



## **ANALISIS MOTION TRAJECTORY DAN FATIGUE DAMAGE RATIO FPSO TERHADAP CATENARY MOORING LINE FAILURE**

Muhammad Alkhan Dwiki Abadi dan Fuad Mahfud Assidiq  
Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

[alkhanalkhan025@gmail.com](mailto:alkhanalkhan025@gmail.com)

### **Abstrak**

*Floating Production Storage and Offloading (FPSO)* adalah kapal yang memproduksi minyak dan gas terapung dengan memiliki sistem tambat tipe *catenary mooring*. FPSO tersebut akan memproduksi minyak dan gas di Lapangan Abadi di Blok Masela Laut Arafuru ( $09^{\circ} 07' 51''$  S /  $130^{\circ} 28' 00''$  E) dimana daerah tersebut memiliki gelombang laut, angin, dan arus yang akan berpengaruh pada kinerja kapal FPSO. Pada penelitian ini akan di uji *Response Amplitude Operator (RAO)*, *motion trajectory* dan *fatigue damage ratio* dengan sistem tambat kapal dari 12 tali terdapat 3 yang mengalami kegagalan. Penelitian ini menggunakan metode analisis dengan memakai perangkat lunak berbasis CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yaitu Ansys AQWA. Adapun kesimpulan dari penelitian ini ialah semakin banyak tali tambat yang putus maka perpindahan kapal FPSO dari kondisi awal akan semakin jauh serta semakin tinggi nilai tegangan maksimum tali maka akan berbanding lurus dengan *stress range* pada setiap tali tambat sedangkan untuk *fatigue damage ratio* semakin tinggi nilai siklus kegagalan maka akan berbanding terbalik dengan nilai *fatigue damage ratio* pada setiap tali tambat.

**Kata Kunci:** FPSO, *Catenary Mooring*, *Response Amplitude Operator*, *Motion Trajectory*, *Fatigue Damage Ratio*

### **Abstract**

*Floating Production Storage and Offloading (FPSO)* is a ship that produces floating oil and gas by having a *catenary mooring type mooring system*. The FPSO will produce oil and gas in the Abadi Field in the Masela Block of the Arafuru Sea ( $09^{\circ} 07' 51''$  S /  $130^{\circ} 28' 00''$  E) where the area has sea waves, wind and currents which will affect performance FPSO ship. In this research, *Response Amplitude Operator (RAO)*, *motion trajectory* and *fatigue damage ratio* will be tested with a ship mooring system of 12 ropes, 3 of which experienced failure. The conclusion of this research is that the more mooring ropes break, the farther the FPSO ship will move from its initial condition and the higher the maximum rope tension value, it will be directly proportional to the stress range on each mooring rope, while for the *fatigue damage ratio*, the higher the failure cycle value. then it will be inversely proportional to the *fatigue damage ratio* value for each mooring rope.

**Keyword:** FPSO, *Catenary Mooring*, *Response Amplitude Operator*, *Motion Trajectory*, *Fatigue Damage Ratio*

## **1. PENDAHULUAN**

*Floating Production Storage and Offloading* sering disingkat FPSO adalah kapal yang dinilai baik dalam memproduksi minyak dan gas dari tempat eksploitasi di lepas pantai karena kemampuan dalam mengangkut minyak dan gas relatif lebih murah dibanding *floating structure* yang lain dan lebih mudah dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain karena kapal FPSO tidak terpancang ke dasar laut. FPSO memiliki karakteristik yang mampu ditempatkan di kondisi perairan dimana tinggi gelombang, angin dan arus yang cukup ekstrim. Dengan pernyataan tersebut diperlukan juga system tambat kapal yang kokoh untuk



menghadapi kondisi ekstrim tersebut. Karena itu diperlukan pengetahuan tentang perkiraan respons sebuah struktur pada lingkungan tertentu untuk lebih mudah mengetahui resiko yang terjadi pada sebuah struktur nantinya di lapangan.

Pada kasus ini FPSO akan dioperasikan di Lapangan Abadi di Blok Masela yang di perkirakan memiliki cadangan gas terbesar di Indonesia yang akan di eksploitasi dimana di daerah tersebut memiliki gelombang laut, angin dan arus yang nantinya akan mempengaruhi sistem tambat kapal pada saat sedang mengebor. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis untuk menghitung respon gerak terhadap tegangan tali yang terjadi serta *fatigue damage ratio* yang dihasilkan dari kapal FPSO yang sedang tertambat dimana pada saat mengebor gas dan minyak ada tali yang putus dikarenakan terdapat kegagalan dalam menjalankan *mooring system* dengan tipe *catenary mooring* pada kapal FPSO tersebut.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode analisis dengan memakai perangkat lunak berbasis CFD (Computational Fluid Dynamics) yaitu Ansys AQWA yang bertujuan untuk menginvestigasi dan menganalisis system mooring line pada FPSO (Floating Production Storage and Offloading) yang akan dioperasikan di lapangan Abadi, blok Masela, Laut Arafuru (09° 07' 51'' S / 130° 28' 00'' E). Dimulai dengan mengumpulkan data pendukung penelitian yang nantinya akan diinput ke dalam CFD. Pada Penelitian ini terjadi kesalahan pada kinerja mooring line dimana pada kabel pada FPSO tersebut putus yang mana akan memengaruhi kekakuan hidrostatik pada kapal yaitu secara translasi (Surge : gerak arah-x, Sway : gerak arah-y, dan Heave : gerak arah-z) dan rotasi (Roll : rotasi sumbu-x, Pitch : rotasi sumbu-y, dan Yaw : rotasi sumbu-z). Data yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut : .

