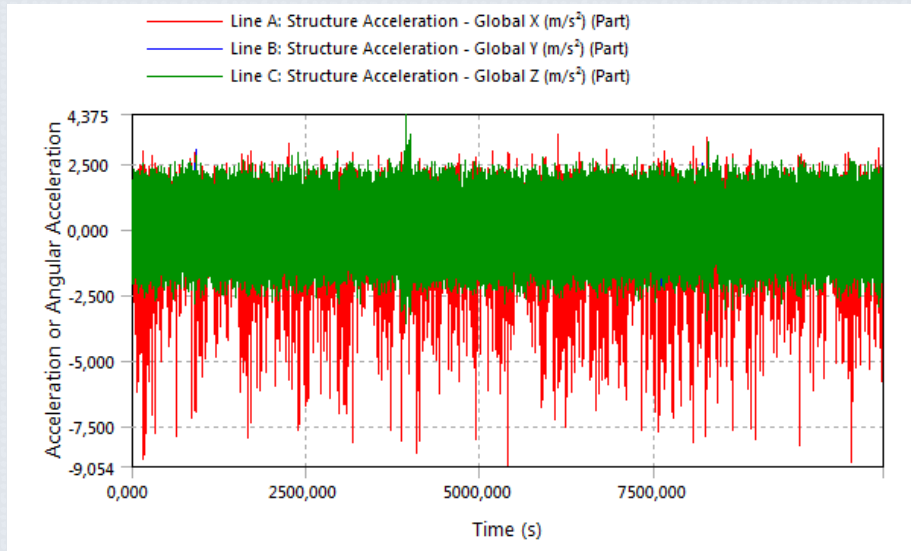
Light Load

MBL chain = 7051000 N MBL hawser = 4094000 N

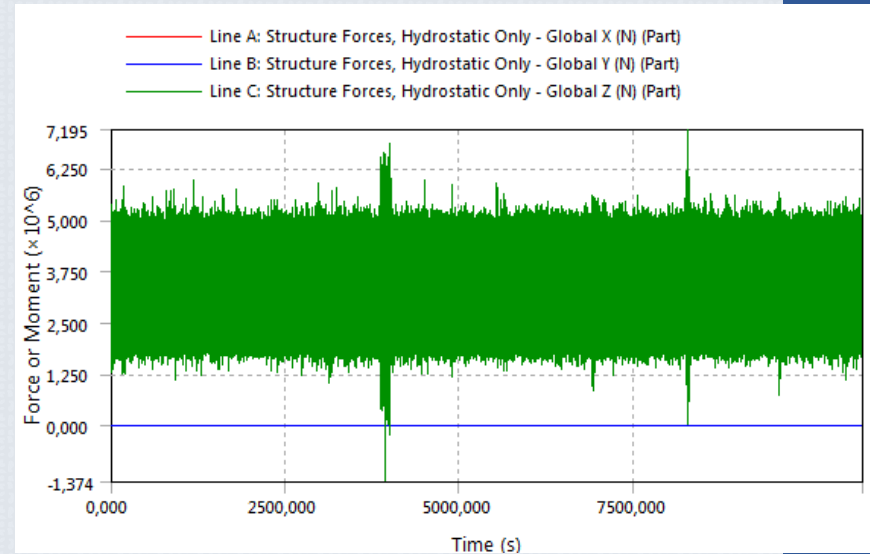
Heading (deg)	Chain 1 (N)	Chain 2 (N)	Chain 3 (N)	Chain 4 (N)	Chain 5 (N)	Chain 6 (N)	Hawser 1 (N)	Hawser 2 (N)
0	474261,063	920417,751	1977889,469	2266493,25	447287,266	212744,781	2093191	2004744,75
45	332130,531	614437,688	1418774,375	849440,563	160135,156	242668	1024419,438	1033056
90	1338438,125	1212072,375	642842	181179,438	203871,406	267981,688	1599804,75	2181761,5
180	1506594,875	261089,641	229824,703	241373,313	247350,266	1467133,5	2173704,75	1999937,5
Max	1506594,875	1212072,375	1977889,469	2266493,25	447287,266	1467133,5	2173704,75	2181761,5
SF	4,68	5,82	3,56	3,11	15,76	4,81	1,88	1,88

