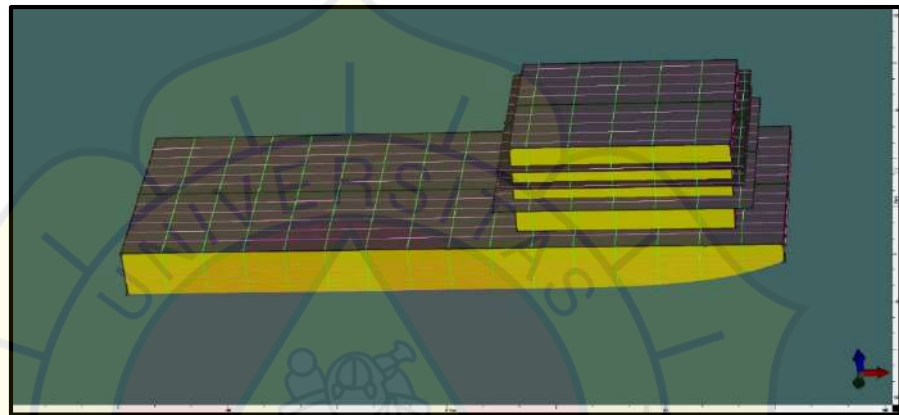


BAB V ANALISA DAN HASIL

5.1 PEMODELAN KAPAL

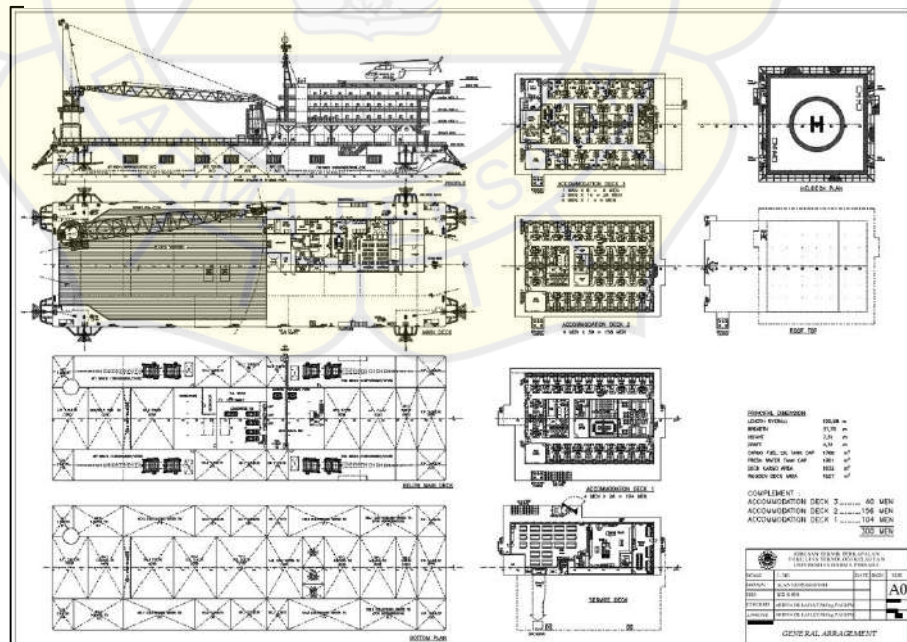
5.1.1 Pemodelan Lambung Kapal

Pada tahapan pembuatan pemodelan lambung kapal digunakan *software maxsurf* serta ukuran utama kapal didasarkan dengan data kapal pada 4.2 mengenai data ukuran utama kapal *accommodation work barge*.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 1 Mode 3D Kapal Accomodation Work Barge



Sumber : Gambar Pribadi

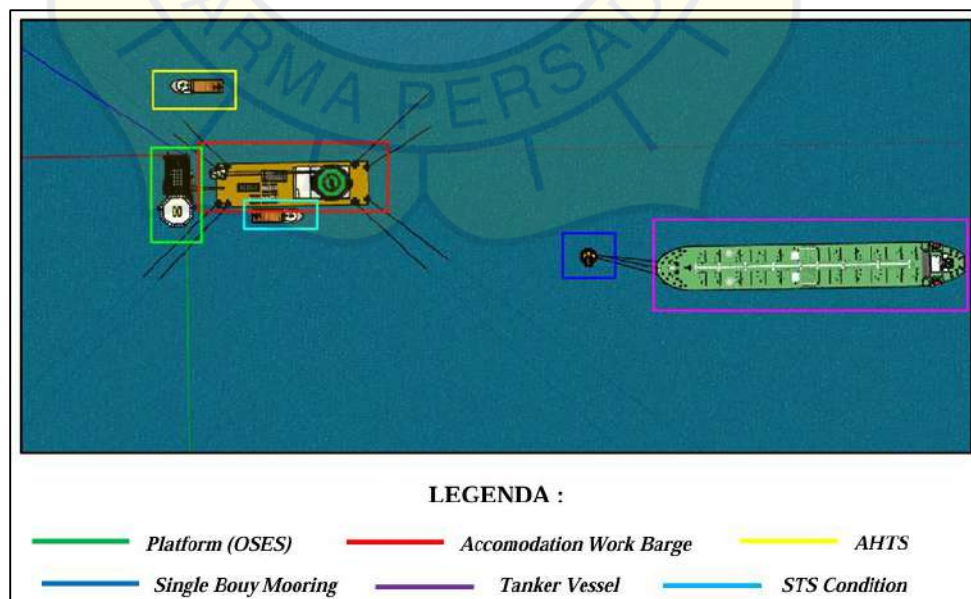
Gambar 5. 2 General Arrangement Accomodation Work Barge

5.1.2 Pemodelan Kapal Terhadap Lingkungan Kerja OSES

Pemodelan kapal terhadap lingkungan kerja OSES didasarkan pada kondisi keadaan kapal *accommodation work barge* ketika berada pada lingkungan sebenarnya di wilayah kerja OSES. Pada saat operasional kapal akan diposisikan berjarak $\pm 15 - 20$ m dari *platform*. Pada pemodelan arah *mooring line* didasarkan pada data 4.2 mengenai *anchor patern* dengan jumlah *mooring line* yang terpasang berjumlah 8 *mooring line*.

Kapal AHTS juga diperlukan pada saat operasional kapal akan ditempatkan pada posisi STS (*Ship to Ship transfer*) ketika sedang proses transfer muatan baik logistik maupun muatan lainnya seperti *fresh water & fuel oil* sedangkan pada saat kapal tidak melakukan transfer muatan kapal akan di posisikan menjauhi kapal agar menghindari tabrakan dengan kapal awb. Pada wilayah kerja juga terdapat SPM (*Single bouy mooring*) dan kapal tanker sebagai fasilitas untuk transfer minyak mentah yang dihasilkan oleh platform minyak.

Pada analisa selanjutnya yaitu analisa moda gerak konfigurasi *mooring line* yang akan digunakan yaitu berjumlah 6 & 8 *mooring* sesuai dengan konfigurasi kapal sesungguhnya serta kondisi tambahan yaitu pada saat kondisi darurat dengan konfigurasi 4 *mooring*.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 3 Pemodelan Kapal Pada Lingkungan Kerja

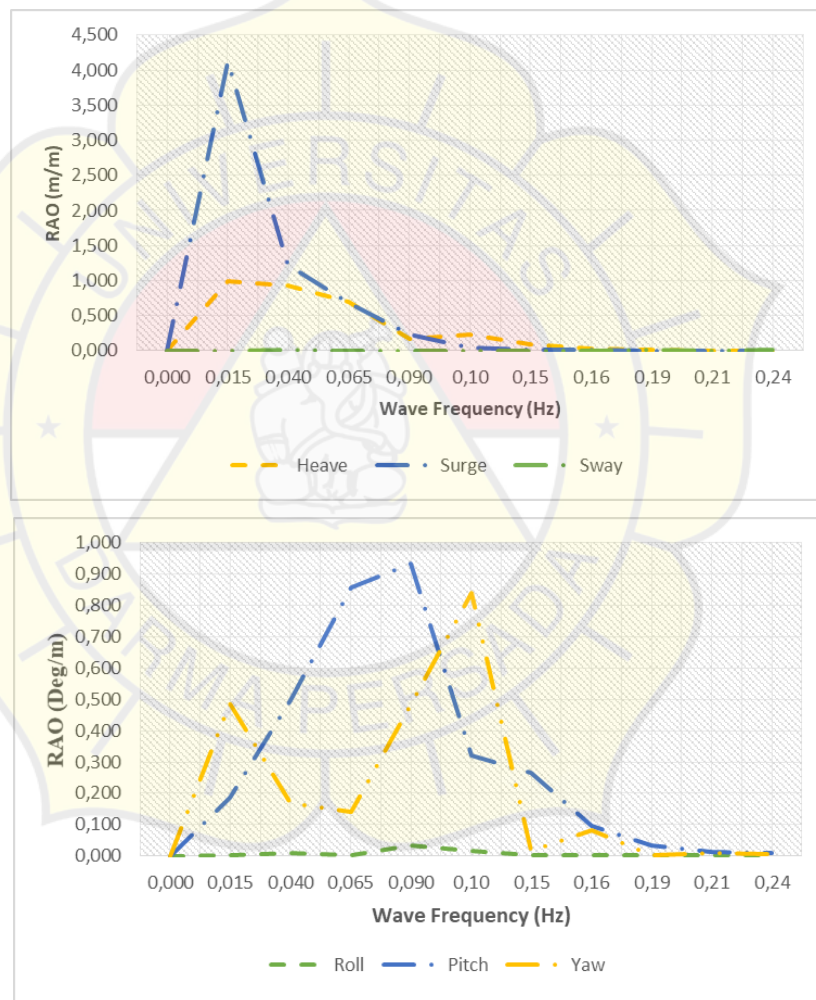
5.2 ANALISA MODE GERAK

Pada analisa mode gerak kapal akan dianalisa dalam 2 keadaan yang berbeda yaitu pada saat kapal tanpa menggunakan mooring dan menggunakan mooring untuk mendapatkan nilai RAO dari setiap mode gerak kapal.

5.2.1 Analisa Mode Gerak Kapal Tanpa *Mooring* (*Free Floating*)

Pada analisa mode 6 gerak kapal *accommodation work barge* tanpa *mooring system* menggunakan beberapa derajat arah gelombang yaitu $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ dengan hasil sebagai berikut :

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 0°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 4 Hasil Analisa RAO 0° tanpa *mooring system*

Berdasarkan gambar 5.4 mengenai hasil analisa RAO kapal tanpa menggunakan *mooring system* (*free floating*) didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (*heave,surge,sway*) pada arah gelombang 0°

pada gerakan surge menunjukkan hasil nilai tertinggi yaitu pada 4,127 m/m pada frekuensi gelombang 0,015 Hz. Nilai ini mengindikasikan bahwa dengan kondisi *free floating*, kapal sangat sensitif pada kondisi gelombang rendah dengan arah longitudinal (maju – mundur).

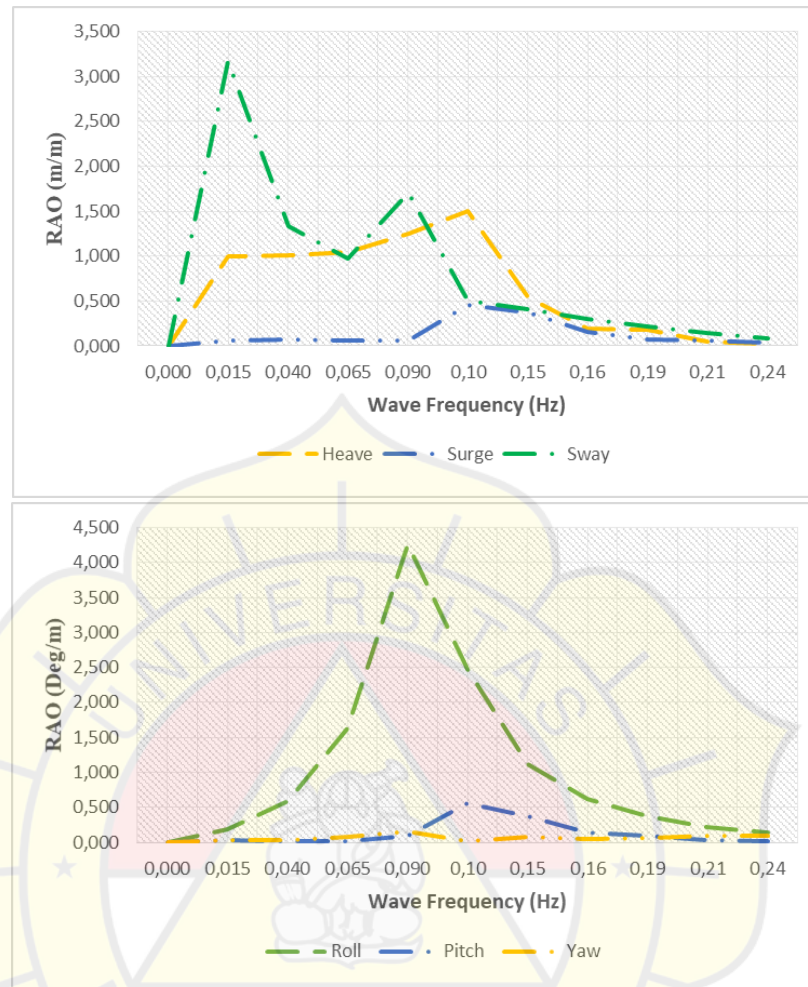
Pada gerakan heave menunjukkan nilai tertinggi pada 0,989 m/m pada gelombang 0,015 Hz dan seiring dengan frekuensi menuju gelombang menengah nilai RAO semakin menurun. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal cukup sensitif pada gerakan kapal naik – turun sehingga berpotensi membuat ketidaknyamanan kepada awak kapal yang akan berkerja diatas kapal.

Pada gerakan sway menunjukkan nilai yang datar dan dapat dikatakan menunjukkan hampir nilai 0 pada setiap frekuensi gelombang hal ini menunjukkan kapal memiliki respon yang baik terhadap gerakan kapal menyamping (lateral). Nilai ini mengindikasikan bahwa kapal tidak menghasilkan respon yang signifikan dalam menghadapi gerakan sway yang terjadi pada kapal.

Berdasarkan gambar 5.4 mengenai hasil analisa RAO kapal tanpa menggunakan *mooring system (free floating)* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll, pitch, yaw) pada arah gelombang 0° pada gerakan *pitch* menunjukan puncak nilai RAO tertinggi pada 0,934 deg/m pada frekuensi 0,09 Hz. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal mengalami gerakan rotasi ke depan dan kebalakang yang cukup besar pada frekuensi gelombang menengah.

Pada gerakan yaw menunjukkan nilai kenaikan RAO yang cukup signifikan dengan rentang 0,486 deg/m hingga 0,838 deg/m pada frekuensi rendah hingga menengah. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal mengalami gerakan cukup sensitif dalam menghadapi gerakan rotasi horizontal (arah berbelok) sedangkan pada gerakan roll nilai RAO menunjukkan nilai yang sangat kecil dan hampir konstan. Nilai ini menunjukan bahwa kapal masih sangat stabil dalam menghadapi setiap frekuensi gelombang dengan arah heading 0°

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 90°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 5 Hasil Analisa RAO 90° Tanpa Mooring System

Berdasarkan gambar 5.5 mengenai hasil analisa RAO kapal tanpa menggunakan *mooring system (free floating)* didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (heave,surge,sway) pada arah gelombang 90° pada gerakan *sway* menunjukkan hasil nilai tertinggi yaitu pada 3,167 pada frekuensi gelombang rendah 0,015 Hz.Nilai ini mengindikasikan bahwa dengan kondisi *free floating* kapal sangat sensitif pada gelombang rendah dengan arah lateral (menyamping) pada frekuensi rendah dan respon mengalami penurunan seiring dengan frekuensi makin tinggi.