### 2.1. Data Kapal FPSO

- Panjang Total (LOA) = 280 m
- Lebar (B) = 59 m
- Tinggi (H) = 31.5 m
- Sarat Air (T) = 23.03 m
- *Displacement* = 341039 ton

### 2.2. Data Mooring Line FPSO

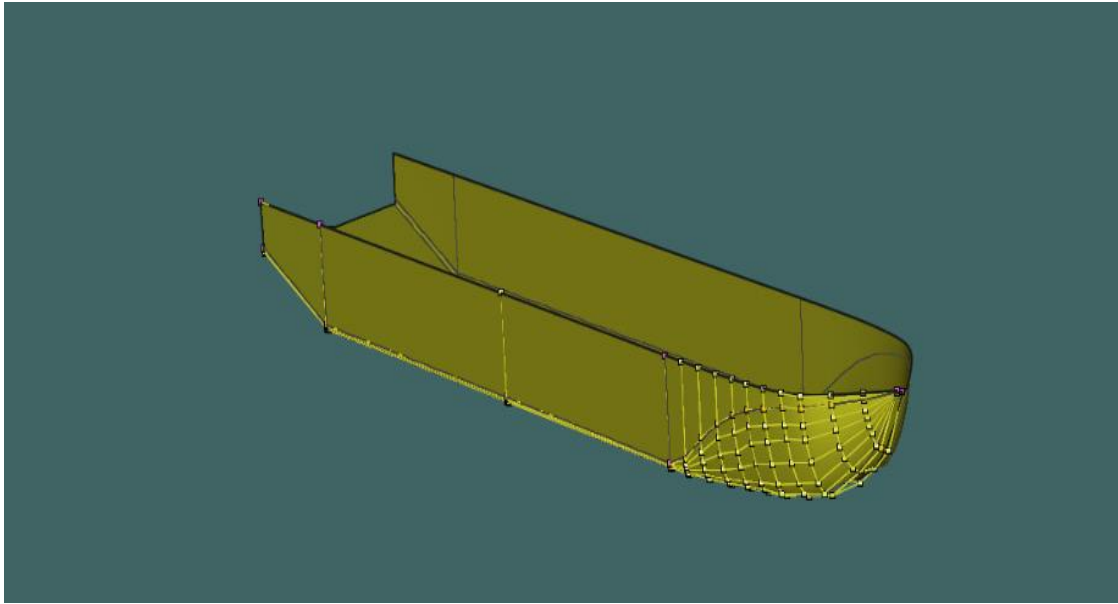
- Tipe Mooring = Catenary (Chain)
- Jenis Tali = Studless R4
- Jumlah Tali = 12
- Radius Mooring Line = 3000 m
- Diameter = 0.1588 m
- Berat Basah = 438.90 kg/m
- Panjang Tali = 3100 m
- *Axial Stiffness* (EA) = 1842397800 N
- *Maximum Breaking Load* (MBL) = 19563300 N

### 2.3. Data Lingkungan

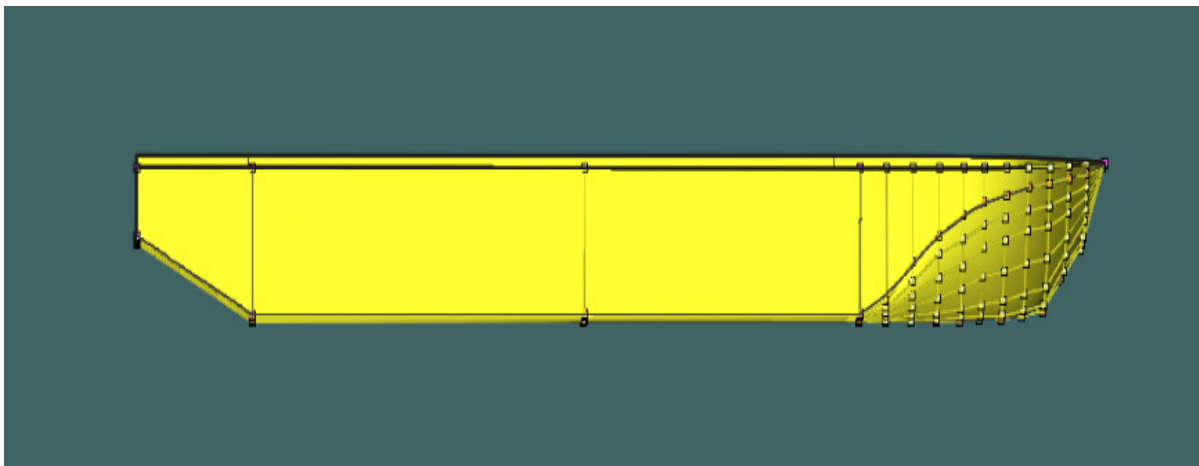
- Kedalaman Laut = 1000 m
- Tinggi Gelombang = 2 m
- Peak Periode = 12 m
- Angin = 16.91 m/s
- Arus = 0.5 m/s



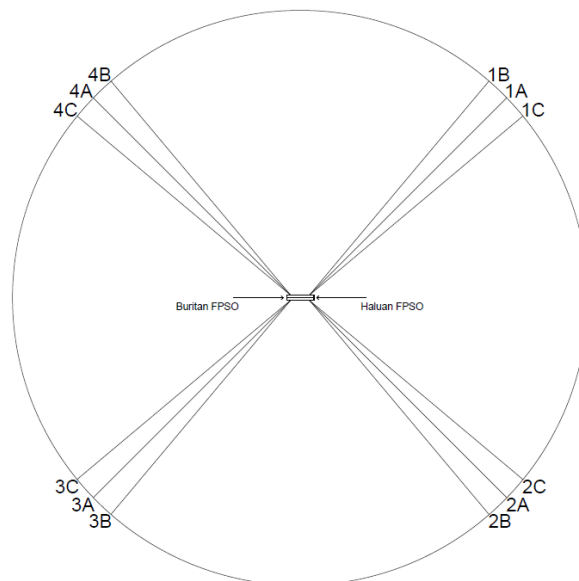
## 2.4. Pemodelan Kapal FPSO



Gambar 2.4.1 Tampak 3 Dimensi Kapal FPSO



Gambar 2.4.2 Tampak Samping 2 Dimensi Kapal FPSO



Gambar 2.4.3 Tampak Atas Kapal FPSO dengan *Mooring Line* Radius 3000 Meter

## 2.5. Parameter & Persamaan Matematika

Untuk mengetahui karakteristik Gerakan struktur di laut dalam melakukan Analisa RAO pada struktur dengan mempertimbangkan persamaan berikut [1]

RAO Gerakan Translational (*surge, sway & heave*)

$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} \quad (m/m) \quad (1)$$

Dengan :

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

$$\zeta_0 = \text{amplitudo gelombang} \quad (\omega)$$

RAO Gerakan Rotasional (*roll, pitch & yaw*)

$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{k_w \zeta_0} = \frac{\zeta_{k0}}{\left(\frac{\omega^2}{g}\right) \zeta_0} \quad (rad/m) \quad (2)$$

Dengan :