Gaya Hidrostatik dan percepatan Struktur

❖ Percepatan Struktur

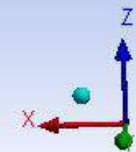
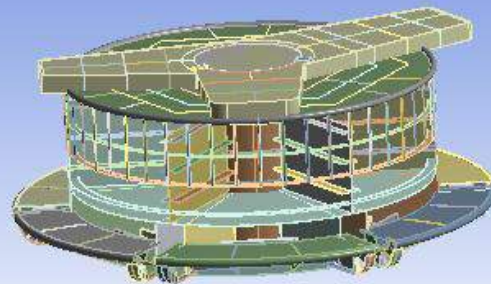
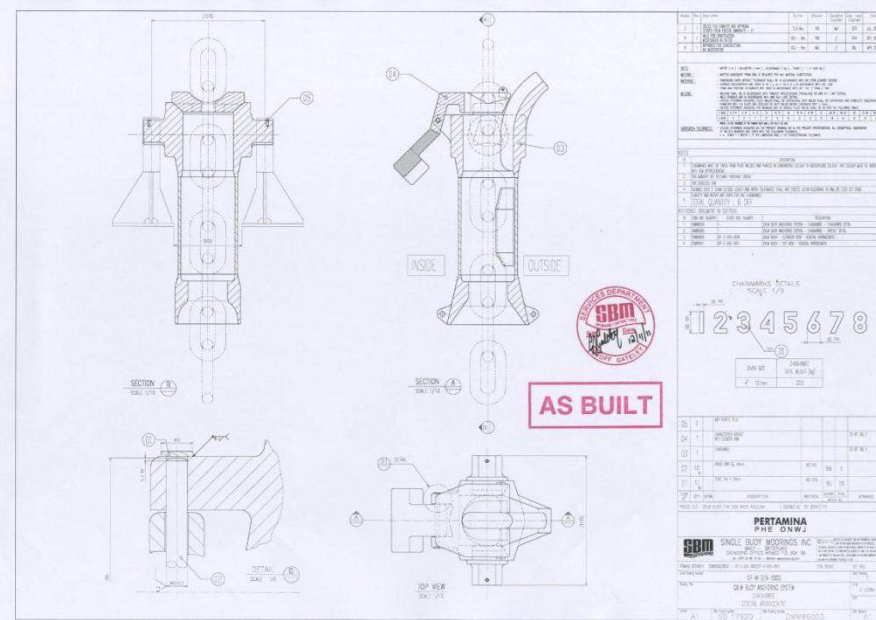
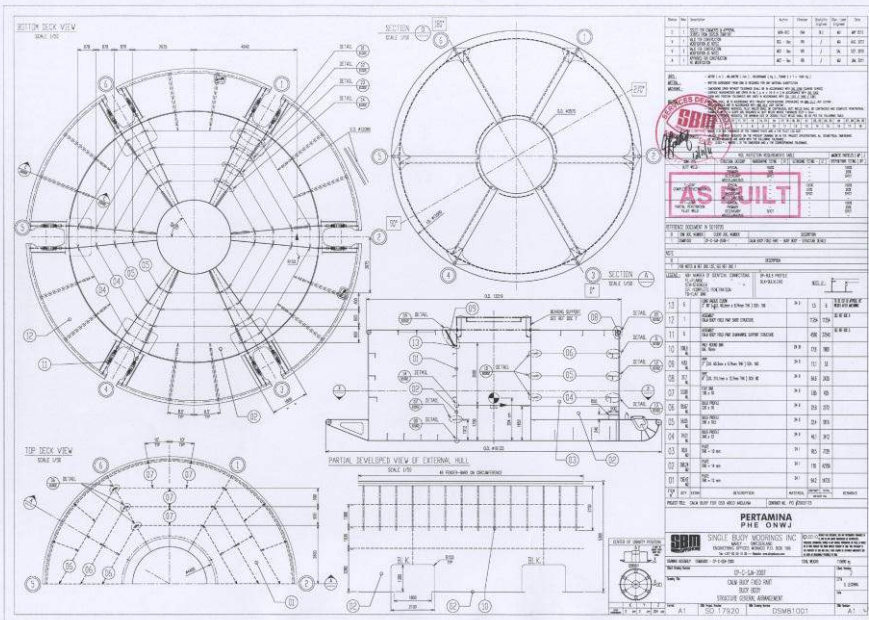