Pada gerakan heave menunjukan respon gerakan yang dapat dikatakan relatif stabil dengan nilai RAO 1,0 – 1,506 m/m dengan

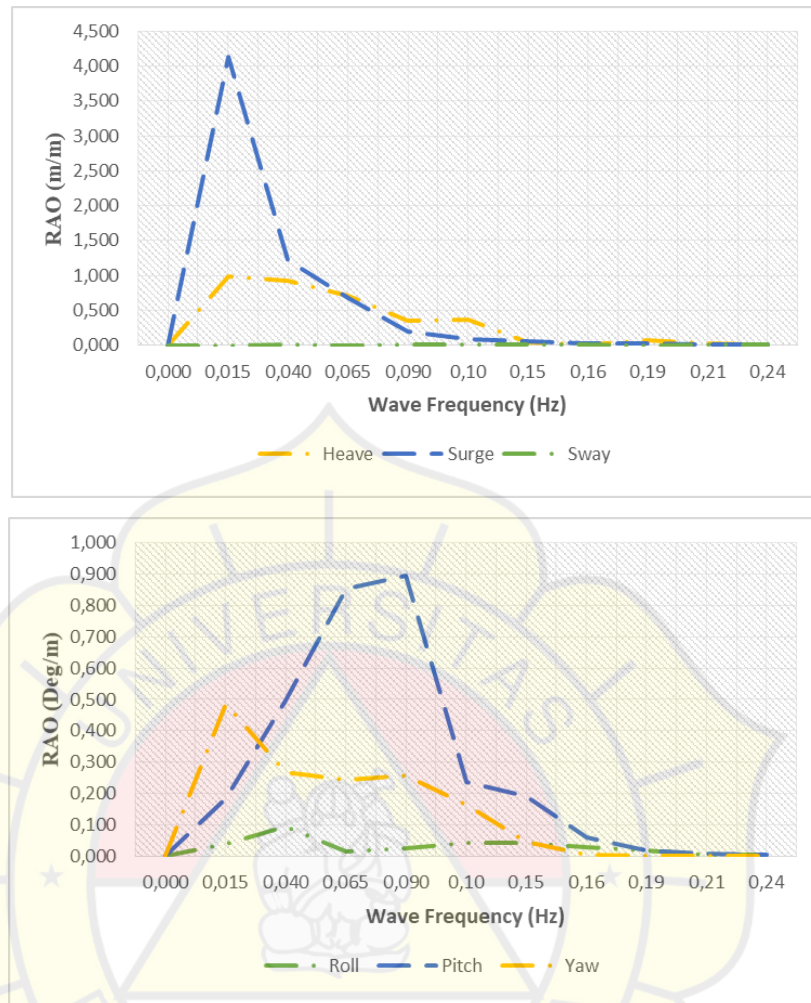
rentang frekuensi rendah hingga menengah yaitu pada 0,015 Hz - 0,10 Hz. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal mengalami gerakan vertikal (naik – turun) yang signifikan pada frekuensi rendah hingga menengah sedangkan pada gerakan *surge* kapal memberikan nilai RAO yang rendah pada seluruh rentang frekuensi. Nilai ini menunjukkan bahwa gerakan longitudinal (maju – mundur) yang relatif kecil dan tidak dominan.

Berdasarkan gambar 5.5 mengenai hasil analisa RAO kapal tanpa menggunakan *mooring system (free floating)* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll,pitch,yaw) pada arah gelombang 90° pada gerakan roll menunjukkan nilai RAO yang sangat tinggi yaitu 4,258 deg/m pada frekuensi gelombang 0,09 Hz. Hasil ini menunjukkan bahwa kapal mengalami gerakan rolling sangat besar pada frekuensi gelombang menengah. Grafik pada gerakan rolling juga menunjukkan bentuk lonceng (*bell shaped*) dimana bentuk grafik ini sangat sering terjadi pada gerakan yang menghasilkan nilai RAO yang sangat besar dan signifikan pada tiap frekuensi yang terjadi

Pada gerakan *pitch* kapal menghasilkan nilai RAO yang lebih kecil dibandingkan arah gelombang 0° yaitu 0,560 deg/m pada frekuensi 0,10 Hz. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal tidak mengalami gerakan yang signifikan pada arah gelombang menyamping sedangkan pada gerakannya yaw kapal menunjukkan nilai respon yang sangat kecil dan cenderung konstan pada setiap rentang frekuensi. Nilai ini menunjukkan gerakan yaw tidak memberikan pengaruh besar pada kapal khususnya arah gelombang dari samping .

Pada arah gelombang 90° gerakan rotasi menjadi gerakan yang paling dominan terjadi dengan gerakan roll menghasilkan respon gerakan yang paling dominan terjadi dibandingkan yaw dan pitch hal ini terjadi karena arah gelombang dari samping (heading 90°) akan sangat berpengaruh khususnya pada gerakan *roll* kapal.

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 180°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 6 Hasil Analisa RAO 180° tanpa *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.6 mengenai hasil analisa RAO kapal tanpa menggunakan *mooring system (free floating)* didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (*heave,surge,sway*) pada arah gelombang 180° pada gerakan surge menunjukkan hasil nilai tertinggi yaitu pada 4,127 pada frekuensi gelombang 0,015 Hz namun nilai RAO mengalami penurunan yang signifikan hingga mendekati nilai 0 pada frekuensi gelombang lebih dari 0,065 Hz.Nilai ini mengindikasikan bahwa dengan kondisi *free floating* kapal sangat sensitif pada gelombang rendah dengan arah longitudinal (maju – mundur).

Pada gerakan heave menunjukkan nilai tertinggi pada 0,989 m/m pada gelombang 0,015 Hz dan seiring dengan frekuensi menuju

gelombang menengah nilai RAO semakin menurun. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal cukup sensitif pada gerakan kapal naik – turun. Nilai heave pada arah gelombang 0° dan 180° menghasilkan nilai RAO yang mendekati sama.

pada gerakan sway menunjukkan nilai yang datar dan dapat dikatakan menunjukkan nilai 0 pada setiap frekuensi gelombang hal ini menunjukkan kapal memiliki respon yang baik terhadap gerakan kapal menyamping (lateral). Nilai sway pada arah gelombang 0° dan 180° menghasilkan nilai RAO yang mendekati sama dan tidak memiliki pengaruh besar terhadap gerakan kapal dalam menghadapi setiap gelombang.

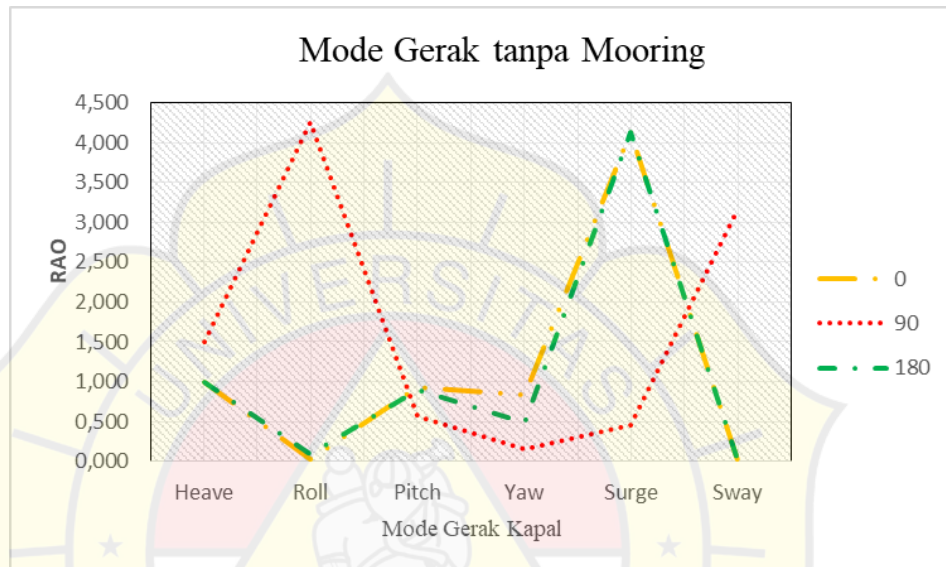
Berdasarkan gambar 5.6 mengenai hasil analisa RAO kapal tanpa menggunakan *mooring system (free floating)* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll,pitch,yaw) pada pada arah gelombang 180° pada gerakan *pitch* menunjukan puncak nilai RAO tertinggi pada 0,894 deg/m pada frekuensi 0,09 Hz. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal mengalami gerakan rotasi ke depan dan kebalakang yang cukup besar pada frekuensi gelombang menengah. Nilai *pitch* pada arah gelombang 0° dan 180° menghasilkan nilai RAO yang memiliki perbedaan yang tidak jauh mendekati nilai yang sama .

Pada gerakan yaw menunjukkan nilai kenaikan RAO yang cukup signifikan dengan rentang 0,486 deg/m pada frekuensi rendah hingga menengah. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal mengalami gerakan cukup sensitif pada gerakan rotasi horizontal (arah berbelok) sedangkan pada gerakan roll nilai RAO menunjukkan nilai yang sangat kecil dan hampir konstan. Nilai ini menunjukan bahwa kapal masih cukup stabil dalam menghadapi setiap frekuensi gelombang gelombang dengan arah heading 0° Nilai *yaw* pada arah gelombang 0° dan 180° menghasilkan nilai RAO yang perbedaan yang signifikan hal ini bias terjadi karena perbedaan distribusi titik berat yang lebih mengarah kedepan .

Tabel 5. 1 Hasil Analisa Mode Gerak Tanpa *Mooring*

Analisa Mode Gerak AWB Tanpa Mooring						
Heading (Deg)	Mode Gerak Kapal					
	Heave	Roll	Pitch	Yaw	Surge	Sway
0	0,989	0,035	0,934	0,838	4,127	0,007
90	1,506	4,258	0,560	0,159	0,458	3,167
180	0,989	0,095	0,894	0,486	4,127	0,009
RAO MAX	1,506	4,258	0,934	0,838	4,127	3,167

Sumber : Perhitungan Pribadi



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 7 Hasil Analisa RAO Kapal AWB

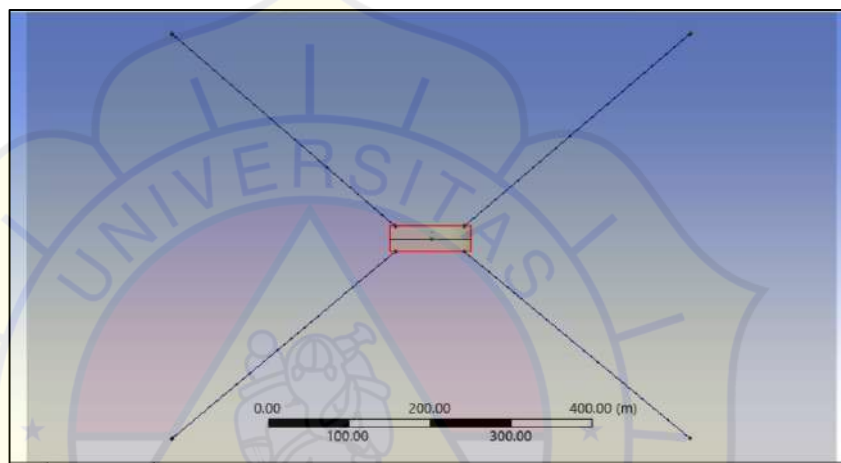
Berdasarkan Hasil tabel 5.1 serta gambar 5.7 mengenai hasil analisa RAO kapal didapatkan hasil bahwa heave tertinggi berada pada heading 90° dengan hasil 1,506 (deg/m), nilai *roll* tertinggi berada pada heading 90° dengan hasil 4,256 (deg/m). hasil *pitch* tertinggi berada pada heading 0° dengan nilai 0,934 (m/m), nilai *Yaw* tertinggi berada pada heading 0° dengan nilai 0,838 (deg/m), nilai tertinggi dari gerak surge terdapat pada heading 0° dan 180° dengan nilai 4,127 (m/m) serta hasil analisa sway tertinggi terdapat pada heading 90° dengan nilai 3,167 (m/m)

5.2.2 Analisa Mode Gerak Kapal Menggunakan *Mooring*

Pada analisa mode 6 gerak kapal *accommodation work barge* dengan *mooring system* menggunakan beberapa derajat arah gelombang yaitu $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ serta beberapa konfigurasi penggunaan mooring dengan hasil sebagai berikut :

- Konfigurasi 4 *mooring system* dengan hasil sebagai berikut :

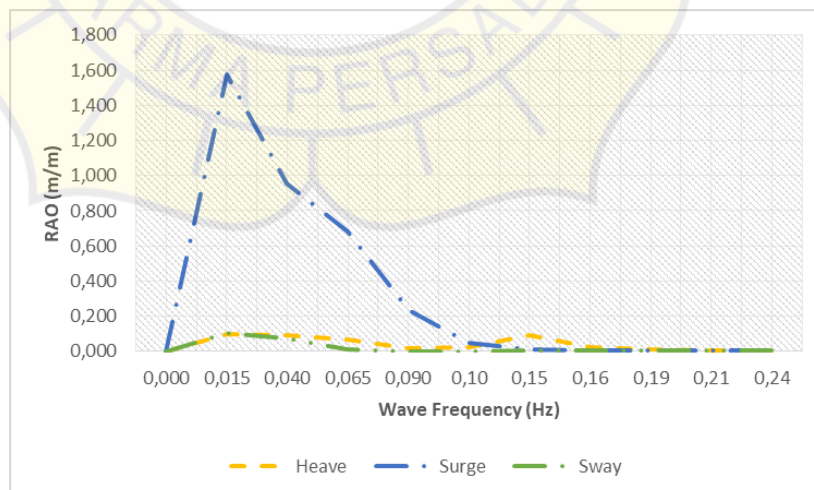
Pada analisa RAO menggunakan konfigurasi 4 *mooring anchor patern* yang digunakan disesuaikan dengan data pada 4.1 mengenai data *anchor patern* pada kapal.