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

$$\zeta_0 = \text{amplitudo gelombang} \quad (\omega)$$

$$\omega = \text{frekuensi gelombang} \quad (\text{rad/det})$$

$$g = \text{percepatan rata-rata gravitasi bumi} \quad (\text{m/s}^2)$$

Untuk menghitung Dynamic Amplification Factor (DAF) pada setiap periode gelombang, Hot Spot Stress (HSS) pada riser, Stress Range (S) pada setiap data, dan Jumlah kejadian gelombang setiap Stress Range (Ni) maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$DAF = \frac{1}{\sqrt{\left\{1 - \frac{Tn^2}{T}\right\}^2 + 2\beta \left(\frac{Tn}{T}\right)^2}} \quad (3)$$

Dengan :

$$Tn = \text{periode natural struktur} \quad (\text{det})$$

$$T = \text{periode gelombang} \quad (\text{det})$$

$$B = \text{damping ratio} \quad (20\%) \text{ berdasarkan API RP2A}$$

$$HSS = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Dengan :

$$F = \text{gaya} \quad (\text{N})$$

$$A = \text{luas permukaan} \quad (\text{m}^2)$$

$$S = HSS \times DAF \quad (5)$$

Dengan :

$$HSS = \text{tegangan} \quad (\text{N/m}^2)$$

$$DAF = \text{dynamic amplification factor}$$

Analisis kelelahan diartikan sebagai penelitian yang mencakup gerak dinamis global dan tegangan lokal tambatan catenary. Metodologi yang ada tidak memiliki tingkat konsistensi dan transparansi yang diperlukan untuk independent menunjukkan tingkat keselamatan dan konservatisme dalam desain catenary [2]

Dasar kurva S-N disebutkan antara plot tegangan dan jumlah siklus (N). Kurva ini digunakan untuk menyatakan karakteristik kelelahan pada material akibat beban siklus yang besarnya konstan [3]. Tingkat



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

akurasi dipengaruhi oleh penentuan parameter kemiringan kurva S-N dan intersepsi, ekspresi analitik dari kurva S-N adalah [4] :

$$Ni(s) = aD \times S^{-m} \tag{6}$$

Dengan :

- S = stress range (N/m<sup>2</sup>)
- aD = parameter dalam kurva S-N
- m = kemiringan kurva S-N

Masing – masing tali tambat mengambil umur kelelahan yang diproses lebih lanjut antara jumlah siklus-rentang tegangan dan karakteristik tali tambat [5]. Tinjauan umur kelelahan pada kondisi gerak *surge, sway, heave, roll, pitch*, dan *yaw* dengan arah 180<sup>0</sup> (*head seas*) dihitung sebagai berikut [2]:

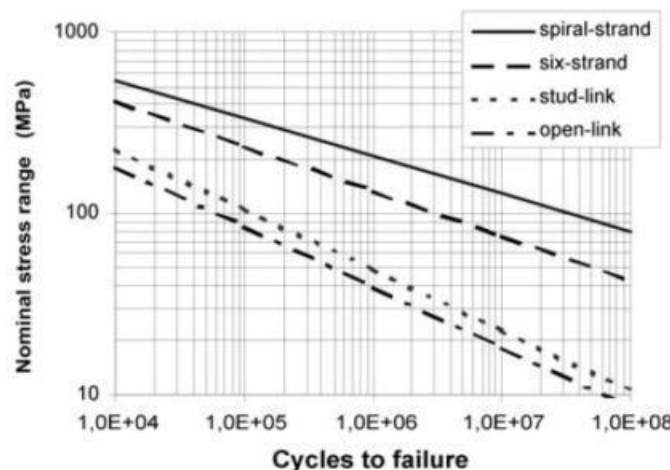
$$n = \frac{T}{Ta} \tag{7}$$

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{n}{Ni} \tag{8}$$

Dengan :

- n = jumlah siklus
- D = rasio kerusakan kelelahan
- T = desain masa hidup (det)
- Ta = rentang periode tegangan (det)
- Ni = siklus kegagalan

Parameter aD (kurva S-N) dan m (kemiringan kurva S-N) ditunjukkan pada Gambar 2.5.1 dan Tabel 2.5.1



Gambar 2.5.1 Kurva S-N

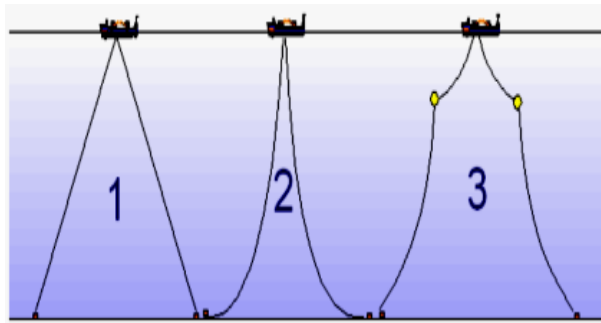
Tabel 2.5.1 Parameter Kurva S-N

Jenis Mooring	aD	m
Stud Chain	1.2 x 10 <sup>11</sup>	3.0
Studless Chain (Open Link)	6.0 x 10 <sup>10</sup>	3.0
Six-Strand Wire Rope	3.4 x 10 <sup>14</sup>	4.0
Spiral Strand Wire Rope	1.7 x 10 <sup>17</sup>	4.8

Sistem tambat biasanya memiliki 8 sampai 16 tali tambatan yang terdiri dari rantai berat, tali kawat baja dan bahan poliester yang menghubungkan jangkar menuju dasar laut [6]. Jalur system *catenary* sampai di dasar laut secara horizontal, meskipun tambatannya kencang ditambatkan hingga membentuk sebuah sudut [7]. Perbedaan penting lainnya adalah kekuatan pemulihan pada *catenary mooring* dihasilkan oleh berat komponen sedangkan kekuatan taut mooring berasal dari elastisitas tali *mooring*.

Ketika ekstraksi minyak dan gas yang terjadi pada perairan dangkal maupun dalam, sistem *catenary* lebih populer digunakan namun Ketika identifikasi produksi perairan dalam ke yang lebih dalam lagi maka system tambatan memiliki faktor pembatas sehingga untuk mengatasi maka harus ada solusi baru yang dikembangkan sebagai sistem penambatan. Pada gambar 2.5.1 menunjukkan konfigurasi sistem tambatan[8].