❖ Gaya Hidrostatik

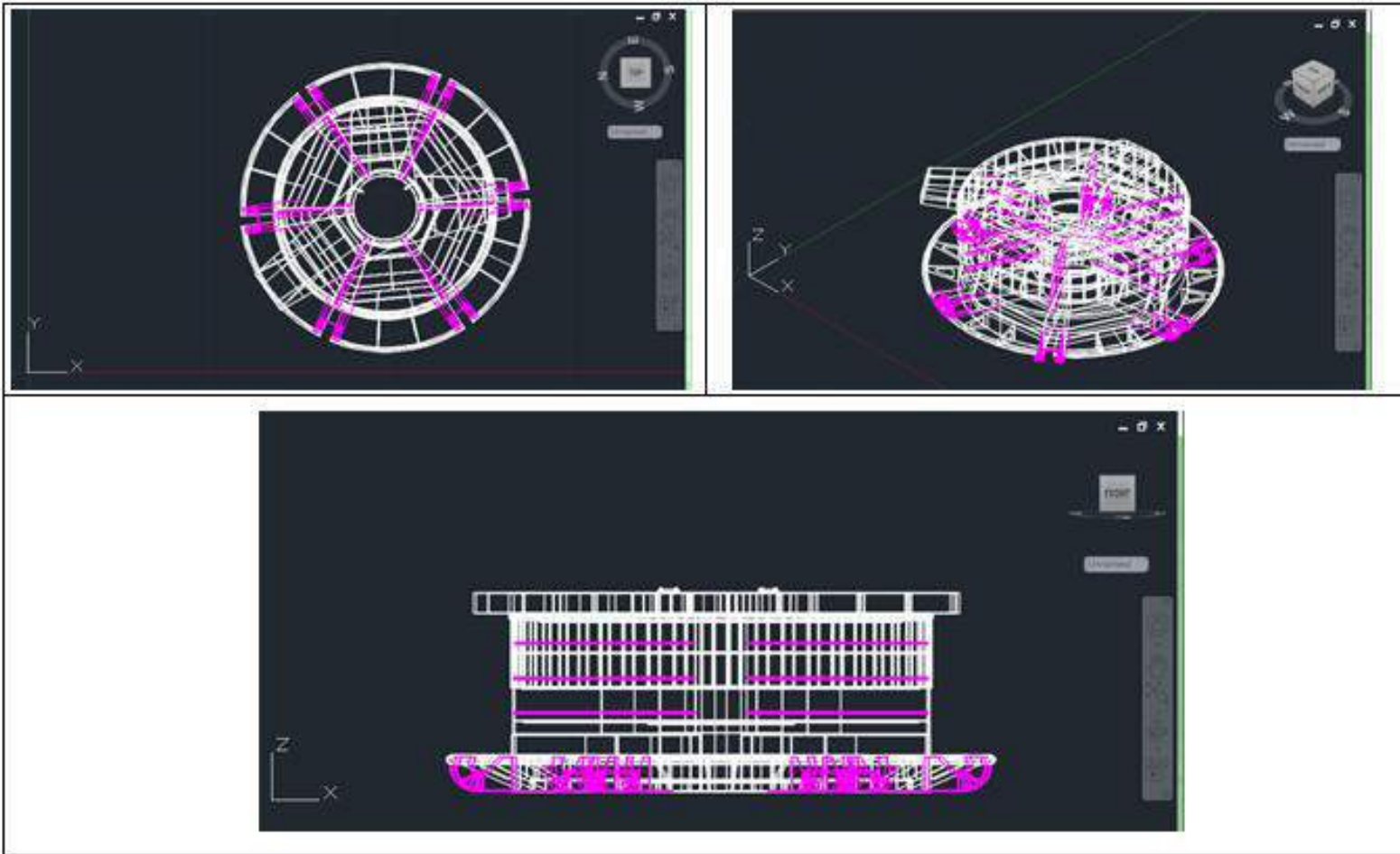


Mooring Line	Tension (N)	Detik(s)	Hydro Force (N)	Percepatan Struktur (m/s ²)		
				x	y	z
Chain 1 (N)	66139,25	2840,75	5278184	-1,299	0,973	1,776
Chain 2 (N)	94078,714					
Chain 3 (N)	558635,2175					
Chain 4 (N)	2266493,25					
Chain 5 (N)	301710,482					
Chain 6 (N)	460637,975					
Hawser 1 (N)	1.679.535					
Hawser 2 (N)	379988,844					