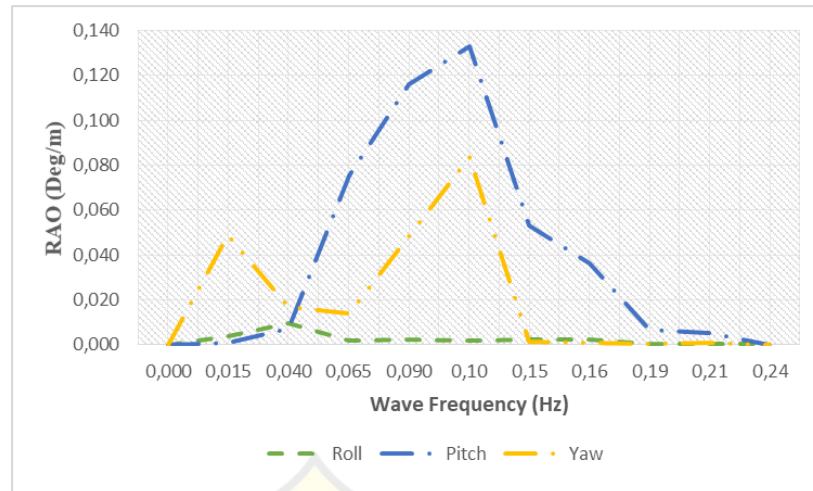


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 8 Konfigurasi 4 *Mooring System*

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 0°





Sumber : Gambar Pribadi

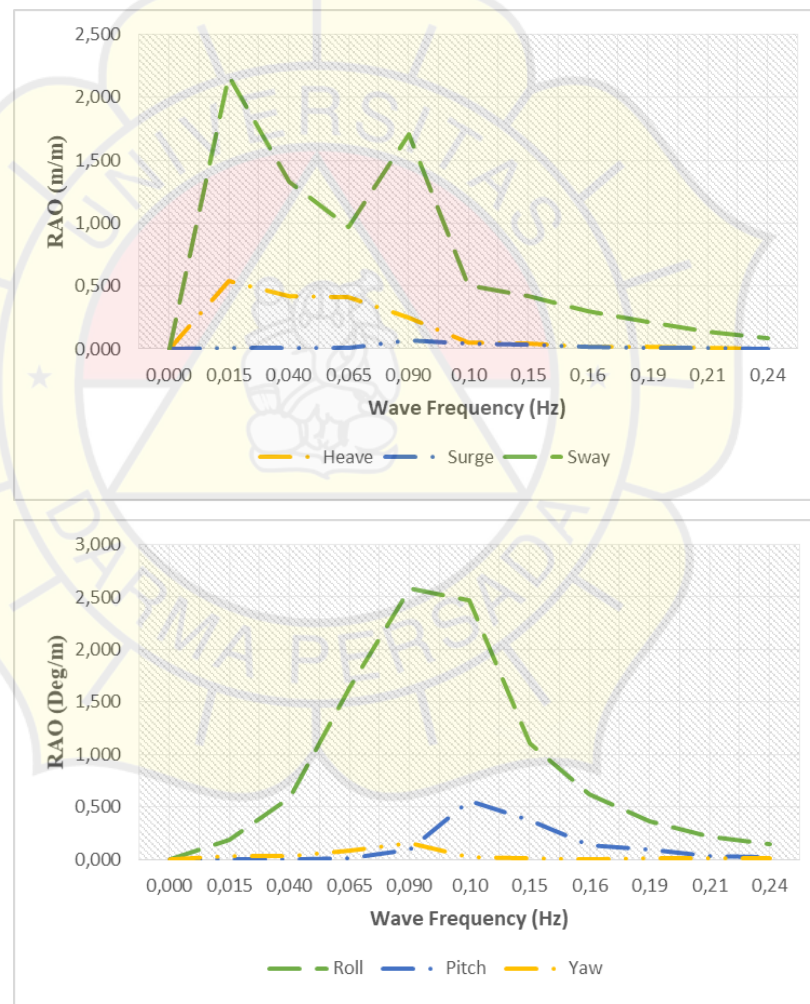
Gambar 5. 9 Hasil Analisa RAO 0° dengan 4 Mooring System

Berdasarkan gambar 5.9 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 4 mooring system didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (heave,surge,sway) pada arah gelombang 0° pada gerakan surge menunjukkan nilai RAO pada nilai 1,574 m/m pada frekuensi 0,015 Hz dibandingkan dengan kondisi *free floating* dengan nilai 4,1217 m/m seiring dengan frekuensi meningkat nilai RAO mengalami penurunan. Nilai ini menunjukkan bahwa dengan konfigurasi 4 mooring system respon kapal mengalami perbaikan yang cukup signifikan dalam menghadapi gelombang longitudinal (maju – mundur).

Pada gerakan sway dan heave menunjukkan nilai RAO yang relative cukup kecil serta mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi *free floating*. Pada gerakan sway nilai RAO tertinggi menunjukkan nilai 0,105 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Pada gerakan heave kapal menunjukkan nilai RAO tertinggi pada 0,0989 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Nilai kedua gerakan ini (sway & heave) menunjukkan bahwa terjadi perbaikan pada kapal dalam menghadapi gelombang sehingga nilai RAO mengalami penurunan.

Berdasarkan gambar 5.9 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 4 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll,pitch,yaw) pada arah gelombang 0° . Pada gerakan pitch dan yaw menunjukkan nilai RAO tertinggi pada nilai 0,133 deg/m & 0,0838 deg/m pada frekuensi menengah (0,10 Hz). Nilai ini menunjukkan bahwa nilai pitch mengalami penurunan pada gerakan pitch dalam penggunaan konfigurasi 4 *mooring system* sedangkan nilai RAO pada gerakan roll menunjukkan nilai RAO yang kecil dan tidak signifikan.

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 90°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 10 Hasil Analisa RAO 90° dengan 4 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.10 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 4 *mooring system* didapatkan

hasil bahwa pada gerakan translasi (heave,surge,sway) pada arah gelombang 90° pada gerakan sway menunjukkan nilai RAO paling dominan pada arah gelombang 90° dengan menunjukkan nilai 2,167 m/m pada frekuensi awal (0,015 Hz) dibandingkan pada free floating dengan nilai 3,167 m/m. Nilai respon pada gerakan sway mengalami naik turun yang tidak beraturan dari awal frekuensi hingga menengah namun belum mampu menurunkan nilai RAO secara signifikan.

Pada gerakan surge menunjukkan nilai RAO yang hampir tidak berubah di tiap frekuensi gelombang yang terjadi dengan nilai puncak yaitu 0,064 m/m pada frekuensi menengah (0,09 Hz). Nilai menunjukkan bahwa respon kapal terhadap gerakan surge pada arah gelombang 90° tidak terlalu berpengaruh secara signifikan sedangkan pada gerakan heave menunjukkan nilai puncak RAO yang cukup rendah yaitu pada 0,511 m/m pada frekuensi gelombang 0,015 Hz. Nilai ini menunjukkan bahwa terjadi perbaikan terhadap respon kapal dibandingkan pada *free floating* namun perbaikan yang terjadi tidak cukup signifikan.

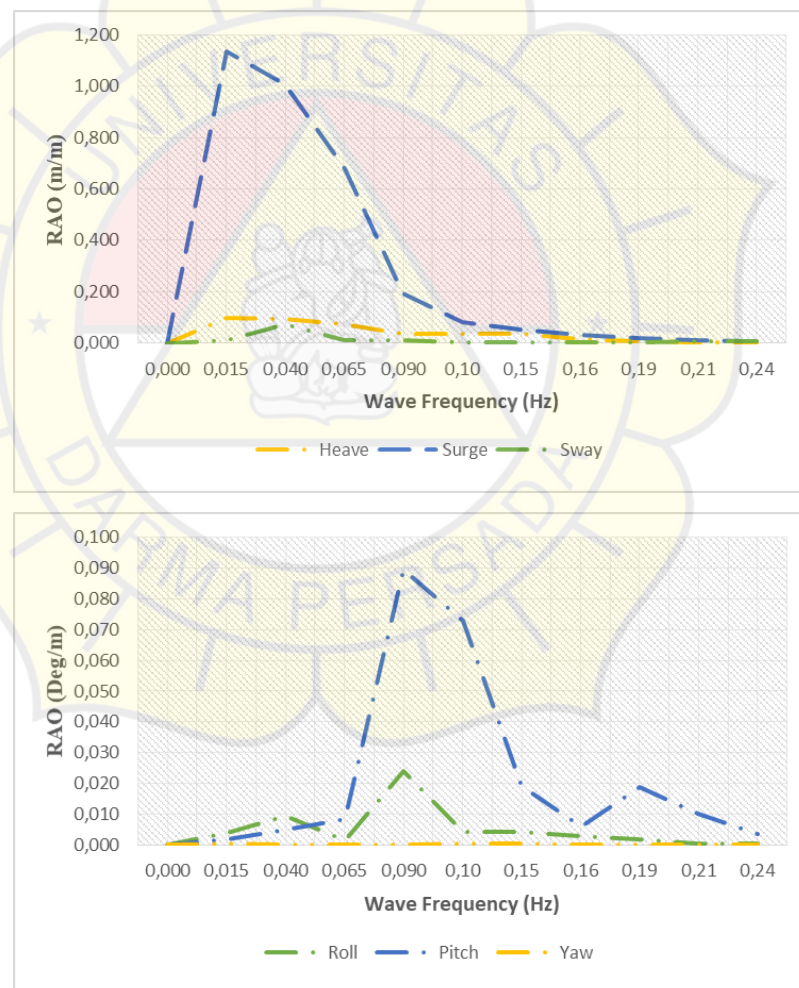
Berdasarkan gambar 5.10 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 4 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll,pitch,yaw) pada arah gelombang 90° . Pada gerakan roll menjadi gerakan yang paling dominan hal ini terjadi sama seperti kondisi *free floating* dimana gerakan roll menjadi gerakan dominan yang terjadi ketika arah gelombang 90° .

Nilai gerakan roll dengan konfigurasi 4 *mooring system* menunjukkan nilai RAO puncak pada 2,580 deg/m pada frekuensi menengah (0,09 Hz). Nilai ini menunjukkan bahwa konfigurasi 4 *mooring system* kapal masih tetap sensitif dalam menghadapi pengaruh roll. Grafik pada gerakan rolling juga menunjukkan bentuk lonceng (*bell shaped*) sama seperti pada kondisi *free floating* dimana bentuk grafik ini sangat sering terjadi pada gerakan yang menghasilkan

nilai RAO yang sangat besar dan signifikan pada tiap frekuensi yang terjadi .Pada gerakan pitch menunjukkan nilai RAO yang lebih kecil dibandingkan nilai roll yaitu nilai 0,560 deg/m pada frekuensi 0,10 Hz.

Pada konfigurasi ini nilai pitch yang dihasilkan tidak berubah secara signifikan dibandingkan dengan kondisi *free floating*. Pada gerakan yaw juga menunjukkan nilai RAO yang relatif tidak kecil yaitu pada 0,159 deg/m pada frekuensi gelombang menengah. Nilai ini menunjukkan tidak ada perubahan yang signifikan pada konfigurasi ini.

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 180°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 11 Hasil Analisa RAO 180° dengan 4 Mooring System

Berdasarkan gambar 5.11 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 4 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (*heave, surge, sway*) pada arah gelombang 180° . Pada gerakan *surge* menunjukkan nilai RAO yang lebih kecil dibandingkan arah gelombang 0° yaitu pada 1,135 m/m pada frekuensi 0,015 Hz dan seiring dengan frekuensi menuju gelombang menengah nilai RAO semakin menurun.

Pada gerakan *sway* dan *heave* menunjukkan nilai RAO yang relative cukup kecil serta mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi *free floating*. Pada gerakan *sway* nilai RAO tertinggi menunjukkan nilai 0,0721 m/m pada frekuensi awal 0,040 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Pada gerakan *heave* kapal menunjukkan nilai RAO tertinggi pada 0,0989 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Nilai kedua gerakan ini (*sway & heave*) menunjukkan nilai yang menurun secara tidak signifikan dibandingkan arah gelombang 0°

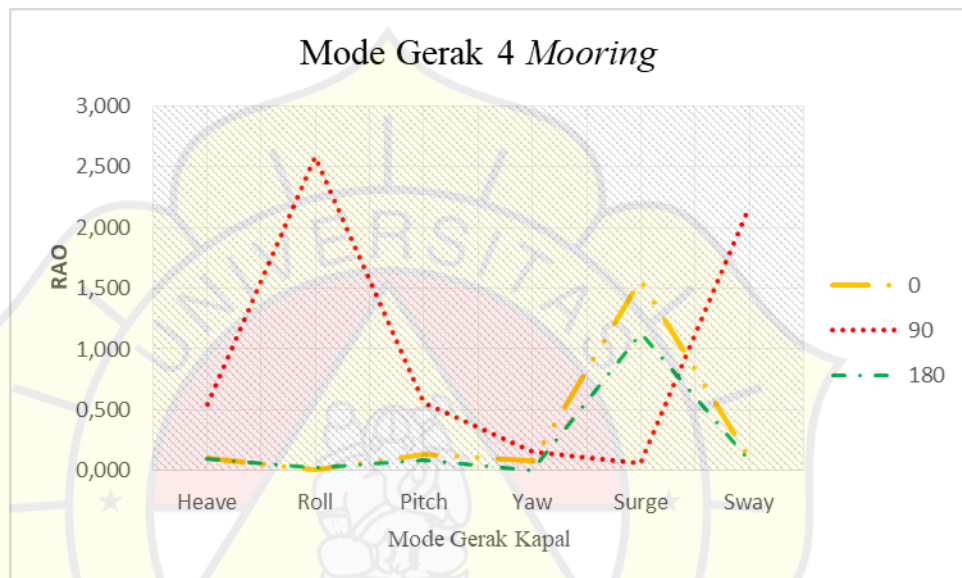
Berdasarkan gambar 5.11 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 4 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (*roll, pitch, yaw*) pada arah gelombang 180° . Pada gerakan *pitch* nilai RAO menunjukkan nilai tertinggi pada 0,0894 deg/m pada frekuensi 0,090 Hz nilai ini mengalami sedikit kenaikan dibandingkan pada arah gelombang 0° hal ini pengaruh titik berat yang berada lebih ke depan.

Pada gerakan *yaw* menunjukkan nilai RAO yang sangat rendah sepanjang rentang seluruh frekuensi. Nilai ini menunjukkan gerakan *yaw* tidak berpengaruh secara signifikan pada kapal sedangkan pada gerakan *roll* menunjukkan fluktuasi kecil dengan peningkatan nilai RAO pada frekuensi 0,090 Hz dengan nilai 0,0241 deg/m dan setelah frekuensi 0,1 Hz nilai RAO mengalami penurunan

Tabel 5. 2 Hasil Analisa Mode Gerak dengan 4 *Mooring System*

Analisa Mode Gerak AWB 4 Mooring						
<i>Heading (Deg)</i>	Mode Gerak Kapal					
	<i>Heave</i>	<i>Roll</i>	<i>Pitch</i>	<i>Yaw</i>	<i>Surge</i>	<i>Sway</i>
0	0,099	0,010	0,133	0,084	1,574	0,105
90	0,543	2,580	0,560	0,159	0,064	2,167
180	0,099	0,024	0,089	0,001	1,135	0,072
RAO MAX	0,543	2,580	0,560	0,159	1,574	2,167

Sumber : Perhitungan Pribadi



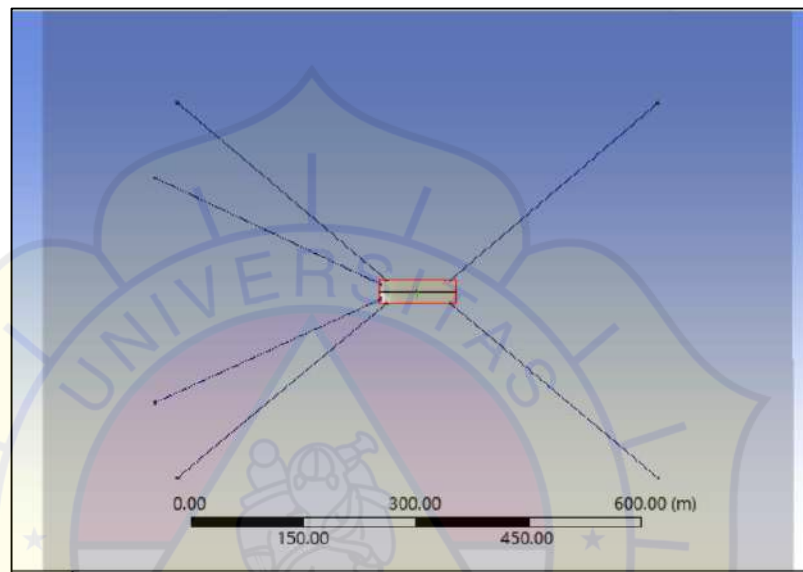
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 12 Hasil Analisa RAO Kapal AWB dengan 4 *Mooring System*

Berdasarkan Hasil tabel 5.2 serta gambar 5.12 mengenai hasil analisa RAO kapal didapatkan hasil bahwa heave tertinggi berada pada heading 90° dengan hasil 0,543 (deg/m), nilai *roll* tertinggi berada pada heading 90° dengan hasil 2,580 (deg/m). hasil *pitch* tertinggi berada pada heading 90° dengan nilai 0,560 (m/m), nilai *Yaw* tertinggi berada pada heading 90° dengan nilai 0,159 (deg/m), nilai tertinggi dari gerak surge terdapat pada heading 0° dengan nilai 1,574 (m/m) serta hasil analisa sway tertinggi terdapat pada heading 90° dengan nilai 2,167 (m/m)

- Konfigurasi 6 *mooring system* dengan hasil sebagai berikut :

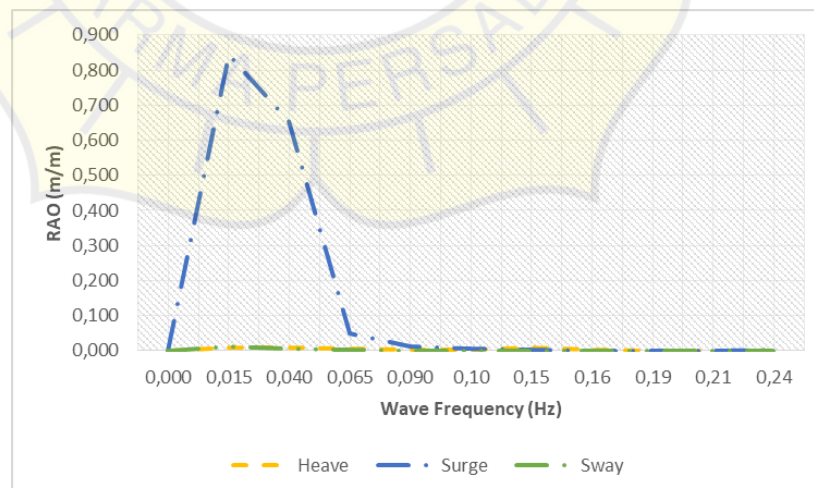
Pada analisa RAO menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* jarak *anchor patern* yang digunakan disesuaikan dengan data pada 4.1 mengenai data *anchor patern* pada kapal dengan penambahan 2 *mooring line* dibandingkan konfigurasi sebelum yaitu pada bagian haluan kapal (bow) dengan perbedaan derajat dengan konfigurasi 4 *mooring* sejauh 30° .