Gambar 2.5.1. 1) Taut Mooring 2) Catenary Mooring 3) Catenary Mooring dengan Buoyancy

Tegangan yang terjadi pada tali tambat dapat dibedakan menjadi dua yaitu tegangan rata-rata dan tegangan maksimum. Tegangan rata-rata adalah tegangan pada tali tambat yang berhubungan dengan perpindahan rata-rata kapal, sedangkan tegangan maksimum adalah tegangan maksimum rata-rata dibawah pengaruh kombinasi frekuensi gelombang dan frekuensi tegangan rendah[9].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis simulasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Ansys AQWA. Hasil analisis diperoleh RAO (*Respons Amplitude Operator*) pada saat kondisi *free floating* dengan arah pembebanan  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  dan  $180^\circ$  dalam enam derajat kebebasan translasi dan rotasi: *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch* dan *yaw*. Hasil analisis dari motion trajectory diperoleh dari *Hydrodynamic Time Respons* Ansys AQWA dengan tiga variasi yang telah diuji coba dengan meninjau perpindahan kapal FPSO terhadap *surge* dan *sway*. Hasil analisis dari stress range dan fatigue damage ratio diperoleh dari *Hydrodynamic Time Respons* Ansys AQWA pada setiap tali tambat. Dimana hasil dari setiap analisis akan dijelaskan pada sub bab yang terlampir.

#### 3.1. Tabel

Tabel 1. Nilai Maksimum Translasi RAO *Free Floating*

<i>Surge</i>			<i>Sway</i>			<i>Heave</i>		
Arah	Maksimum	Periode	Arah	Maksimum	Periode	Arah	Maksimum	Periode
$0^\circ$	1.49E+00	6.28E+01	$0^\circ$	8.58E-05	3.18E+01	$0^\circ$	9.96E-01	6.28E+01
$45^\circ$	1.32E+00	6.28E+01	$45^\circ$	8.23E-01	6.28E+01	$45^\circ$	9.98E-01	6.28E+01
$90^\circ$	1.13E+00	6.28E+01	$90^\circ$	1.17E+00	6.28E+01	$90^\circ$	1.83E+00	1.28E+01
$135^\circ$	1.32E+00	6.28E+01	$135^\circ$	8.23E-01	6.28E+01	$135^\circ$	9.98E-01	6.28E+01
$180^\circ$	1.49E+00	6.28E+01	$180^\circ$	8.47E-05	3.18E+01	$180^\circ$	9.96E-01	6.28E+01

Tabel 2. Nilai Maksimum Rotasi RAO *Free Floating*

<i>Roll</i>			<i>Pitch</i>			<i>Yaw</i>		
Arah	Maksimum	Periode	Arah	Maksimum	Periode	Arah	Maksimum	Periode
$0^\circ$	2.78E-03	3.18E+01	$0^\circ$	6.08E-01	1.60E+01	$0^\circ$	1.88E-05	9.15E+00
$45^\circ$	5.62E+00	3.18E+01	$45^\circ$	7.92E-01	1.28E+01	$45^\circ$	3.16E-01	1.60E+01
$90^\circ$	3.77E+00	3.18E+01	$90^\circ$	2.01E-01	1.28E+01	$90^\circ$	5.12E-02	3.18E+01
$135^\circ$	5.63E+00	3.18E+01	$135^\circ$	7.16E-01	1.28E+01	$135^\circ$	3.14E-01	1.60E+01
$180^\circ$	2.75E-03	3.18E+01	$180^\circ$	6.19E-01	1.60E+01	$180^\circ$	1.55E-05	9.15E+00

Tabel 3. Nilai Stress Range di Setiap Variasi

Tali Tambat	Variasi 1	
	Tegangan Maksimum (N/m <sup>2</sup> )	Stress Range (Pa)
Tali 1A	0	0
Tali 2A	1.10E+09	4.12E+07
Tali 3A	1.06E+09	3.97E+07
Tali 4A	1.06E+09	3.97E+07



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Tali 1B	1.46E+09	5.48E+07
Tali 2B	1.13E+09	4.25E+07
Tali 3B	1.09E+09	4.11E+07
Tali 4B	1.11E+09	4.16E+07
Tali 1C	1.34E+09	5.03E+07
Tali 2C	1.07E+09	4.02E+07
Tali 3C	1.03E+09	3.86E+07
Tali 4C	1.03E+09	3.86E+07

Variasi 2

Tali Tambat	Tegangan Maksimum (N/m <sup>2</sup> )	Stress Range (Pa)
Tali 1A	0	0
Tali 2A	1.10E+09	4.12E+07
Tali 3A	1.06E+09	3.97E+07
Tali 4A	1.06E+09	3.97E+07
Tali 1B	0	0
Tali 2B	1.13E+09	4.25E+07
Tali 3B	1.09E+09	4.11E+07
Tali 4B	1.09E+09	4.10E+07
Tali 1C	2.03E+09	7.62E+07
Tali 2C	1.07E+09	4.02E+07
Tali 3C	1.03E+09	3.86E+07
Tali 4C	1.03E+09	3.86E+07

Variasi 3

Tali Tambat	Tegangan Maksimum (N/m <sup>2</sup> )	Stress Range (Pa)
Tali 1A	0	0
Tali 2A	1.10E+09	4.12E+07
Tali 3A	1.06E+09	3.97E+07
Tali 4A	1.06E+09	3.97E+07
Tali 1B	0	0
Tali 2B	1.13E+09	4.25E+07
Tali 3B	1.09E+09	4.11E+07
Tali 4B	1.09E+09	4.10E+07
Tali 1C	0	0
Tali 2C	1.11E+09	4.17E+07
Tali 3C	1.03E+09	3.86E+07
Tali 4C	1.03E+09	3.86E+07

**Tabel 4. Nilai Fatigue Damage Ratio di Setiap Variasi**

Variasi 1

Tali Tambat	Siklus Kegagalan (Ni)	Fatigue Damage Ratio (D)
Tali 1A	0	0
Tali 2A	1.71E-06	1.01E+04
Tali 3A	1.91E-06	9.06E+03
Tali 4A	1.92E-06	9.05E+03
Tali 1B	7.30E-07	2.37E+04
Tali 2B	1.57E-06	1.11E+04
Tali 3B	1.73E-06	9.99E+03
Tali 4B	1.67E-06	1.04E+04
Tali 1C	9.41E-07	1.84E+04
Tali 2C	1.85E-06	9.39E+03
Tali 3C	2.09E-06	8.31E+03
Tali 4C	2.08E-06	8.32E+03