Konstruksi Single Point Mooring

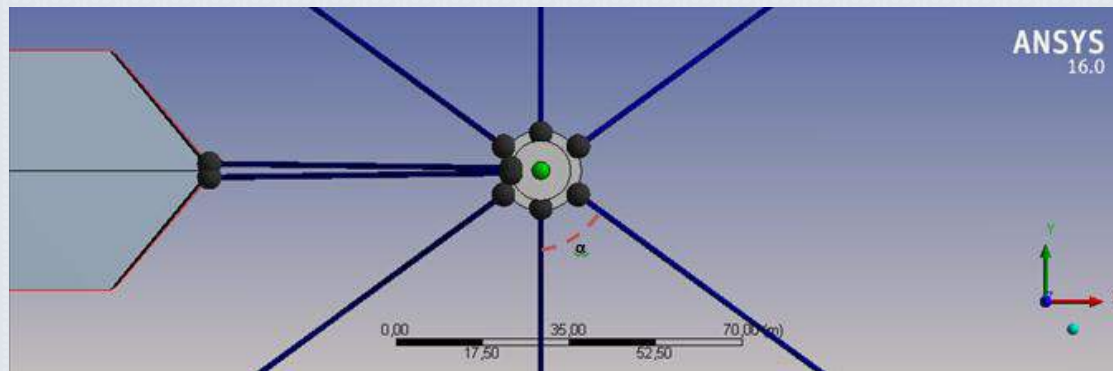
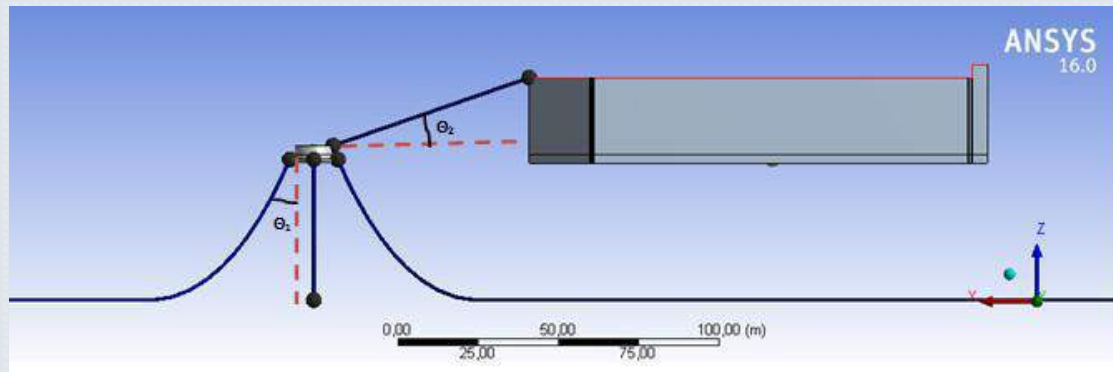


ANSYS
16.0



Material Konstruksi Single Point Mooring adalah Baja A36, dengan yield strength 250 MPa dan massa total struktur sebesar 139,12 ton