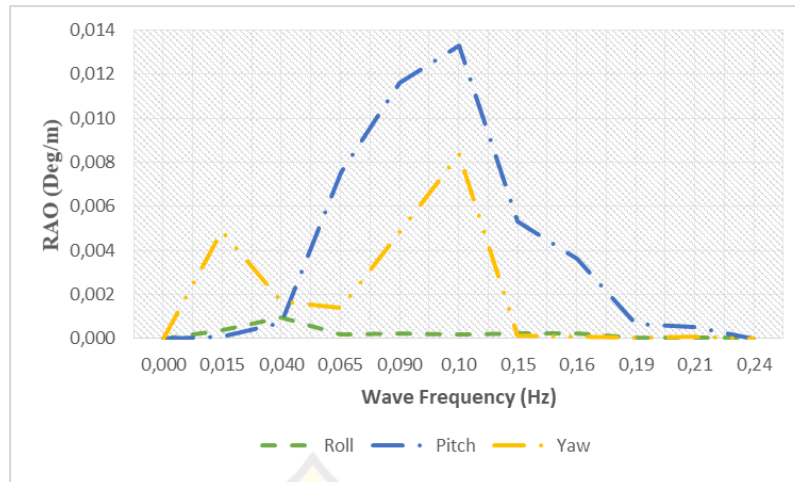


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 13 Konfigurasi 6 *Mooring System*

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 0°





Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 14 Hasil Analisa RAO 0° dengan 6 *Mooring System*

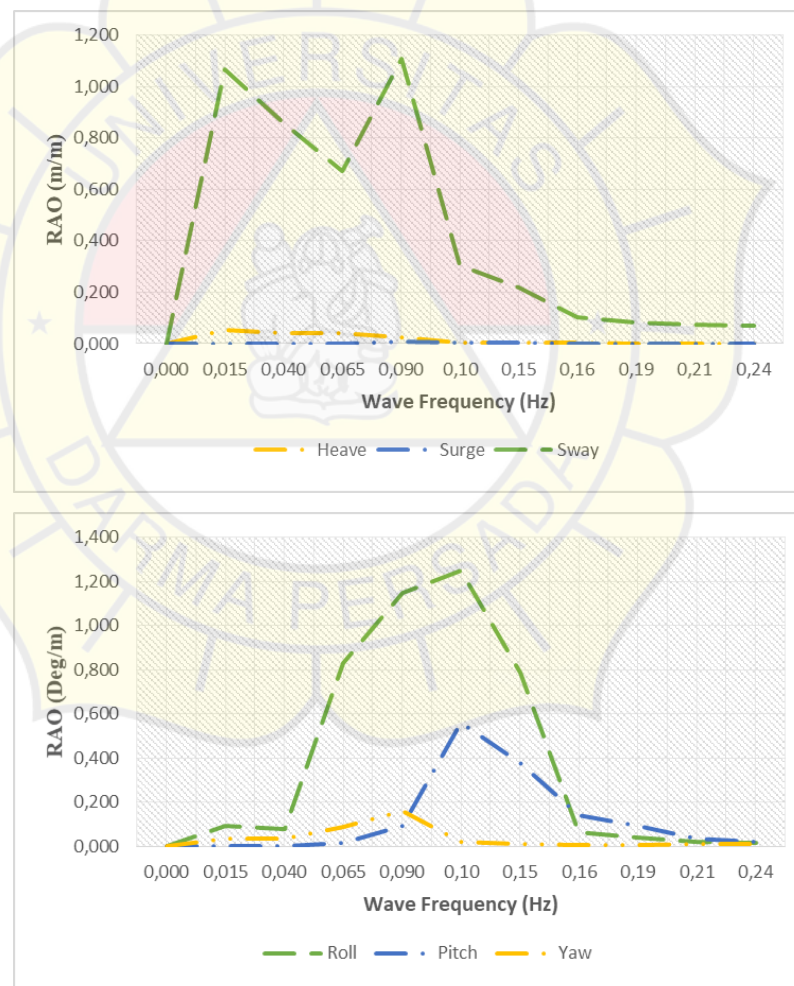
Berdasarkan gambar 5.14 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (*heave, surge, sway*) pada arah gelombang 0° pada gerakan surge menunjukkan nilai RAO pada nilai 0,846 m/m pada frekuensi 0,015 Hz m lebih kecil dibandingkan dengan kondisi 4 *mooring* dengan nilai 1,574 m/m seiring dengan frekuensi meningkat nilai RAO mengalami penurunan. Nilai ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan konfigurasi 6 *mooring system* respon kapal mengalami perbaikan yang cukup signifikan dalam menghadapi gelombang longitudinal (maju – mundur) khususnya pada arah gelombang 0°

Pada gerakan *sway* dan *heave* menunjukkan nilai RAO yang semakin kecil dibandingkan penggunaan 4 *mooring* serta mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi 4 *mooring*. Pada gerakan *sway* nilai RAO tertinggi menunjukkan nilai 0,0105 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Pada gerakan *heave* kapal menunjukkan nilai RAO tertinggi pada 0,00989 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Nilai kedua gerakan ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dalam perbaikan pada

respon kapal dalam menghadapi gelombang sehingga menyebabkan nilai RAO mengalami penurunan.

Berdasarkan gambar 5,14 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll,pitch,yaw) pada arah gelombang 0°. Pada gerakan pitch,yaw,pitchmenunjukkan nilai RAO tertinggi pada nilai 0,013 deg/m, 0,00838 deg/m dan 0,00955 deg/m pada frekuensi menengah. Nilai – nilai ini menunjukkan bahwa pada gerakan rotasi mengalami penuran pada penggunaan konfigurasi 6 *mooring system*.

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 90°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 15 Hasil Analisa RAO 90° dengan 6 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.15 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (heave,surge,sway) pada arah gelombang 90° pada gerakan sway menunjukkan nilai RAO paling dominan pada arah gelombang 90° dengan menunjukkan nilai 1,067 m/m pada frekuensi awal (0,015 Hz) dibandingkan pada 4 *mooring system* dengan nilai 2,167 m/m. Nilai respon pada gerakan sway mengalami penurunan yang cukup signifikan dengan adanya penambahan mooring line pada bagaian depan dibandingkan penggunaan 4 mooring sebelumnya.

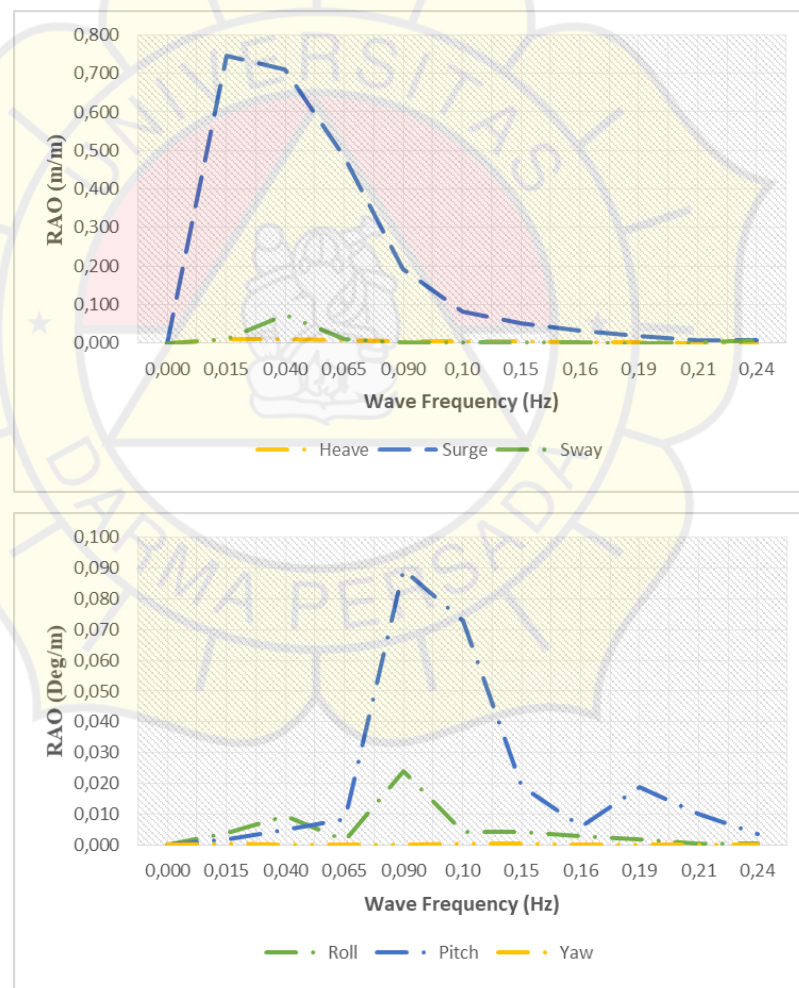
Pada gerakan surge menunjukkan nilai RAO yang hampir tidak berubah di tiap frekuensi gelombang yang terjadi dengan nilai puncak yaitu 0,00626 m/m pada frekuensi menengah (0,09 Hz). Nilai menunjukkan bahwa respon kapal terhadap gerakan surge pada arah gelombang 90° tidak terlalu berpengaruh secara signifikan dan cenderung semakin berkurang seiring dengan kenaikan frekuensi gelombang sedangkan pada gerakan heave menunjukkan nilai puncak RAO yang cukup rendah yaitu pada 0,0543 m/m pada frekuensi gelombang 0,015 Hz. Nilai ini menunjukan bahwa terjadi perbaikan terhadap respon kapal dibandingkan pada penggunaan 4 *mooring system* namun perbaikan yang terjadi cukup signifikan.

Berdasarkan gambar 5.15 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll,pitch,yaw) pada arah gelombang 90°. Pada gerakan roll menjadi gerakan yang paling dominan hal ini terjadi sama seperti kondisi 4 *mooring* dimana gerakan roll menjadi gerakan dominan yang terjadi ketika arah gelombang 90°. Nilai gerakan roll dengan konfigurasi 6 *mooring system* menunjukkan nilai RAO puncak pada 1,247 deg/m pada frekuensi menengah (0,10 Hz). Nilai roll pada konfigurasi ini memiliki perbedaan karena tidak membentuk bell shape. Nilai ini menunjukan bahwa konfigurasi 6 *mooring system* memberikan

pengaruh khususnya pada pebaikan respon kapal dalam menghadapi gelombang dari arah samping kapal. Pada gerakan pitch menunjukkan nilai RAO yang lebih kecil dibandingkan nilai roll yaitu nilai 0,560 deg/m pada frekuensi 0,10 Hz.

Pada konfigurasi ini nilai pitch yang dihasilkan tidak berubah secara signifikan dibandingkan dengan kondisi *4 mooring*. Pada gerakan yaw juga menunjukkan nilai RAO yang relatif tidak kecil yaitu pada 0,159 deg/m pada frekuensi gelombang menengah. Nilai ini menunjukkan tidak ada perubahan yang signifikan pada konfigurasi ini.

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 180°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 16 Hasil Analisa RAO 180° dengan 6 Mooring System

Berdasarkan gambar 5.16 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (*heave, surge, sway*) pada arah gelombang 180° . Pada gerakan *surge* menunjukkan nilai RAO yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan 4 *mooring* yaitu pada 0,746 m/m pada frekuensi 0,015 Hz dan seiring dengan frekuensi menuju gelombang menengah nilai RAO semakin menurun. Nilai ini menunjukkan bahwa penambahan *mooring* memberikan pengaruh pada respon kapal.

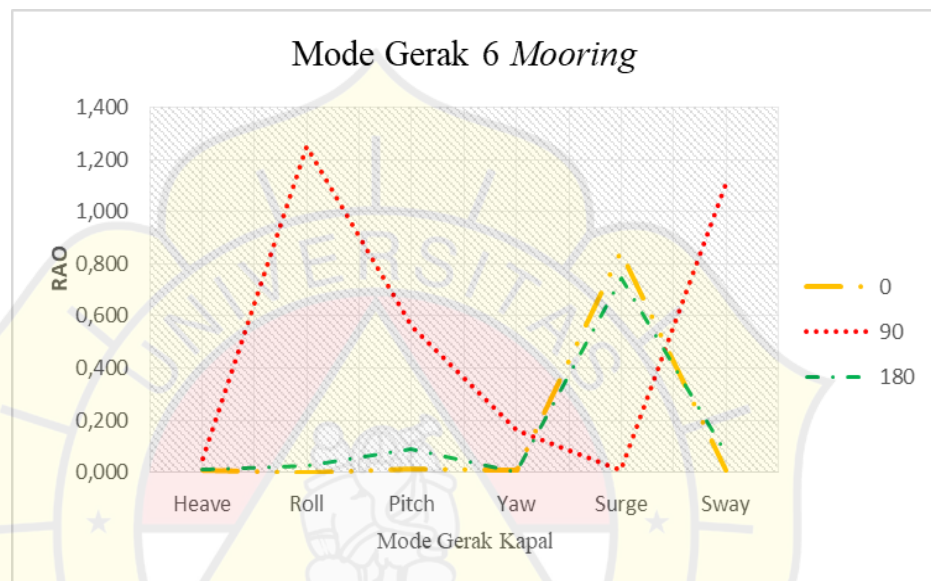
Pada Pada gerakan *sway* dan *heave* menunjukkan nilai RAO yang sama dibandingkan dengan kondisi 4 *mooring*. Pada gerakan *sway* nilai RAO tertinggi menunjukkan nilai 0,0721 m/m pada frekuensi awal 0,040 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Pada gerakan *heave* kapal menunjukkan nilai RAO tertinggi pada 0,0989 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Nilai ini menunjukkan kedua gerakan ini (*sway & heave*) menunjukkan nilai yang sama dengan hasil analisa pada penggunaan 4 *mooring* hal ini terjadi karena pada bagian belakang kapal tidak terdapat penambahan *mooring line*.

Berdasarkan gambar 5.16 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (*roll, pitch, yaw*) pada arah gelombang 180° . Pada gerakan *pitch* nilai RAO menunjukkan nilai tertinggi pada 0,0894 deg/m pada frekuensi 0,090 Hz. nilai ini menunjukkan tidak ada perbedaan nilai RAO pada penggunaan 4 dan 6 *mooring* pada arah gelombang 180° . Pada gerakan *yaw* menunjukkan nilai RAO yang sangat rendah sepanjang rentang seluruh frekuensi. Nilai ini menunjukkan gerakan *yaw* tidak memiliki perubahan secara signifikan pada kapal ini dapat disebabkan karena konfigurasi pada bagian belakang sama.