Variasi 2



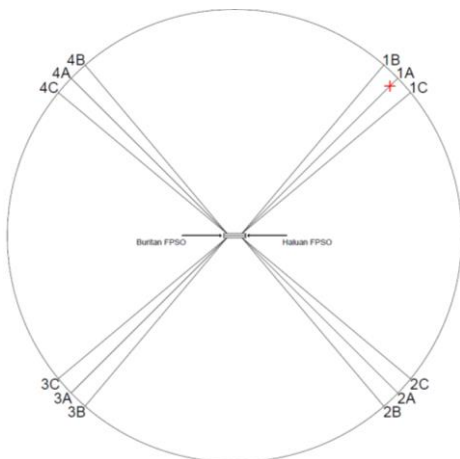
copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Tali Tambat	Siklus Kegagalan (Ni)	Fatigue Damage Ratio (D)
Tali 1A	0	0
Tali 2A	1.71E-06	1.01E+04
Tali 3A	1.91E-06	9.06E+03
Tali 4A	1.92E-06	9.05E+03
Tali 1B	0	0
Tali 2B	1.57E-06	1.11E+04
Tali 3B	1.73E-06	9.99E+03
Tali 4B	1.74E-06	9.96E+03
Tali 1C	2.71E-07	6.39E+04
Tali 2C	1.85E-06	9.39E+03
Tali 3C	2.09E-06	8.31E+03
Tali 4C	2.08E-06	8.32E+03

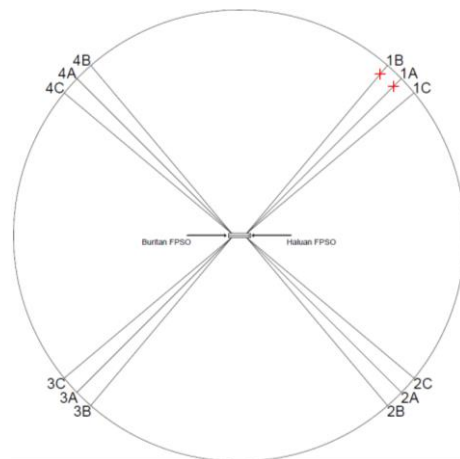
Variasi 3

Tali Tambat	Siklus Kegagalan (Ni)	Fatigue Damage Ratio (D)
Tali 1A	0	0
Tali 2A	1.71E-06	1.01E+04
Tali 3A	1.91E-06	9.06E+03
Tali 4A	1.92E-06	9.05E+03
Tali 1B	0	0
Tali 2B	1.57E-06	1.11E+04
Tali 3B	1.73E-06	9.99E+03
Tali 4B	1.74E-06	9.96E+03
Tali 1C	0	0
Tali 2C	1.66E-06	1.05E+04
Tali 3C	2.09E-06	8.31E+03
Tali 4C	2.08E-06	8.32E+03