Pembebanan Pada Struktur



- Untuk *tension* rantai jangkar

$$F_x = T \sin \phi_1 \sin \alpha$$

$$F_y = T \sin \phi_1 \cos \alpha$$

$$F_z = T \cos \phi_1$$

- Untuk *tension* hawser

$$F_x = T \cos \phi_2 \cos \alpha$$

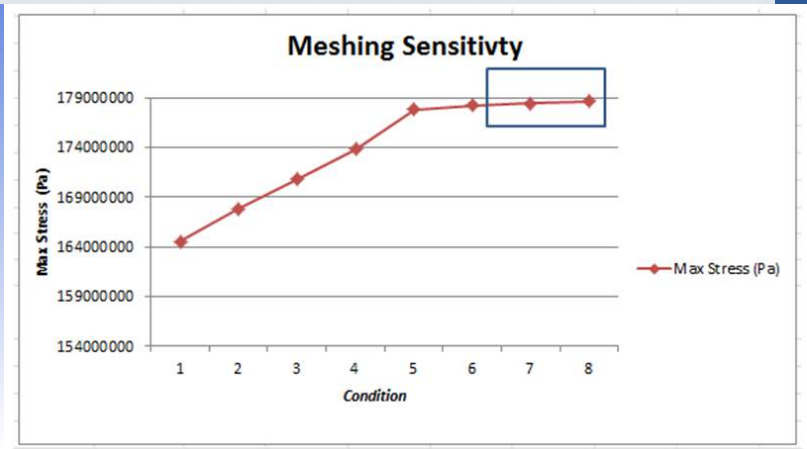
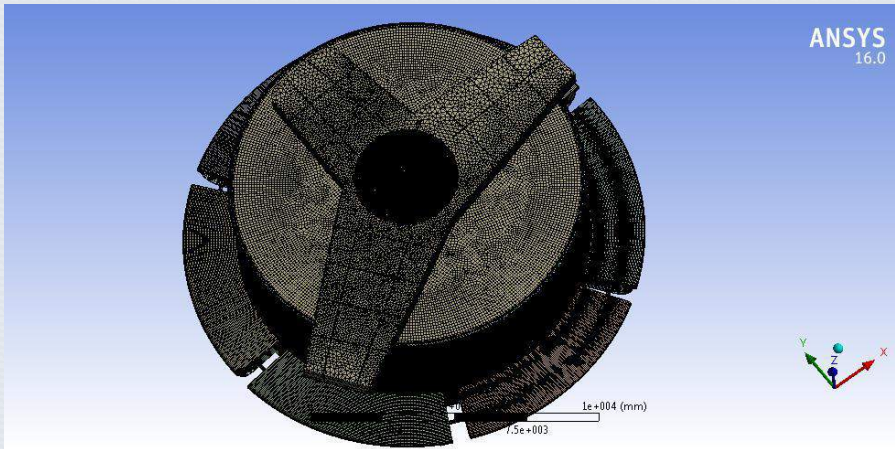
$$F_y = T \cos \phi_2 \sin \alpha$$

$$F_z = T \sin \phi_2$$

Pembebanan pada Struktur

Keterangan	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)	Detik(s)	Hydro Force (N)	Percepatan Struktur (m/s ²)		
						x	y	z
Chain 1	7580,92	4376,98	65557,4	2840,75	5278184	-1,299	0,973	1,776
Chain 2	12451,9	0	93251					
Chain 3	64031,1	36969,5	553720					
Chain 4	259787	149992	2246553					
Chain 5	39933,3	0	299056					
Chain 6	52798,6	30484,2	456585					
Hawser 1	0	565964	1581304					
Hawser 2	0	128047	357764					

Meshing dan Sensitivity Analysis



<i>Condition</i>	<i>Mesh Sizing(m)</i>	<i>Nodes</i>	<i>Elements</i>	<i>Max Stress (Pa)</i>	<i>Error (%)</i>
1	0,045	623644	163357	164510000	
2	0,044	637232	176629	167810000	-1,97
3	0,043	651452	190533	170810000	-1,76
4	0,042	666304	205069	173810000	-1,73
5	0,041	689769	228056	177810000	-2,25
6	0,040	697904	236037	178210000	-0,22
7	0,0399	706201	244172	178410000	-0,11
8	0,0397	714652	252469	178610000	-0,11

Analisis Tegangan Global Konstruksi SPM

- ❖ tegangan maksimum sebesar 178,61 MPa
- ❖ deformasi maksimum sebesar 5.58 mm, tetapi konsentrasi dari analisis ini ingin mengetahui kekuatan dari penegar pengait rantai jangkar, sehingga deformasi maksimum penegar dari pengait rantai jangkar adalah 2.49 mm.
- ❖ $178,61 \text{ MPa} < 0.9 \times \sigma_y$
 $178,61 \text{ MPa} < 225 \text{ MPa} \rightarrow \text{aman}$
- ❖ $2.49 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \rightarrow \text{aman}$

Stress Maksimum

A: Static Structural

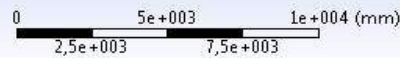
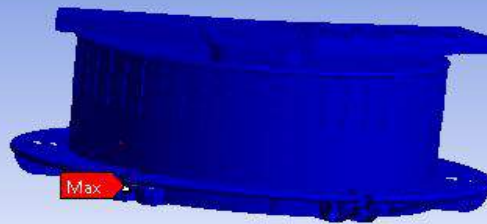
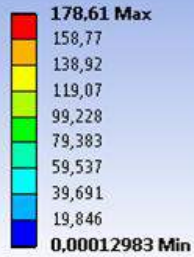
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