Tabel 5. 3 Hasil Analisa Mode Gerak dengan 6 Mooring System

Analisa Mode Gerak AWB 6 Mooring						
Heading (Deg)	Mode Gerak Kapal					
	Heave	Roll	Pitch	Yaw	Surge	Sway
0	0,010	0,001	0,0133	0,008	0,845	0,011
90	0,054	1,247	0,560	0,159	0,006	1,107
180	0,010	0,024	0,089	0,0005	0,746	0,072
RAO MAX	0,054	1,247	0,560	0,159	0,845	1,107

Sumber : Perhitungan Pribadi



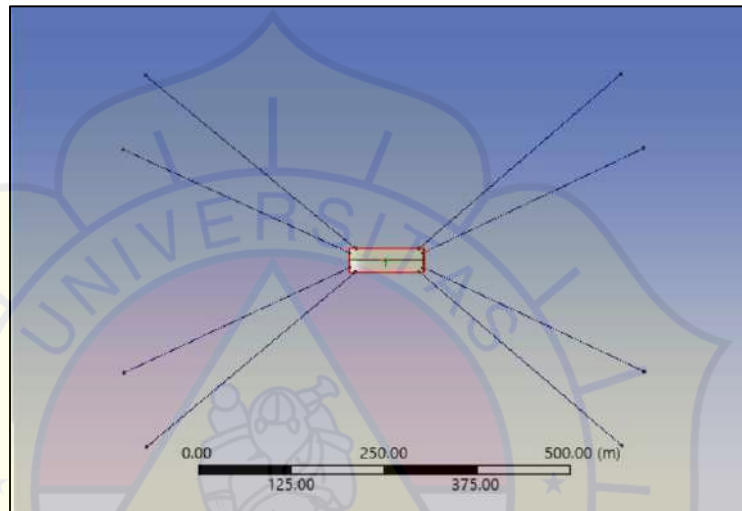
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 17 Hasil Analisa RAO Kapal AWB dengan 6 Mooring System

Berdasarkan Hasil tabel 5.3 serta gambar 5.17 mengenai hasil analisa RAO kapal didapatkan hasil bahwa heave tertinggi berada pada heading 90° dengan hasil 0,0543 (deg/m), nilai roll tertinggi berada pada heading 90° dengan hasil 1,274 (deg/m). hasil pitch tertinggi berada pada heading 90° dengan nilai 0,560 (m/m), nilai Yaw tertinggi berada pada heading 90° dengan nilai 0,159 (deg/m), nilai tertinggi dari gerak surge terdapat pada heading 0° dengan nilai 0,845 (m/m) serta hasil analisa sway tertinggi terdapat pada heading 90° dengan nilai 1,107 (m/m)

- Konfigurasi 8 *mooring system* dengan hasil sebagai berikut :

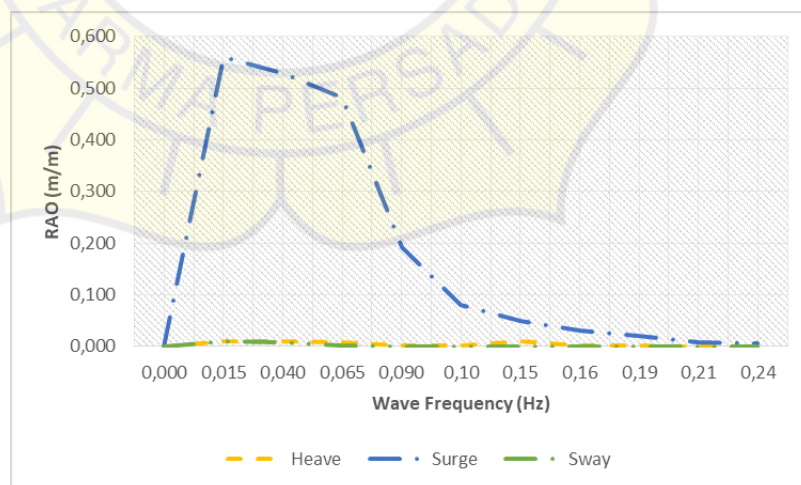
Pada analisa RAO menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* jarak *anchor patern* yang digunakan disesuaikan dengan data pada 4.1 mengenai data *anchor patern* pada kapal dengan penambahan 4 *mooring line* dibandingkan konfigurasi sebelum yaitu pada bagian haluan kapal (bow) dan 2 buritan kapal (stern) pada bagian dengan perbedaan derajat dengan konfigurasi 4 mooring sejauh 30°.

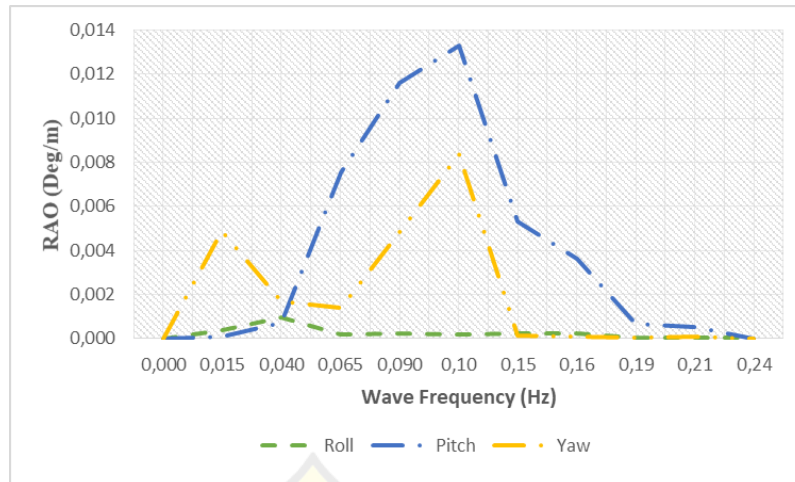


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 18 Konfigurasi 8 *Mooring System*

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 0°





Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 19 Hasil Analisa RAO 0° dengan 8 Mooring System

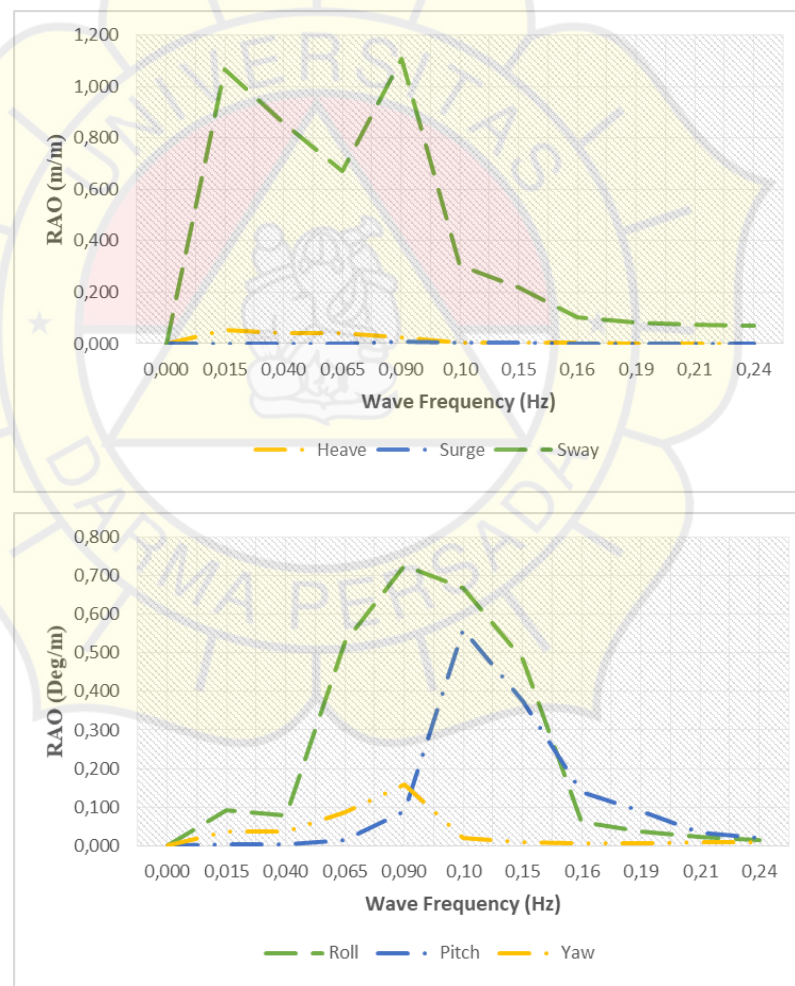
Berdasarkan gambar 5.19 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 6 mooring system didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (heave,surge,sway) pada arah gelombang 0° pada gerakan surge menunjukkan nilai RAO pada nilai 0,561 m/m pada frekuensi 0,015 Hz memiliki perbedaan dengan kondisi 6 mooring dengan nilai 0,845 m/m seiring dengan frekuensi meningkat nilai RAO. Nilai ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan konfigurasi 8 mooring system respon kapal mengalami penurunan yang cukup signifikan dan cenderung lebih stabil dalam menghadapi gelombang longitudinal (maju – mundur) khususnya pada arah gelombang 0°

Pada gerakan sway dan heave menunjukkan nilai RAO dengan penggunaan 8 mooring memiliki nilai yang sama dengan penggunaan 6 mooring. Pada gerakan sway nilai RAO tertinggi menunjukkan nilai 0,0105 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Pada gerakan heave kapal menunjukkan nilai RAO tertinggi pada 0,00989 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Nilai kedua gerakan ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dalam perbaikan pada respon kapal dalam menghadapi

gelombang sehingga menyebabkan nilai RAO mengalami penurunan.

Berdasarkan gambar 5,19 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 8 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll,pitch,yaw) pada arah gelombang 0° . Pada gerakan pitch dan yaw, pitch menunjukan nilai RAO tertinggi pada nilai 0,013 deg/m, 0,00838 deg/m dan 0,00955 deg/m pada frekuensi menengah. Nilai – nilai ini menunjukan bahwa pada gerakan rotasi mengalami persamaan pada penggunaan konfigurasi 6 *mooring system*.

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 90°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 20 Hasil Analisa RAO 90° dengan 8 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.20 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 8 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (heave,surge,sway) arah gelombang 90° pada gerakan sway menunjukkan nilai RAO 1,067 m/m pada frekuensi awal (0,015 Hz) nilai ini sama dengan nilai RAO pada 6 *mooring system* dengan nilai 1,067 m/m. Nilai respon pada gerakan sway mengalami persamaan dengan penggunaan 6 *mooring system* hal ini menunjukan penggunaan 6 dan 8 dapat dikatakan konfigurasi terbaik untuk kapal dalam menghadapi gelombang menyamping.

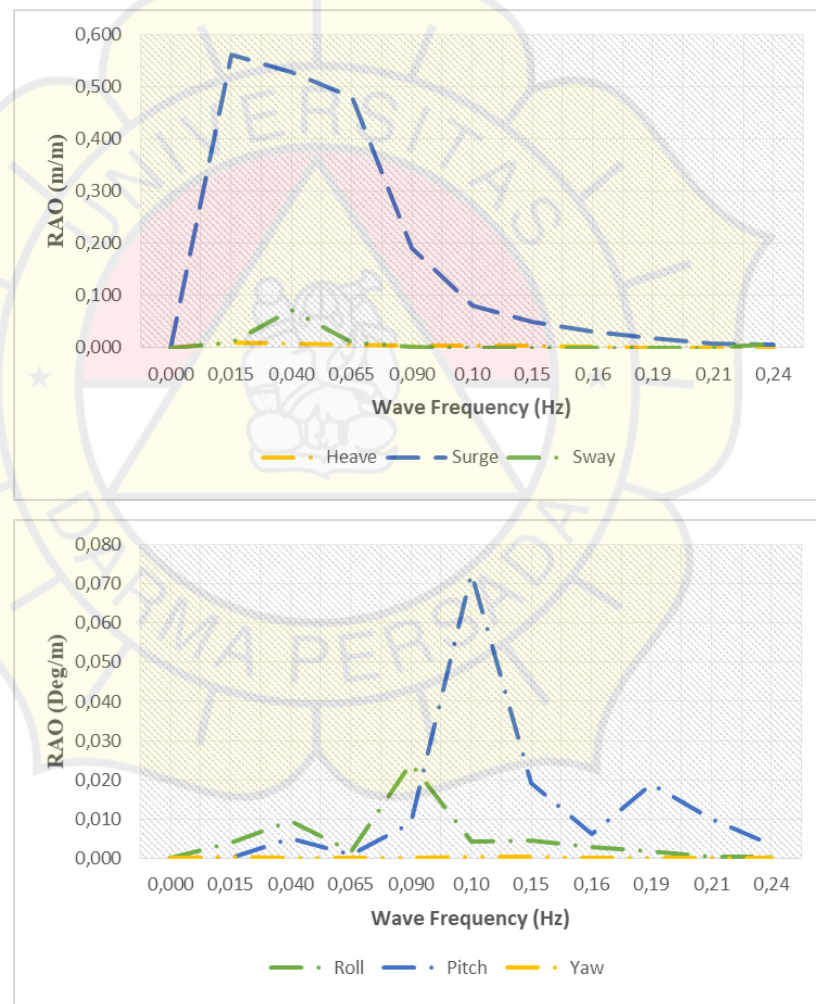
Pada gerakan surge menunjukkan nilai RAO yang mengalami persamaan di tiap frekuensi gelombang yang terjadi dengan nilai puncak yaitu 0,00626 m/m pada frekuensi menengah (0,09 Hz) dibandingkan dengan 6 *mooring*. Nilai menunjukan bahwa respon kapal terhadap gerakan surge pada arah gelombang 90° tidak terlalu berpengaruh secara signifikan dan cenderung semakin berkurang seiring dengan kenaikan frekuensi gelombang sedangkan pada gerakan heave menunjukkan nilai puncak RAO yang cukup rendah yaitu pada 0,0543 m/m pada frekuensi gelombang 0,015 Hz. Nilai dua gerakan ini menunjukan bahwa terjadi perbaikan terhadap respon kapal dibandingkan pada penggunaan 4 *mooring system* dan menghasilkan nilai yang sama dengan 6 *mooring*.

Berdasarkan gambar 5.20 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 8 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (roll,pitch,yaw) pada arah gelombang 90°. Pada gerakan roll menjadi gerakan yang paling dominan hal ini terjadi mengalami penurunan dibandingkan dengan penggunaan 6 *mooring* Nilai gerakan roll dengan konfigurasi 8 *mooring system* menunjukkan nilai RAO puncak pada 0,728 deg/m pada frekuensi menengah (0,090 Hz). Nilai roll pada konfigurasi ini memiliki perbedaan karena tidak membentuk *bell shape*. Nilai ini menunjukan bahwa konfigurasi 8 *mooring system*

memberikan pengaruh khususnya pada perbaikan respon kapal dalam menghadapi gelombang dari arah samping kapal. Pada gerakan pitch menunjukkan nilai RAO yang lebih kecil dibandingkan nilai roll yaitu nilai 0,560 deg/m pada frekuensi 0,10 Hz.

Pada konfigurasi ini nilai pitch yang dihasilkan sama dengan dengan kondisi *6 mooring*. Pada gerakan yaw juga menunjukkan nilai RAO yang relatif kecil yaitu pada 0,159 deg/m pada frekuensi gelombang menengah. Nilai ini menunjukkan tidak ada perubahan yang signifikan pada konfigurasi ini.

Gambar dibawah ini merupakan hasil Analisa RAO kapal pada 180°



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 21 Hasil Analisa RAO 180° dengan 8 Mooring System

Berdasarkan gambar 5.21 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 8 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan translasi (*heave, surge, sway*) pada arah gelombang 180° . Pada gerakan *surge* menunjukkan nilai RAO yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan 6 *mooring* yaitu pada 0,561 m/m pada frekuensi 0,015 Hz dan seiring dengan frekuensi menuju gelombang menengah nilai RAO semakin menurun. Nilai ini menunjukkan bahwa penambahan *mooring* pada bagian belakang memberikan pengaruh pada respon kapal.