### 3.2. Gambar dan Grafik

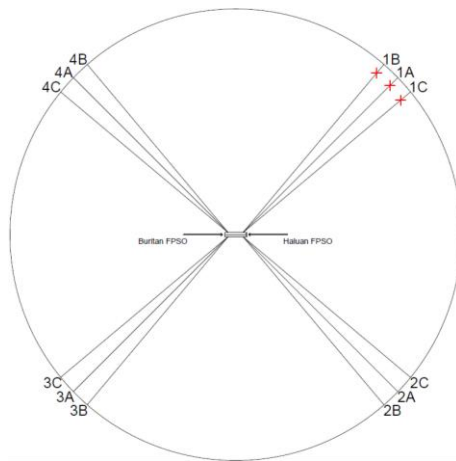


Gambar 1. Variasi 1 *Mooring Line* Dengan Tali 1A Putus

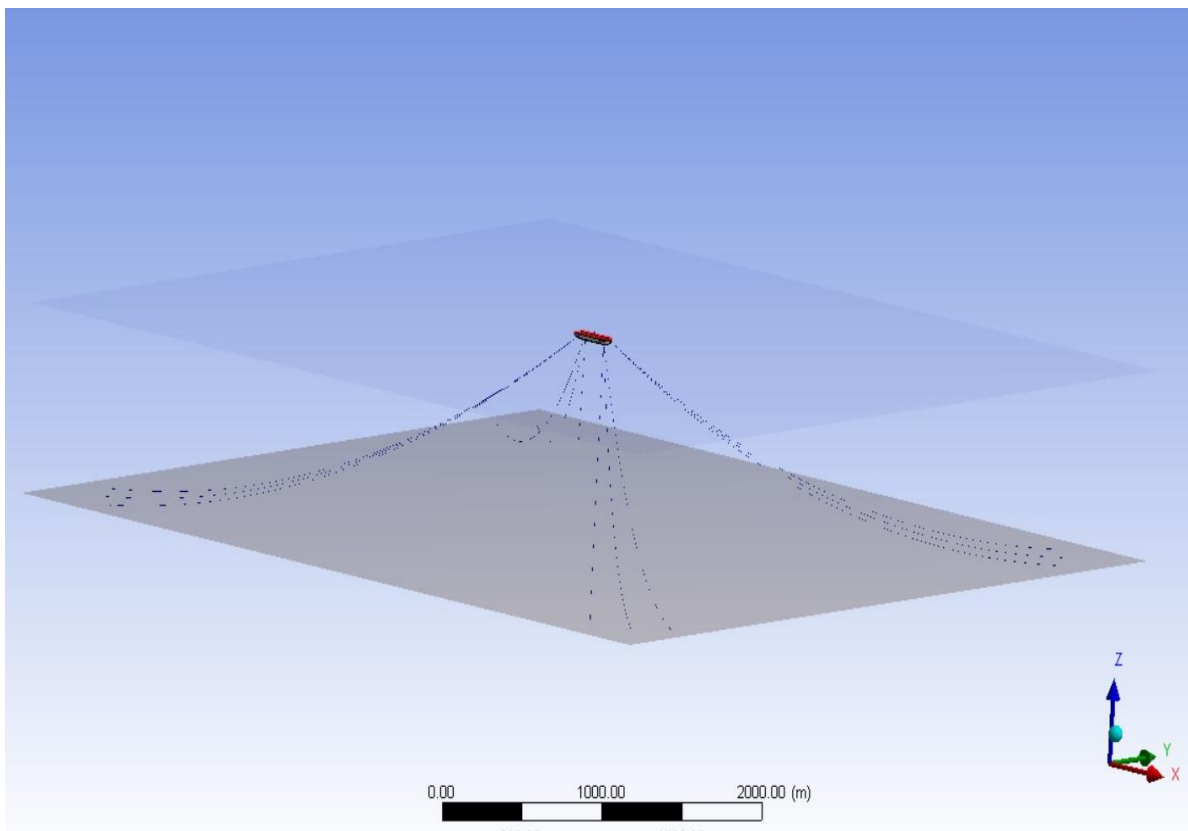


Gambar 2. Variasi 2 *Mooring Line* Dengan Tali 1A dan Tali 1B Putus

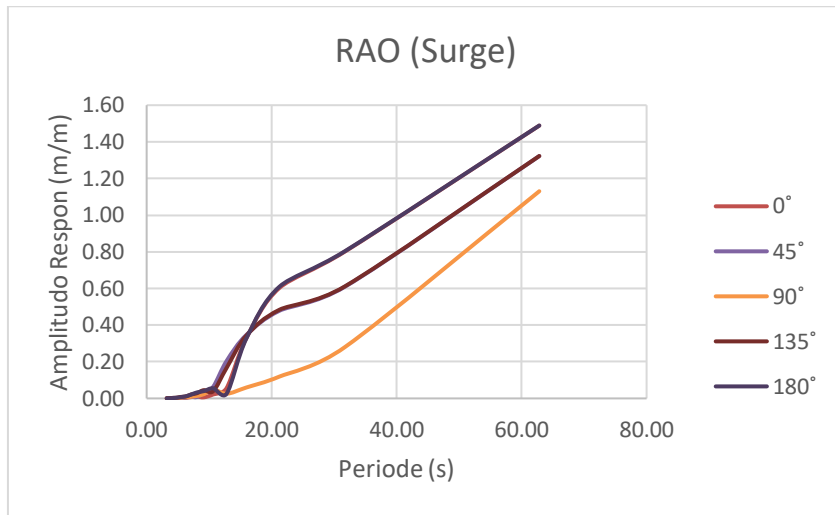




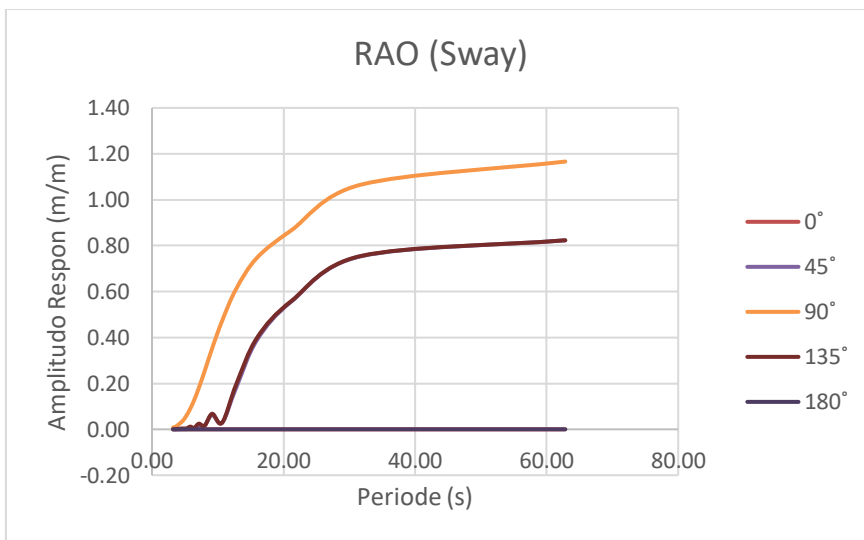
Gambar 3. Variasi 3 *Mooring Line* Dengan Tali 1A, Tali 1B dan Tali 1C Putus



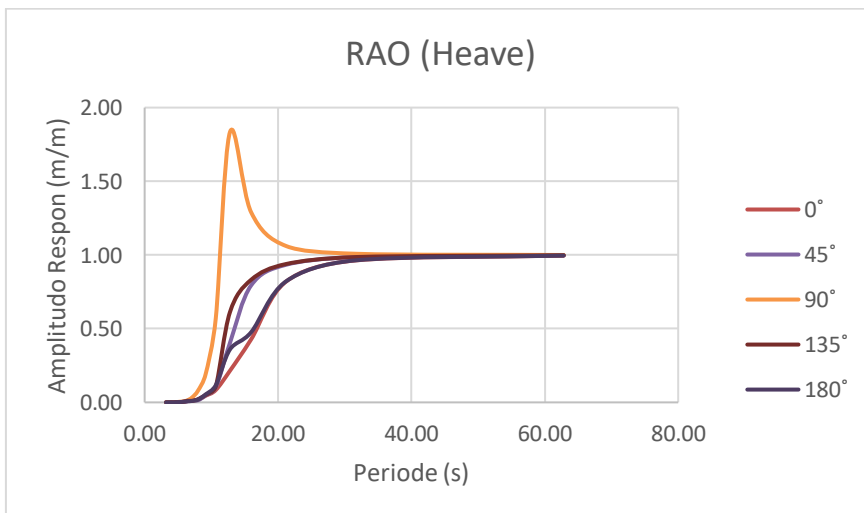
Gambar 4. *Catenary Mooring* Kapal FPSO dengan Kedalaman 1000 Meter



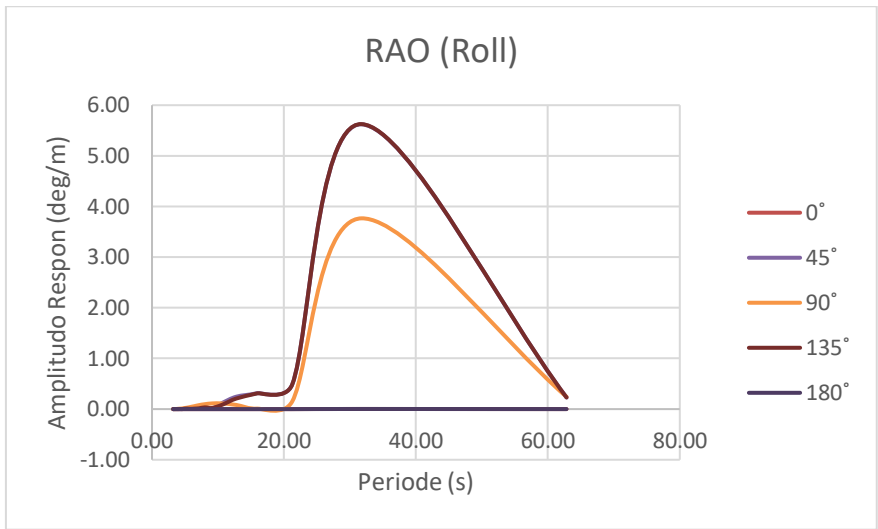
Gambar 5. Analisis RAO Surge Free Floating