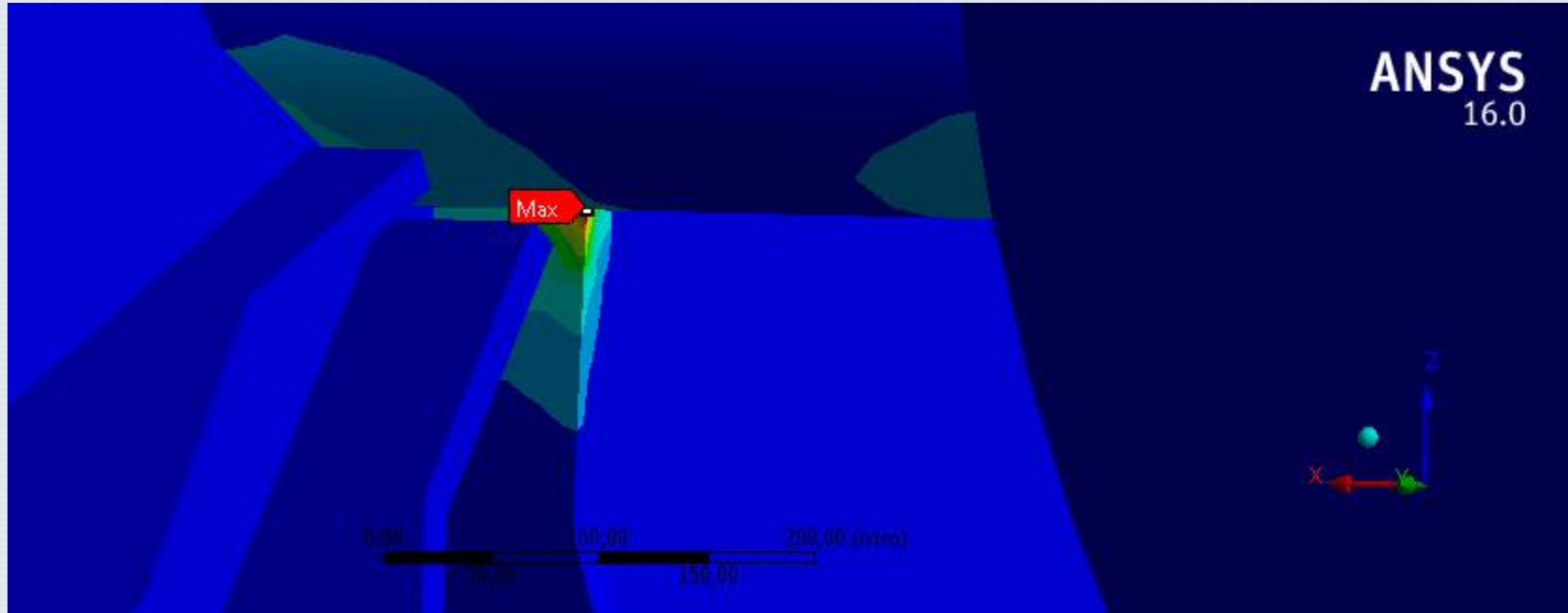
Unit: MPa

Time: 1

01/08/2015 18:33

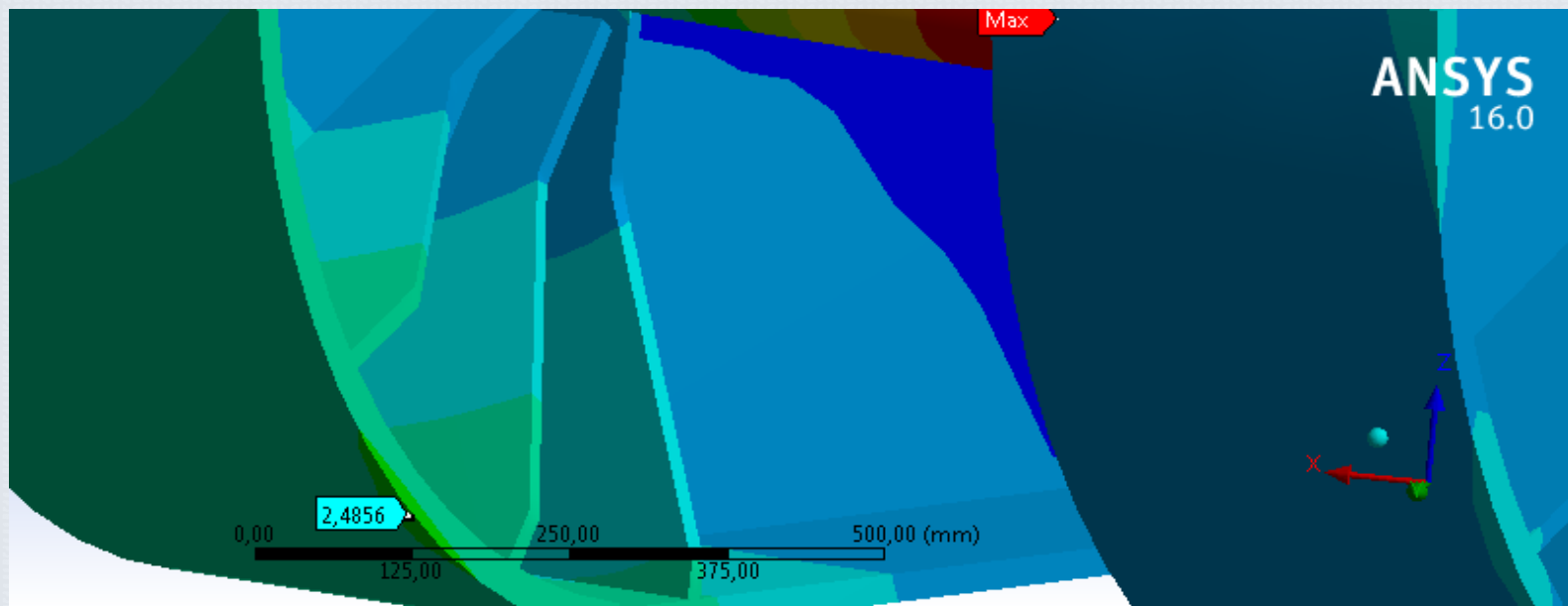
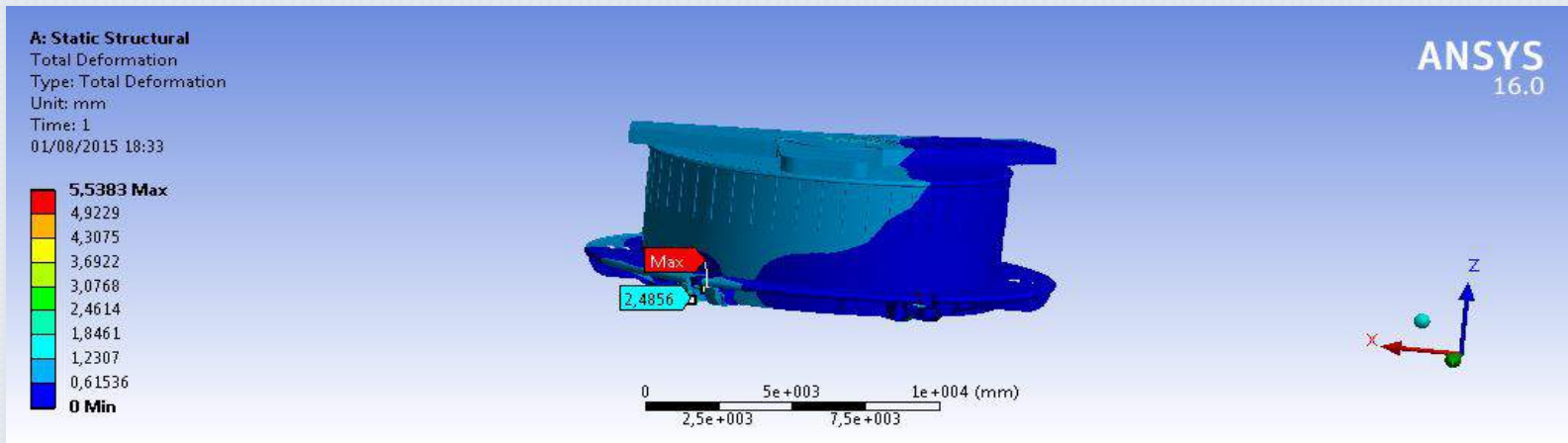


ANSYS
16.0



ANSYS
16.0

Deformasi Maksimum



KESIMPULAN

1. Respon struktur FSO Arco Ardjuna dan SPM akibat beban gelombang pada saat *free floating* dan tertambat, adalah sebagai berikut :

- Amplitudo struktur FSO Arco Ardjuna pada kondisi *free floating*, nilai terbesar terjadi pada kondisi *light* dengan *surge* terbesar 0.9238 m, *sway* terbesar 1.7195 m, *heave* terbesar 2.8334 m, *roll* terbesar 11.7823° , *pitch* terbesar 8.0261° , *yaw* terbesar 0.1230° .