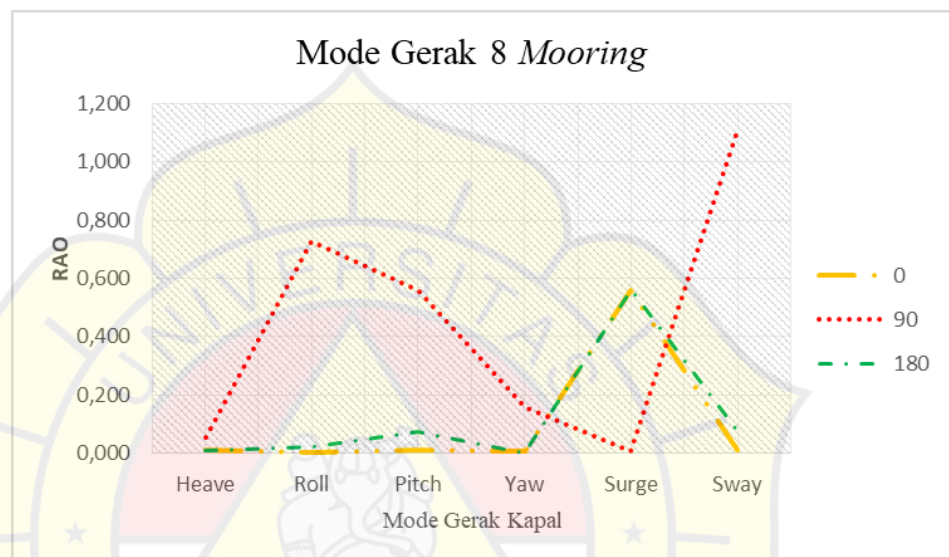
Pada gerakan *sway* dan *heave* menunjukkan nilai RAO yang sama dibandingkan dengan kondisi 6 *mooring*. Pada gerakan *sway* nilai RAO tertinggi menunjukkan nilai 0,0721 m/m pada frekuensi awal 0,040 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Pada gerakan *heave* kapal menunjukkan nilai RAO tertinggi pada 0,0922 m/m pada frekuensi awal 0,015 Hz dan semakin menurun seiring frekuensi gelombang yang makin meningkat. Nilai ini menunjukkan kedua gerakan ini (*sway & heave*) menunjukkan nilai yang sedikit berbeda dengan hasil analisa pada penggunaan 6 *mooring* hal ini terjadi karena pada bagian belakang kapal terdapat penambahan *mooring line*.

Berdasarkan gambar 5.20 mengenai hasil analisa RAO kapal dengan menggunakan konfigurasi 8 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada gerakan rotasi (*roll, pitch, yaw*) pada arah gelombang 180° . Pada gerakan *pitch* nilai RAO menunjukkan nilai tertinggi pada 0,0561 deg/m pada frekuensi 0,090 Hz. Nilai ini menunjukkan bahwa ada perubahan perbedaan nilai RAO pada penggunaan 8 dan 6 *mooring* pada arah gelombang 180° . Pada gerakan *yaw* menunjukkan nilai RAO yang sangat rendah sepanjang rentang seluruh frekuensi. Nilai ini menunjukkan gerakan *yaw* tidak memiliki perubahan secara signifikan pada kapal ini dapat disebabkan karena adanya penambahan konfigurasi *mooring line* pada bagian belakang sama.

Tabel 5. 4 Hasil Analisa Mode Gerak dengan 8 *Mooring System*

Analisa Mode Gerak AWB 8 Mooring						
Heading (Deg)	Mode Gerak Kapal					
	Heave	Roll	Pitch	Yaw	Surge	Sway
0	0,010	0,001	0,0133	0,008	0,561	0,011
90	0,054	0,728	0,560	0,159	0,006	1,107
180	0,010	0,024	0,073	0,0005	0,561	0,072
RAO MAX	0,054	0,728	0,560	0,159	0,561	1,107

Sumber : Gambar Pribadi



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 22 Hasil Analisa RAO Kapal AWB dengan 8 *Mooring System*

Berdasarkan Hasil tabel 5.3 serta gambar 5.17 mengenai hasil analisa RAO kapal didapatkan hasil bahwa heave tertinggi berada pada heading 90° dengan hasil 0,0543 (deg/m), nilai roll tertinggi berada pada heading 90° dengan hasil 0,728 (deg/m).

Hasil pitch tertinggi berada pada heading 90° dengan nilai 0,560 (m/m), nilai Yaw tertinggi berada pada heading 90° dengan nilai 0,159 (deg/m), nilai tertinggi dari gerak surge terdapat pada heading 0° dan 180° dengan nilai 0,561 (m/m) serta hasil analisa sway tertinggi terdapat pada heading 90° dengan nilai 1,107 (m/m)

5.3 ANALISA TEGANGAN DAN REGANGAN *MOORING WIRE*

5.3.1 Analisa *Maximum Allowed Tension*

Berdasarkan aturan pada API RP 2 SK tension yang terjadi pada *mooring wire* tidak boleh lebih dari *safety factor criteria* yang telah ditentukan. *Safety factor* di bedakan menjadi 2 keadaan yaitu *Ultimate Limit State (ULS)* dimana kondisi kapal pada saat operasional normal atau tanpa kerusakan *mooring wire* sedangkan *Accidental Limit State (ALS)* dimana kondisi lingkungan extreme maupun terjadi kerusakan pada *mooring wire*.

Perhitungan *maximum allowed tension* yang diperbolehkan dapat dihitung sesuai dengan rumus (4) pada bab 3 sebagai berikut :

➤ Keadaan *Ultimate Limit State (ULS)*

Dimana :

Minimum Breaking Load : 2430 kN

Safety Factor : 1,67

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Maximum tension} &= \frac{2430 \text{ kN}}{1,67} \\ &= 1445,090 \text{ kN}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas untuk kondisi ULS maka tension maximum yang diperbolehkan adalah **1445 kN**

➤ Keadaan *Accidental Limit State (ALS)*

Dimana :

Minimum Breaking Load : 2430 kN

Safety Factor : 1,25

Maka :

$$\begin{aligned}\text{Maximum tension} &= \frac{2430 \text{ kN}}{1,25} \\ &= 1944,00 \text{ kN}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas untuk kondisi ALS maka tension maximum yang diperbolehkan adalah **1944,00 kN**

5.3.2 Analisa *Anchor Holding Power*

Penentuan besarnya *holding power* yang sesuai dengan keadaan *seabed* dimana kapal akan berada akan sangat berpengaruh pada *tension* yang terjadi pada *mooring wire*. Berdasarkan peraturan class *American Bureau of Shipping (ABS)* bahwa *holding power* dari *anchor* yang terpasang harus lebih besar dari *tension* yang terjadi pada *mooring wire* hal ini akan memastikan bahwa *anchor* dapat menahan seluruh gaya yang terjadi akibat beban lingkungan.

Perhitungan besaran *anchor holding power* sesuai kondisi *seabed* dapat dihitung berdasarkan rumus (6) pada bab 3 sebagai berikut :

➤ Kondisi *seabed* dengan jenis *clay*

Dimana :

W : Berat *Anchor* (kN) : 98,1 kN

S_f : *Soil Factor (Clay)* : 10 - 20 kN/m²

Maka :

H_{anchor} : $S_f \times W$
: 10 kN x 98,1 kN
: 981,00 kN (Nilai Min)

H_{anchor} : $S_f \times W$
: 20 kN x 98,1 kN
: 1962,00 kN (Nilai Max)

Berdasarkan perhitungan diatas untuk kondisi *seabed* dengan jenis *clay* besaran *holding power* yang didapatkan nilai minimal **981,00 kN** dan nilai max **1962,00 kN**.

➤ Kondisi *seabed* dengan jenis *mud*

Dimana :

W : Berat *Anchor* (kN) : 98,1 kN

S_f : *Soil Factor (Mud)* : 5 - 10 kN/m²

Maka :

H_{anchor} : $S_f \times W$
: 5 kN x 98,1 kN
: 490,50 kN

$$\begin{aligned}H_{\text{anchor}} &: S_f \times W \\ &: 10 \text{ kN} \times 98,1 \text{ kN} \\ &: 981,00 \text{ kN}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas untuk kondisi seabed dengan jenis *mud* besaran *holding power* yang didapatkan nilai minimal **490,50 kN** dan nilai max **981,00 kN**

➤ Kondisi *seabed* dengan jenis *Sand*

Dimana :

$$\begin{aligned}W &: \text{Berat Anchor (kN)} : 98,1 \text{ kN} \\ S_f &: \text{Soil Factor (Sand)} : 15 - 30 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}H_{\text{anchor}} &: S_f \times W \\ &: 15 \text{ kN} \times 98,1 \text{ kN} \\ &: 1475,50 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{\text{anchor}} &: S_f \times W \\ &: 30 \text{ kN} \times 98,1 \text{ kN} \\ &: 2943,00 \text{ kN}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas untuk kondisi seabed dengan jenis *sand* besaran *holding power* yang didapatkan nilai minimal **1475,50 kN** dan nilai max **2943,00 kN**

➤ Kondisi *seabed* dengan jenis *Rock*

Dimana :

$$\begin{aligned}W &: \text{Berat Anchor (kN)} : 98,1 \text{ kN} \\ S_f &: \text{Soil Factor (Rock)} : 50 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}H_{\text{anchor}} &: S_f \times W \\ &: 50 \text{ kN} \times 98,1 \text{ kN} \\ &: 4905 \text{ kN}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas untuk kondisi *seabed* dengan jenis *rock* besaran *minimal anchor holding power* yang didapatkan adalah **4905 kN** dan nilai max yang dapat diberikan dengan jenis seabed ini dapat lebih besar dari nilai minimal *holding power*.

Tabel 5. 5 Hasil Perhitungan *Anchor Holding Power*

No	<i>Seabed Type</i>	<i>Holding Power</i> (kN) <i>min</i>	<i>Holding Power</i> (kN) <i>max</i>
1	<i>Clay</i>	981,00	1962,00
2	<i>Mud</i>	490,50	981,00
3	<i>Sand</i>	1475,5	2943,00
4	<i>Rock</i>	4905,0	> 4905,0

Sumber : Perhitungan Pribadi

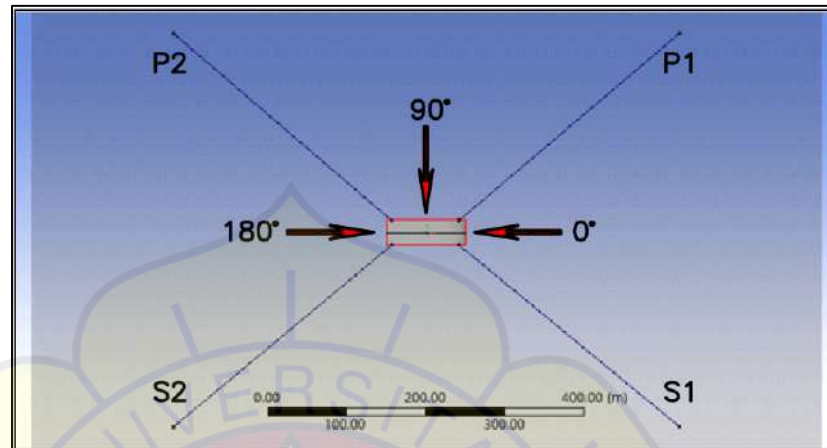
Berdasarkan tabel 5.5 mengenai Hasil Perhitungan *anchor holding power* didapatkan hasil pada kondisi *seabed clay* mendapatkan nilai minimal *holding power* 981,00 kN/m² sedangkan nilai *maximal holding power* yang dapat diberikan sebesar 1962,00 kN/m². Pada kondisi *seabed mud* menjadi *seabed* dengan nilai *holding power* terkecil dengan nilai *minimal holding power* 490,50 kN/m² dan nilai *maximal holding power* pada 981,00 kN/m²

Pada kondisi *seabed sand* menghasilkan nilai *holding power* dengan minimal nilai *holding power* 1475,5 kN/m² sedangkan nilai *maximal holding power* dengan nilai 2943,00 kN/m². Kondisi *seabed rock* menjadi nilai *holding power* tertinggi dengan nilai minimal *holding power* sebesar 4905,0 kN/m² sedangkan nilai *maximal* yang dapat diberikan oleh seabed jenis rock dapat lebih dari nilai minimal namun seabed ini jenis *rock* jarak ditemukan pada wilayah kerja OSES dan resiko sulit untuk menambatkan anchor juga tinggi karena bentuk bebatuan dari *seabed* yang tidak selalu sama dan dapat meningkatkan resiko untuk *anchor* sulit terangkat. Pada analisa optimalisasi *mooring system* .Hasil perhitungan *anchor holding power* yang didapatkan akan dikomparasikan dengan hasil dari analisa selanjutnya yaitu analisa *tension wire*.

5.3.3 Analisa *Tension Mooring Wire*

1. Analisa *Tension Wire* pada Konfigurasi 4 *mooring system*

Pada analisa *tension mooring wire* untuk konfigurasi 4 *mooring system* menggunakan acuan pada gambar dibawah ini untuk mengklasifikasikan posisi *mooring wire*.

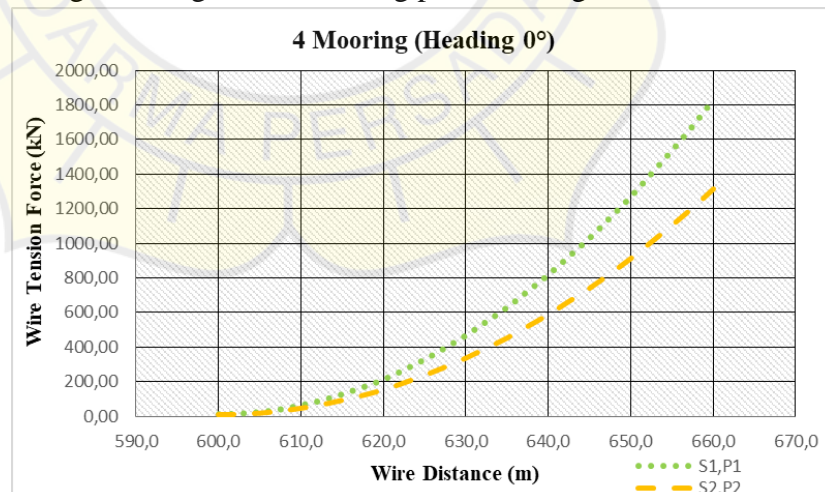


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 23 Posisi *Mooring wire* pada konfigurasi 4 *Mooring system*

➤ Kondisi *ultimate limited state* (ULS)

Kondisi ULS merupakan kondisi dimana *system mooring* diatas kapal berada pada kondisi optimal dan tidak mengalami kerusakan. Berikut merupakan hasil analisa dari *tension wire* dengan konfigurasi 4 mooring pada heading 0°, 90°, 180°:



Sumber : Gambar Pribadi

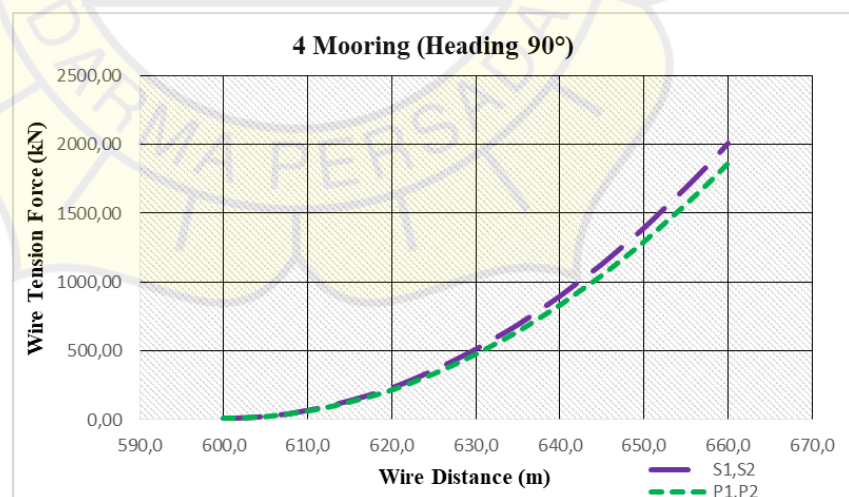
Gambar 5. 24 Hasil Analisa *Tension Mooring* 0° Pada 4 *mooring System*

Berdasarkan gambar 5.24 mengenai hasil analisa tension mooring wire pada heading 0° dengan konfigurasi 4 *mooring*

system didapatkan hasil bahwa kedua kurva menunjukkan pola kenaikan non-linear (eksponensial), pada umumnya terjadi dalam sistem mooring yang disebabkan oleh gaya restore (*restoring force*) wire meningkat drastis saat wire tertarik lebih panjang dan tegang.

Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1,P1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih tinggi yaitu 1828,2 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* S2,P2 yaitu 1348,48 kN. Berdasarkan hasil nilai yang ditunjukkan ini mengindikasikan bahwa lokasi atau arah dari *mooring wire* S1,P1 menerima beban gelombang yang lebih besar, karena berada di sisi yang langsung berhadapan dengan arah gelombang datang yaitu dari arah sisi depan (*bow*).

Hasil nilai *wire tension* yang dihasilkan pada konfigurasi dari 4 *mooring* telah melebihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS dimana *maximum tension* yang diperbolehkan 1445,090 kN. Hasil nilai *tension wire* yang melebihi *maximum allowed tension* ini mengindikasikan bahwa konfigurasi ini memiliki potensi kegagalan system yang tinggi.



Sumber : Gambar Pribadi

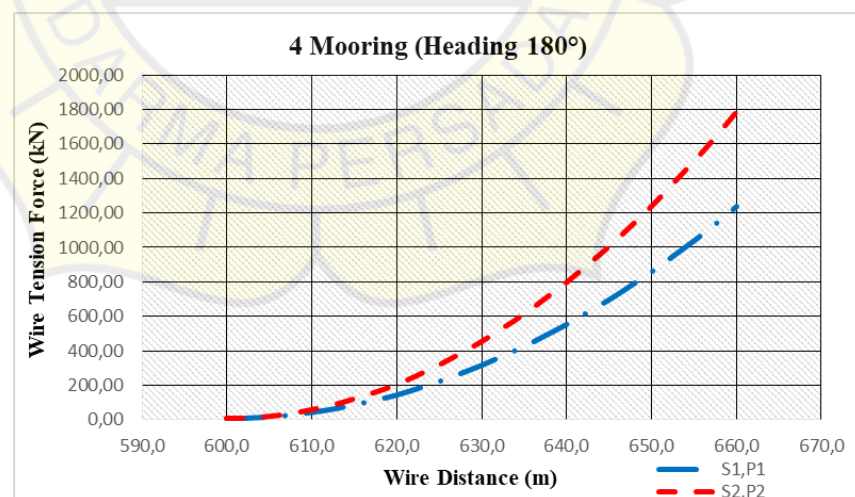
Gambar 5. 25 Hasil Analisa *Tension Mooring* 90° Pada 4 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.25 mengenai hasil analisa tension mooring wire pada heading 90 ° dengan konfigurasi 4 *mooring*

system didapatkan hasil bahwa pada grafik heading 90° tidak seperti pada grafik sebelumnya yaitu heading 0° , grafik ini menunjukkan nilai tension antara S1,P1 dan S2,P2 hampir identik. Selisih *tension force* antar wire sangat kecil, bahkan nyaris sejajar sepanjang grafik.

Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1,S2 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih tinggi yaitu 2011,77 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* P1,P2 yaitu 1864,48 kN. Berdasarkan hasil nilai yang ditunjukkan ini mengindikasikan bahwa lokasi atau arah dari *mooring wire* S1,S menerima beban gelombang yang lebih besar, karena berada di sisi yang langsung berhadapan dengan arah gelombang datang yaitu dari arah sisi samping.

Hasil nilai *tension wire* yang dihasil pada heading 90° juga telah melibihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS yaitu 1445,090 kN sama seperti pada heading 0° . penggunaan konfigurasi 4 *mooring system* dalam menghadapi gelombang dari arah samping memiliki potensi kegagalan system yang sangat besar bahkan lebih besar dibandingkan 0° .



Sumber : Gambar Pribadi

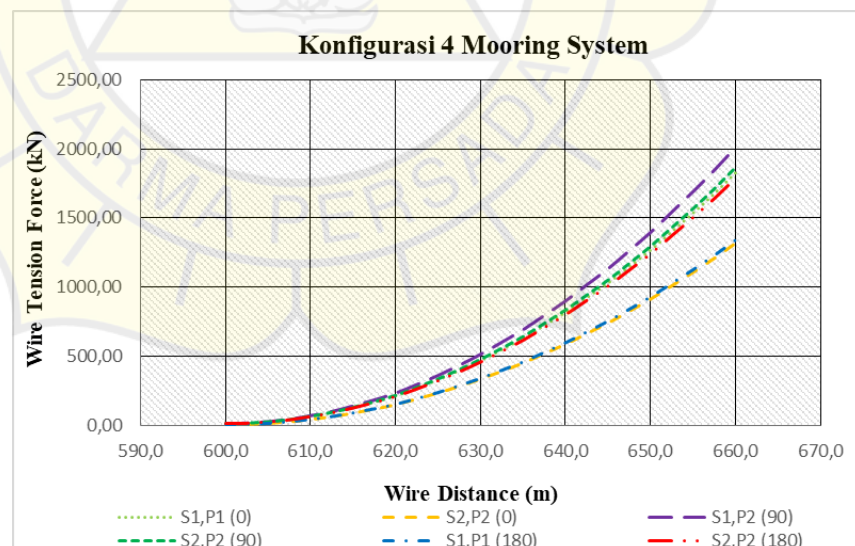
Gambar 5. 26 Hasil Analisa *Tension Mooring* 180° Pada 4 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.26 mengenai hasil analisa tension mooring wire pada heading 180° dengan konfigurasi 4 *mooring*

system didapatkan hasil bahwa pada grafik heading 180° memiliki hasil yang indentik dengan heading 0° perbedaan terletak pada beban *tension wire* yang terjadi yaitu berbanding terbalik dengan heading 0° dimana *tension* terbesar terjadi pada S2, dan P2.

Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1,P1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih rendah yaitu 1339,42 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* S2,P2 yaitu 1790,43 kN. Berdasarkan hasil nilai yang ditunjukkan ini mengindikasikan bahwa lokasi atau arah dari *mooring wire* S2,P2 menerima beban gelombang yang lebih besar, karena berada di sisi yang langsung berhadapan dengan arah gelombang datang yaitu dari arah sisi belakang (*stern*).

Hasil nilai *wire tension* yang dihasilkan pada konfigurasi 4 mooring baik heading $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ telah melibihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS yaitu 1445,090 kN. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan konfigurasi 4 mooring system memiliki tingkat kegagalan yang tinggi.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 27 Hasil Analisa kondisi ULS *Tension Wire* 4 Mooring System

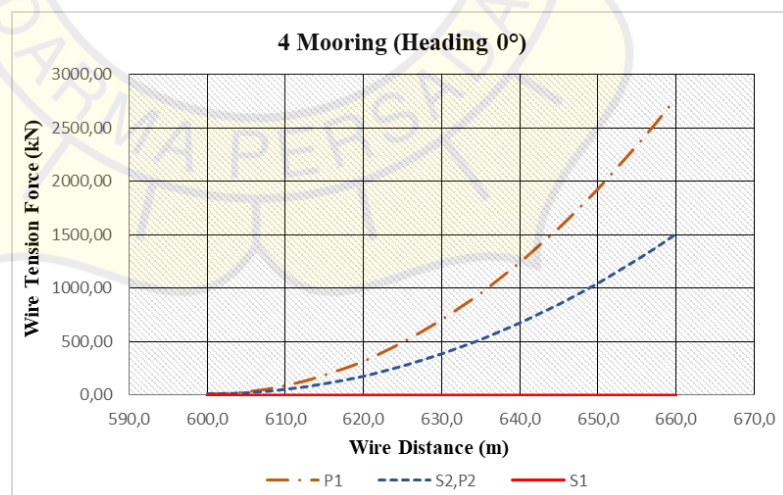
Berdasarkan gambar 5.27 mengenai hasil analisa kondisi ULS *tension wire* pada konfigurasi 4 mooring system didapatkan

hasil bahwa arah gelombang sangat memengaruhi distribusi *tension* antar *mooring line*. Hal ini terbukti Pada heading 180°, *tension* terbesar terjadi pada *mooring wire* di buritan kapal, dan distribusi *tension* mirip dengan heading 0°, namun posisi dominasi berbalik.

Hasil pada heading 90° adalah kondisi dapat dikatakan paling stabil di antara ketiga arah gelombang, karena gaya tarik terbagi hampir merata antar *mooring line*, mengurangi risiko kegagalan system. Konfigurasi ini hanya direkomendasikan untuk keadaan darurat (*survive*) karena jika dijadikan sebagai konfigurasi *mooring tension* yang dihasilkan terlalu tinggi sehingga beresiko pada saat operasional

➤ Kondisi *Accidental limited state* (ALS)

Kondisi ALS merupakan kondisi dimana *system mooring* diatas kapal berada pada terjadi kerusakan pada analisa kondisi ALS, konfigurasi 4 *mooring* akan diasumsikan mengalami kerusakan yaitu 1 *mooring wire* putus yaitu pada *mooring wire* S1. Berikut merupakan hasil analisa dari *tension wire* dengan konfigurasi 4 *mooring* pada heading 0°, 90°, 180°:



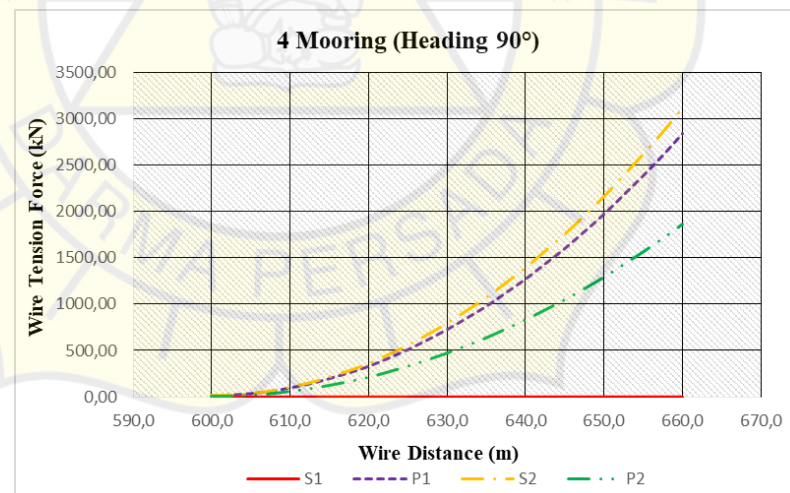
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 28 Hasil Analisa *Tension Mooring* kondisi ALS pada heading 0°

Berdasarkan gambar 5.28 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 0° didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan yang signifikan pada *tension mooring*

wire bagian depan yaitu P1. Kondisi peningkatan ini disebabkan oleh terjadi pendistribusian beban yang tidak merata akibat adanya mooring wire yang putus (S1) sehingga terjadi overload pada 1 mooring wire saja dalam menghadapi beban eksternal pada heading beban 0° . Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* P1 yang terjadi menunjukkan nilai 2775,53 kN, nilai ini mengalami peningkatan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS yaitu pada 1828,2 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring system* bagian belakang kapal yaitu S2, P2 dengan nilai kenaikan yaitu 1508,94 kN jika dibandingkan dengan kondisi ULS yang dengan nilai *tension* yaitu 1314,488 kN.

Hasil analisa ini juga menunjukkan bahwa pada kondisi ALS *mooring wire* telah melebihi batas *maximum allowed tension* pada kondisi ALS yaitu 1944,00 kN. Hal ini menunjukkan bahwa *mooring system* memiliki resiko terjadinya kegagalan system yang tinggi apabila menghadapi kondisi ekstrem (ALS)



Sumber : Gambar Pribadi

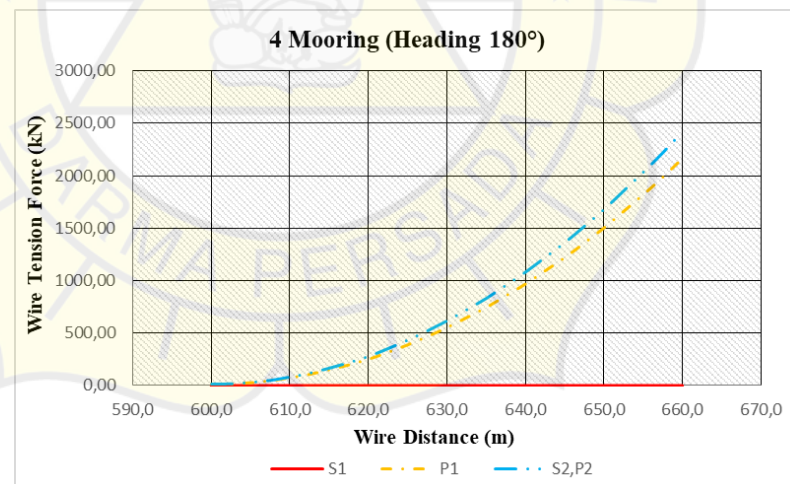
Gambar 5. 29 Hasil Analisa *Tension Mooring* Kondisi ALS pada *Heading 90°*

Berdasarkan gambar 5.29 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 90° didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai *tension* pada kondisi ALS, kondisi peningkatan ini juga terjadi pada kondisi sebelumnya

(heading 0°). Perbedaan yang terlihat pada kondisi heading 90° adalah gelombang dari arah samping (heading 90°) menghasilkan *tension mooring wire* yang lebih besar dibandingkan gelombang dari arah depan (heading 0°). Pada kondisi heading 90° , karena kehilangan satu tali di depan, menjadikan beban lateral (samping) lebih sulit diseimbangkan, sehingga tegangan meningkat drastis pada sisi kanan dan kiri.

Hasil analisis *tension* pada heading 90° kenaikan *tension* pada *mooring wire* terjadi perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan kondisi heading 0° . Nilai *tension* tertinggi terjadi pada S2 dengan nilai 3117,75 kN, P1 dengan nilai 2846,55 kN dan P2 dengan nilai 1864,46 kN terjadi perbedaan nilai kenaikan *tension* yang terjadi hal ini akibat beban eksternal dari arah samping kapal sehingga dalam menghadapi beban lateral kapal.

Hasil analisa ini juga menunjukkan bahwa pada kondisi ALS *mooring wire* telah melebihi batas *maximum allowed tension* pada kondisi ALS yaitu 1944,00 kN.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 30 Hasil Analisa *Tension Mooring* Kondisi ALS Pada Heading 180°

Berdasarkan gambar 5.30 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 180° didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai *tension mooring wire* pada kondisi ALS, kondisi peningkatan ini juga terjadi pada kondisi

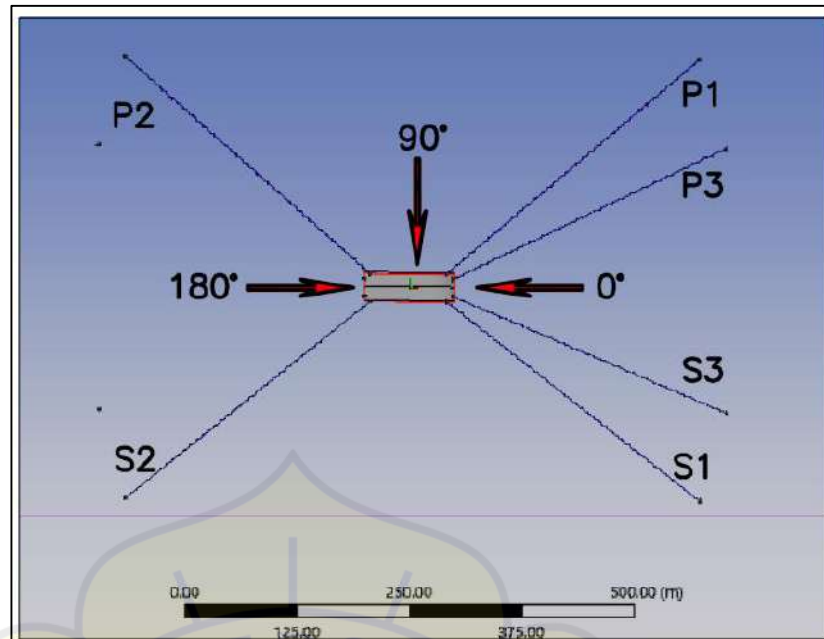
sebelumnya (heading 0° dan heading 90°). Peningkatan yang terjadi lebih rendah jika dibandingkan pada 2 kondisi sebelumnya (heading 0° dan heading 90°) dan tidak jauh dibandingkan dengan kondisi saat tidak terjadi kerusakan pada *mooring wire* (ULS). Nilai ini menunjukkan bahwa pada arah gelombang dari belakang (heading 180°) menghasilkan distribusi gaya yang lebih merata meskipun dengan kondisi satu *mooring* putus. Dibandingkan dengan heading 0° dan 90° , konfigurasi dengan heading 180° menunjukkan performa yang lebih stabil dan aman

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* S2,P2 yang terjadi menunjukkan nilai 2417,45 kN, nilai ini mengalami peningkatan yang terbilang cukup tinggi jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS dengan arah yang sama yaitu pada 1790,42 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring system* bagain depan kapal yaitu P1 dengan nilai kenaikan yaitu 2169,21 kN jika dibandingkan dengan kondisi ULS yang dengan nilai *tension* yaitu 1339,42 kN.