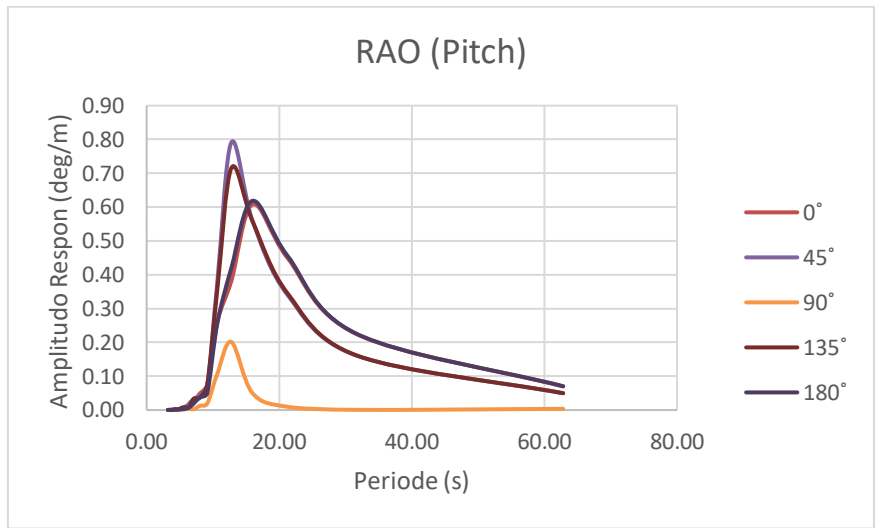
Gambar 6. Analisis RAO Sway Free Floating



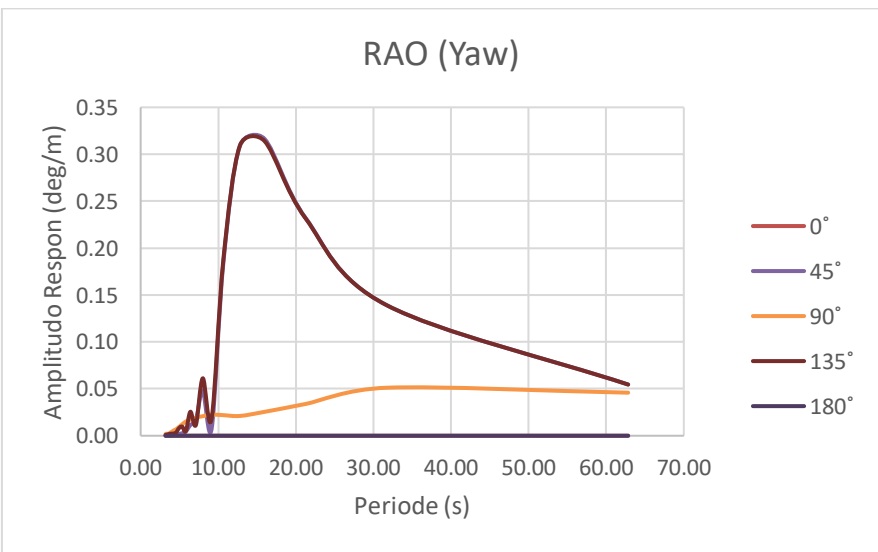
Gambar 7. Analisis RAO Heave Free Floating



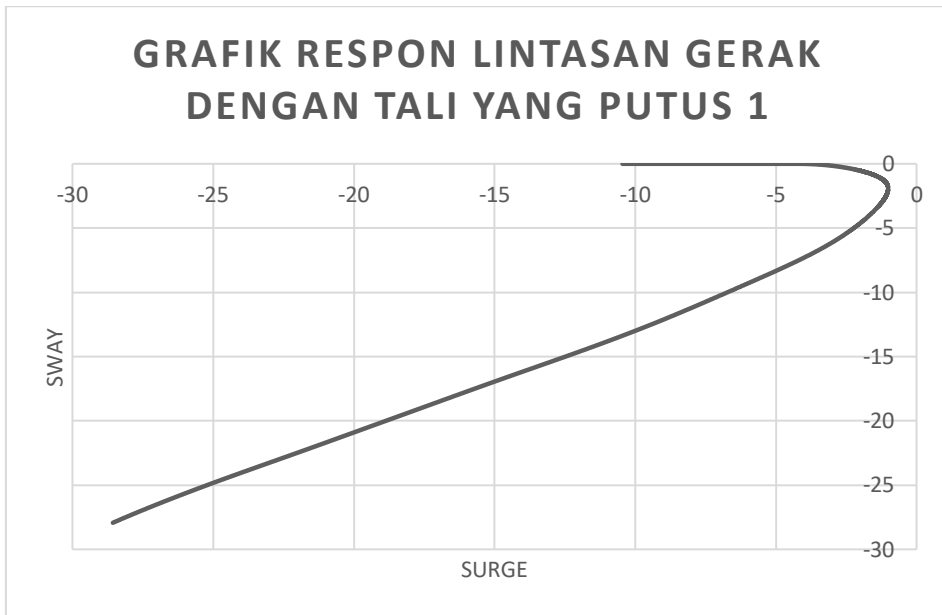
Gambar 8. Analisis RAO Roll Free Floating



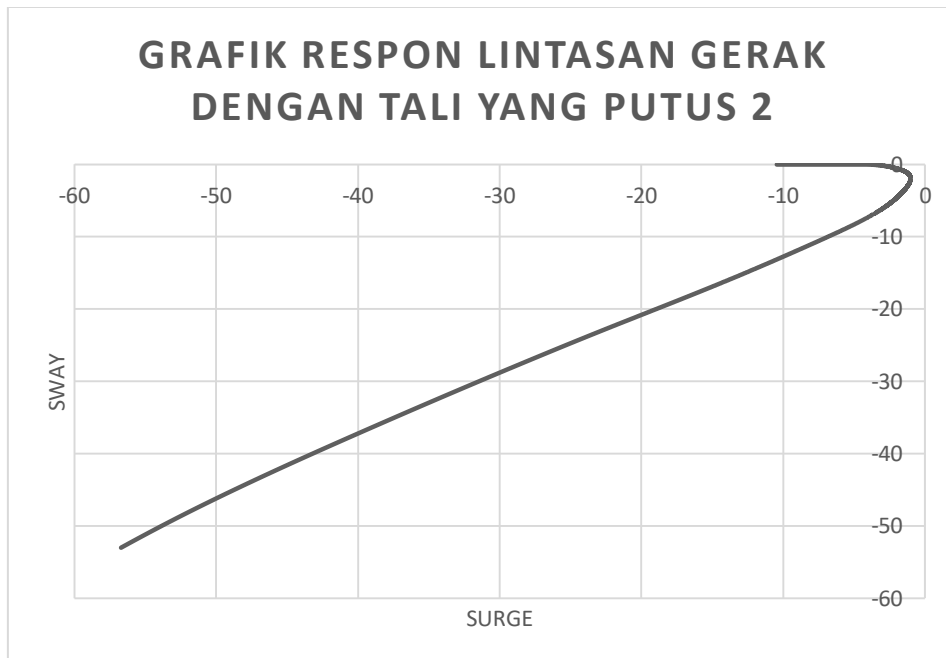
Gambar 9. Analisis RAO Pitch Free Floating