- Amplitudo struktur SPM pada kondisi *free floating*, nilai terbesar terjadi pada kondisi *light* dengan *surge* terbesar 2.15 m, *sway* terbesar 2.15 m, *heave* terbesar 4.298 m, *roll* terbesar 8.0979° , *pitch* terbesar 8.0690° , *yaw* terbesar 1.4343° .

- Amplitudo struktur FSO Arco Ardjuna pada kondisi tertambat, nilai terbesar terjadi pada kondisi *light* dengan *surge* terbesar 0.3276 m, *sway* terbesar 0.3192 m, *heave* terbesar 0.4179 m, *roll* terbesar 2.0912° , *pitch* terbesar 2.0716° , *yaw* terbesar 0.0281° .

- Amplitudo struktur SPM pada kondisi tertambat, nilai terbesar terjadi pada kondisi *light* dengan *surge* terbesar 0.1355 m, *sway* terbesar 0.0385 m, *heave* terbesar 0.0296 m, *roll* terbesar 0.5821° , *pitch* terbesar 0.5585° , *yaw* terbesar 0.0116° .

2. Hasil *tension hawser* terbesar yang menghubungkan antara FSO Arco Ardjuna dengan SPM sebesar 2181.76 kN dengan kondisi muatan FSO *light* dan sudut pembebanan 90°. *Hawser* memiliki *Minimum Breaking Load* sebesar 4094 kN sehingga dengan *tension* yang didapatkan dari hasil simulasi, memiliki *safety factor* 1.88. *Safety factor* ini lebih dari 1.82 yang dianjurkan oleh *American Bureau of Shipping*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *hawser* dalam kondisi aman selama proses operasi dengan beban lingkungan 100 tahunan.

3. Hasil *tension* rantai jangkar terbesar yang menghubungkan antara FSO Arco Ardjuna dengan SPM sebesar 2266.49 kN dengan kondisi muatan FSO *light* dan sudut pembebanan 0°. *Hawser* memiliki *Minimum Breaking Load* sebesar 7051 kN sehingga dengan *tension* yang didapatkan dari hasil simulasi, memiliki *safety factor* 3.11. *Safety factor* ini lebih dari 1.67 yang dianjurkan oleh *American Bureau of Shipping*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rantai jangkar dalam kondisi aman selama proses operasi dengan beban lingkungan 100 tahunan.

4. Berdasarkan hasil pemodelan struktur global konstruksi SPM dengan pembebanan sesuai *tension hawser* dan rantai jangkar terbesar hasil simulasi sebelumnya, tekanan hidrostatik, percepatan struktur dan berat struktur sendiri, maka didapatkan tegangan maksimum konstruksi SPM sebesar 178.61 MPa dengan deformasi 2.49mm. Nilai tegangan maksimum tersebut masih lebih kecil jika dibandingkan dengan tegangan ijin yang dianjurkan oleh ABS "*Safehull-Dynamic Loading Approach for FPSO Systems*" sebesar 225 MPa. Dan Nilai deformasi yang dihasilkan juga masih lebih kecil jika dibandingkan dengan syarat deformasi maksimum yang tercantum dalam ABS "*Shipbuilding and Repair Quality Standard for Hull Structures during Construction*" yaitu 8 mm. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa konstruksi SPM masih aman untuk beroperasi.

Saran

1. Perlu dilakukan analisis yang lebih detail dengan cara memvariasikan sudut pembebanan yang lebih kecil intervalnya.
2. Untuk analisis lebih spesifik dalam penentuan tegangan lokal maksimum konstruksi SPM pada FSO Arco Ardjuna, perlu mempertimbangkan factor kondisi lingkungan seperti korosi.
3. Perlu dilakukan analisis yang lebih detail dengan memodelkan turtable secara spesifik dan pengaruh dari gerakan hose.

terimakasih . 😊