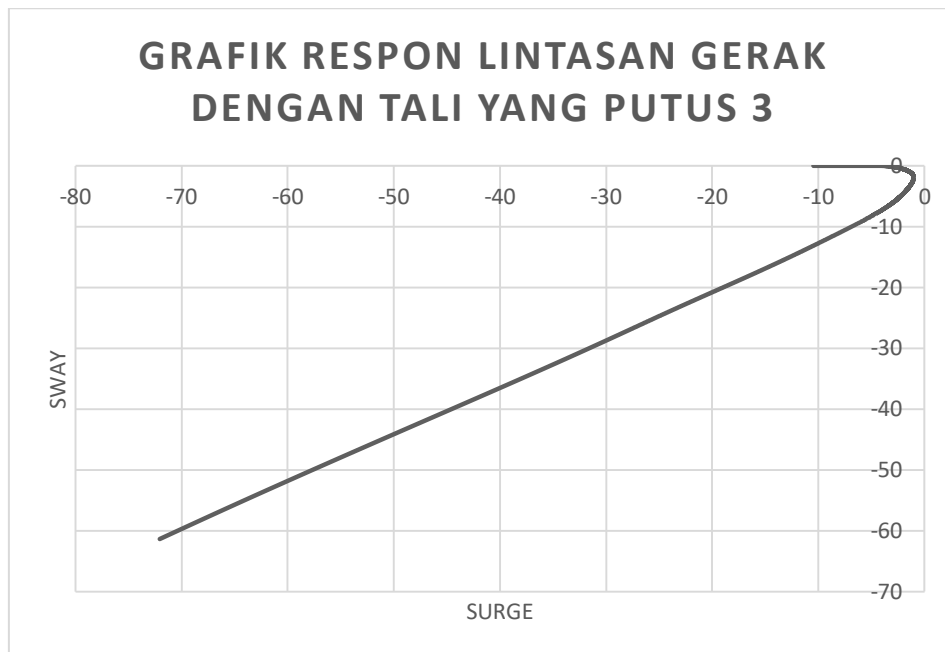
Gambar 10. Analisis RAO Pitch Free Floating



Gambar 11. *Motion Trajectory Variasi 1*



Gambar 12. *Motion Trajectory Variasi 2*



Gambar 13. *Motion Trajectory Variasi 3*

#### 4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis tersebut menggunakan *software* pada kapal FPSO yang dimodelkan dengan *free floating* dan pemodelan sistem tambat tipe *catenary* yang terdapat kegagalan tali tambat. Kondisi pada kapal FPSO dapat digambarkan cukup baik karena RAO maksimum yang didapatkan dibawah dari nilai tinggi gelombang walaupun pada RAO Roll terdapat nilai yang maksimum yang melewati nilai dari tinggi gelombang. Pada *motion trajectory* kapal FPSO yang terdapat kegagalan sistem tali tambat dari tiap variasi mengalami perpindahan yang signifikan dimana pada saat tali putus 1 perpindahan *surge* - 28.566353 meter, saat tali putus 2 perpindahan *surge* -56.720108 meter dan saat tali putus 3 perpindahan *surge* -72.062843 meter.

Dengan sistem tambat tipe *catenary* dari *software* didapatkan nilai *stress range* yang menerangkan bahwa semakin tinggi nilai tegangan maksimum tali maka akan berbanding lurus dengan *stress range* pada setiap tali tambat sedangkan untuk *fatigue damage ratio* menerangkan bahwa semakin tinggi nilai siklus kegagalan maka akan berbanding terbalik dengan nilai *fatigue damage ratio* pada setiap tali tambat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bab ini saya selaku penulis menyadari tanpa adanya dukungan, bantuan, kerjasama dan bimbingan dari berbagai pihak maka penyusunan penelitian ini tidak akan pernah terselesaikan. Oleh karena itu saya ingin menyampaikan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya yaitu kepada :

1. Bapak Fuad Mahfud Assidiq, ST., MT., selaku Dosen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin
2. Muhammad Mustafa Algifari, selaku Mahasiswa S-1 Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin
3. Fadhil Julyardiansyah, selaku Mahasiswa S-1 Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin
4. Adhitya Arya Prayudha Kurniawan, selaku Mahasiswa S-1 Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin
5. Sulkifli, selaku Mahasiswa S-1 Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri.

#### DAFTAR PUSTAKA



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- [1] Djatmiko. E.B. Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak, Jurusan Teknik Kelautan. ITS Surabaya. 2012.
- [2] Nugteren F. Flexible Riser Fatigue Analysis: Studying Conservatism in Flexible Riser Fatigue Analysis and Development of an Engineering Model to Study Influencing Parameters of Local Wire Stress. Master of Science Thesis. Netherlands: TU Delft; 2015. h. 10-12.
- [3] Bannantine AJ, Comer JJ, Handrock LJ. Fundamental of Metal Fatigue Analysis. USA: Prentice Hall; 1990. h. 1-10.
- [4] DNV OS E301. Position Mooring. Norway: Det Norske Veritas; 2004. h. 35-37.
- [5] Nallayarasu. Offshore Structures Analysis and Design. India: Indian Institute of Technology; 2015. h. 99-100.
- [6] Saidee MH. Fatigue Analysis and Design of Mooring Systems: Assessment and Comparison of Different Methods. Master of Science Thesis. Norway: NTNU; 2015. h. 3-4.
- [7] Vryh of Anchors BV. Anchor Manual: The Guide Anchoring. Netherlands: Capelle a/d Yssel; 2010. h. 7-8.
- [8] Larsen K. Lecture Note: Mooring and Station Keeping of Floating Structures. Norway: NTNU; 2014. h. 10-13.
- [9] Chrolenko MO. Dynamic Analysis and Design of Mooring Lines. Norway: NTNU; 2013. h. 3-4.