Berdasarkan ketiga kondisi arah datang gelombang (heading $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$) didapatkan hasil bahwa pada konfigurasi 4 *mooring system* tidak dapat dijadikan sebagai rekomendasi dalam penerapan diatas barge hal ini dikarenakan pada kondisi ULS barge menghasilkan *tension* yang cukup besar saat menghadapi beban lateral (menyamping). Kondisi ini diperburuk dengan hasil kondisi ALS dimana *tension mooring wire* memiliki margin yang kecil dari *maximum allowed tension* bahkan mendekati *tension minimum breaking load* (2430 kN) pada kondisi panjang *wire* 650 m. distribusi beban yang kurang baik juga menjadikan konfigurasi ini tidak direkomendasikan untuk dipakai pada barge.

2. Analisa Tension Wire pada Konfigurasi 6 *mooring system*

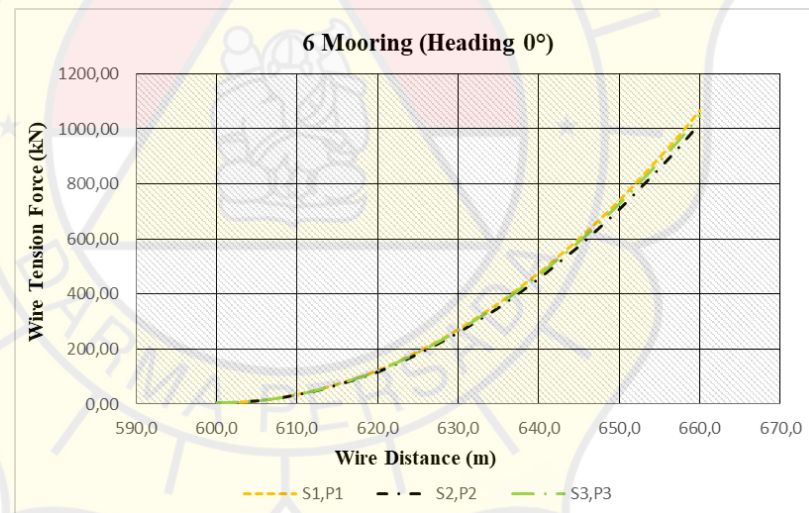
Pada analisa *tension mooring wire* untuk konfigurasi 6 *mooring system* menggunakan acuan pada gambar dibawah ini untuk mengklasifikasikan posisi *mooring wire*.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 31 Posisi *Mooring wire* pada konfigurasi 6 *Mooring system*

➤ Kondisi *Ultimate Limited State (ULS)*



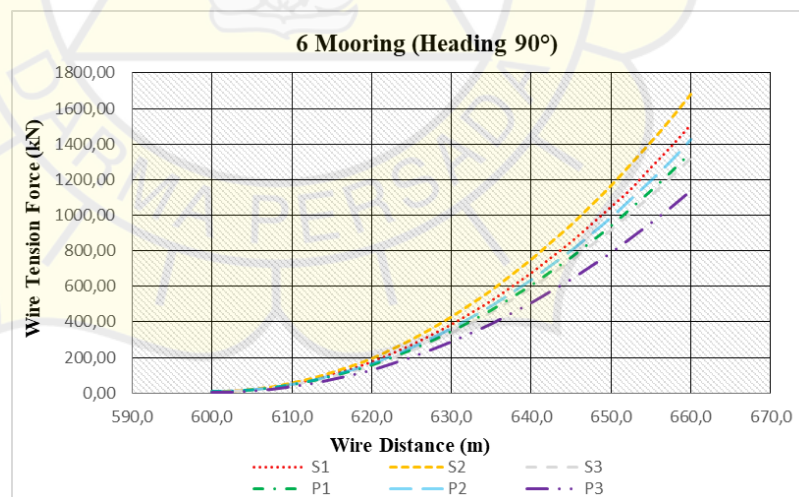
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 32 Hasil Analisa *Tension Mooring 0°* Pada 6 *mooring System*

Berdasarkan gambar 5.32 mengenai hasil analisa *tension mooring wire* pada heading 0° dengan menggunakan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada konfigurasi ini terjadi perbedaan pendistribusian beban yang lebih baik jika dibandingkan dengan konfigurasi 4 *mooring*, hal ini ditunjukkan dengan nilai kurva yang tidak memiliki gap yang besar antar wire.

Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1,P1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih tinggi yaitu 1067,30 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* S2,P2 yaitu 1048,19 kN sedangkan untuk S3,P3 menghasilkan nilai tension sebesar 1020,23 kN. Berdasarkan hasil nilai yang dihasilkan terjadi perbaikan berupa penurunan nilai tension yang ditunjukkan hal ini mengindikasikan bahwa penambahan 2 *mooring wire* pada sisi depan (S3,P3) menjadikan barge lebih stabil dalam menghadapi arah gelombang yang datang dari depan sehingga beban *tension wire* yang diterima oleh *mooring wire* bagian depan (*Bow*) lebih baik secara pendistribusian beban.

Hasil nilai *wire tension* yang dihasilkan pada konfigurasi dari 6 *mooring* tidak melebihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS dimana *maximum tension* yang diperbolehkan 1445,090 kN. Hasil nilai *tension wire* yang tidak melebihi *maximum allowed tension* ini mengindasikan bahwa konfigurasi ini memiliki potensi kegagalan system yang lebih rendah.



Sumber : Gambar Pribadi

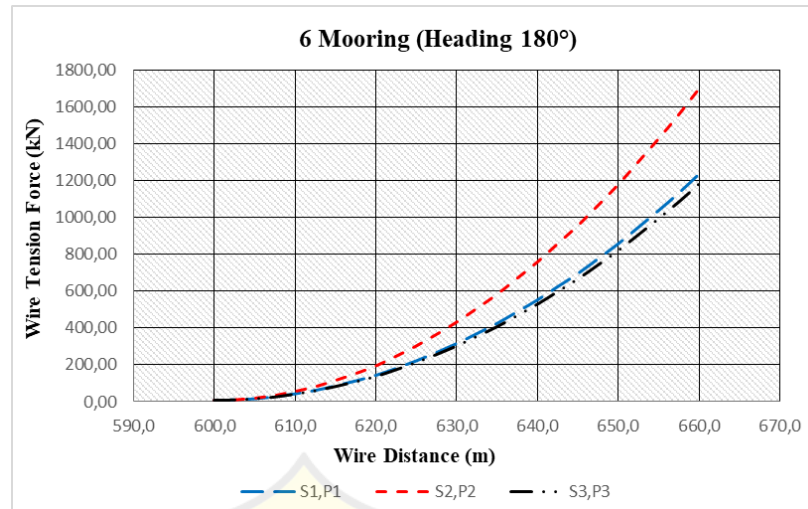
Gambar 5. 33 Hasil Analisa *Tension Mooring* 90° Pada 6 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.33 mengenai hasil analisa *tension mooring wire* pada heading 90 ° dengan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada grafik heading 90° tidak

seperti pada hasil pada grafik sebelumnya yaitu heading 0° , hasil grafik menunjukkan nilai tension mengalami perbedaan tension antara wire yang menyebabkan tidak meratanya distribusi beban yang di terima oleh masing – masing *mooring wire*. Perbedaan ini disebabkan tidak seimbangan jumlah *mooring wire* antara bagian depan (*Bow*) dan bagian belakang (*Stern*).

Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih tinggi yaitu 1507,43 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* P1 yaitu 1353,77 kN sedangkan untuk S2 memiliki nilai tension tertinggi diantara *mooring wire* yang lain yaitu 1680,88 kN. Nilai tension pada P2 menghasilkan nilai tension sebesar 1428,79 kN, perbedaan nilai tension juga terjadi pada *mooring wire* S3 dengan nilai 1319,02 kN dan P3 dengan nilai tension 1140,89 kN. Berdasarkan hasil nilai yang dihasil terjadi kenaikan jika dibandingkan dengan heading 0° . Hal ini dikarenakan Line yang sejajar arah datangnya gelombang (S2, S1, P2) menerima gaya lateral lebih besar, sehingga mengalami tension lebih tinggi sedangkan wire yang tegak lurus atau menyilang arah gelombang (S3,P3) hanya menerima sebagian gaya transfer lateral, menghasilkan nilai *tension wire* yang lebih rendah.

Hasil nilai *wire tension* yang dihasilkan pada konfigurasi dari 6 *mooring* pada heading 90° tidak melebihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS yaitu 1445,090 kN. Hasil nilai *tension wire* yang tidak melebihi *maximum allowed tension* ini mengindasikan bahwa konfigurasi ini memiliki potensi kegagalan system yang lebih rendah walaupun pendistribusian beban sedikit tidak merata seperti pada heading 0° .



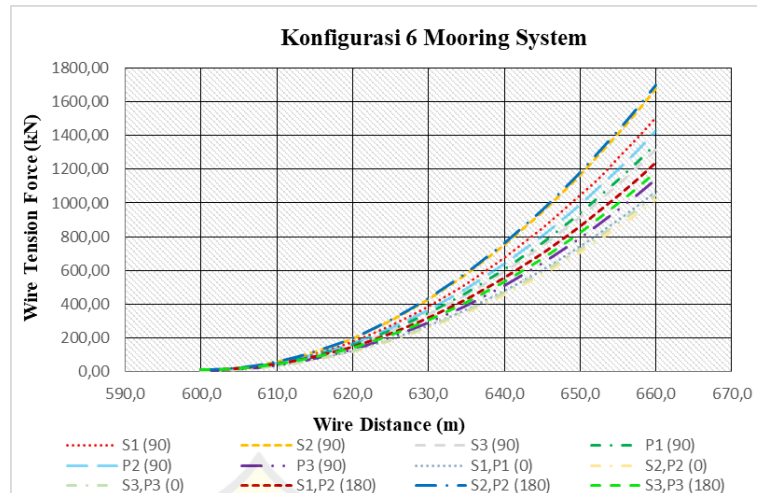
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 34 Hasil Analisa *Tension Mooring* 180° Pada 6 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.34 mengenai hasil analisa *tension mooring wire* pada heading 180° dengan konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada grafik heading 180° tidak seperti pada hasil pada grafik sebelumnya yaitu heading 90°, hasil grafik menunjukkan nilai *tension* mengalami peningkatan dan berbanding terbalik dengan kondisi heading 0°. Perbedaan ini terjadi karena pada bagian belakang kapal tidak ada penambahan *mooring wire* seperti pada bagian depan sehingga distribusi *tension* menjadi berbeda dan terlihat cukup gap yang tinggi.

Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1,P1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih rendah yaitu 1239,40 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* S2,P2 yaitu 1704,30 kN sedangkan untuk S3,P3 menghasilkan nilai *tension* sebesar 1187,57 kN.

Hasil nilai *wire tension* yang dihasilkan pada konfigurasi dari 6 *mooring* tidak melebihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS dimana *maximum tension* yang diperbolehkan 1445,090 kN. Hasil nilai *tension wire* yang tidak melebihi *maximum allowed tension* ini mengindasikan bahwa konfigurasi ini memiliki tingkat potensi kegagalan system yang lebih rendah walaupun terdapat ketidak merataan distribusi beban.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 35 Hasil Analisa Tension Wire 6 Mooring System

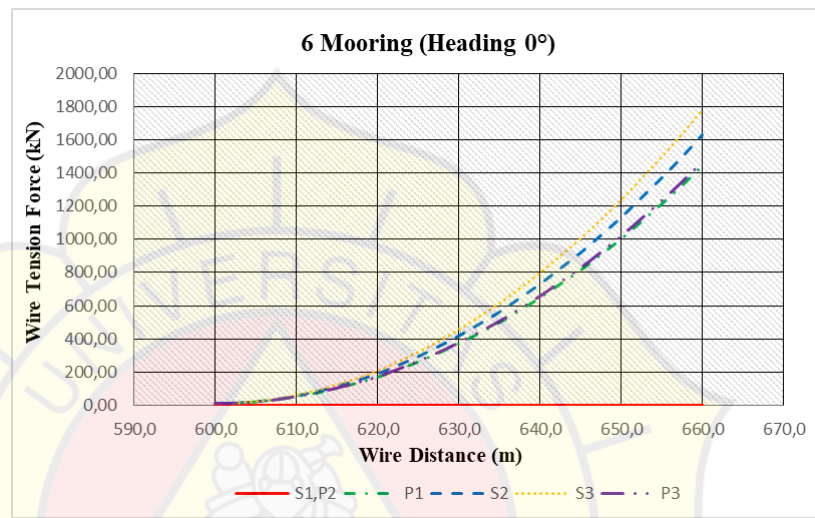
Berdasarkan gambar 5.35 mengenai hasil analisa kondisi ULS *tension wire* pada konfigurasi 6 *mooring system* didapatkan hasil bahwa S2 (90°) dan S2,P2 (180°) menampilkan nilai tegangan paling tinggi, mencapai 1704,30 kN pada *wire distance* 660 m. Hal ini menunjukkan bahwa arah gelombang dari samping dan belakang menghasilkan beban tarik tertinggi pada *mooring wire*.

Pada heading 0° (Bow) yaity S3,P3 menunjukkan tegangan relatif lebih rendah, dengan rentang tension yang relatif lebih kecil 1000 –1100 kN. Distribusi beban lebih merata pada konfigurasi ini, menunjukkan sistem lebih stabil terhadap gelombang *frontal*. Heading 0° (bow sea) menunjukkan distribusi tension paling merata dan stabil antar *wire*.

Heading 90° (*beam sea*) menimbulkan ketidakseimbangan distribusi beban paling tinggi. Beberapa *mooring wire* seperti S2 (90°) bekerja jauh lebih berat dibanding yang lain seperti P1 (90°). Heading 180° (*stern sea*) juga menunjukkan beban tinggi terutama pada bagian belakang (S2/P2), namun tidak se-ekstrim heading 90°. Konfigurasi 6 *mooring line* paling efektif menangani gelombang dari depan (0°) karena distribusi beban yang lebih seimbang.

➤ Kondisi Accidental limited state (ALS)

Kondisi ALS merupakan kondisi dimana *system mooring* diatas kapal berada pada terjadi kerusakan pada analisa kondisi ALS, konfigurasi 6 *mooring* akan diasumsikan mengalami kerusakan yaitu 2 *mooring wire* putus yaitu pada *mooring wire* S1,P2. Berikut merupakan hasil analisa dari *tension wire* dengan konfigurasi 6 *mooring* pada heading 0°, 90°, 180°:



Sumber : Gambar Pribadi

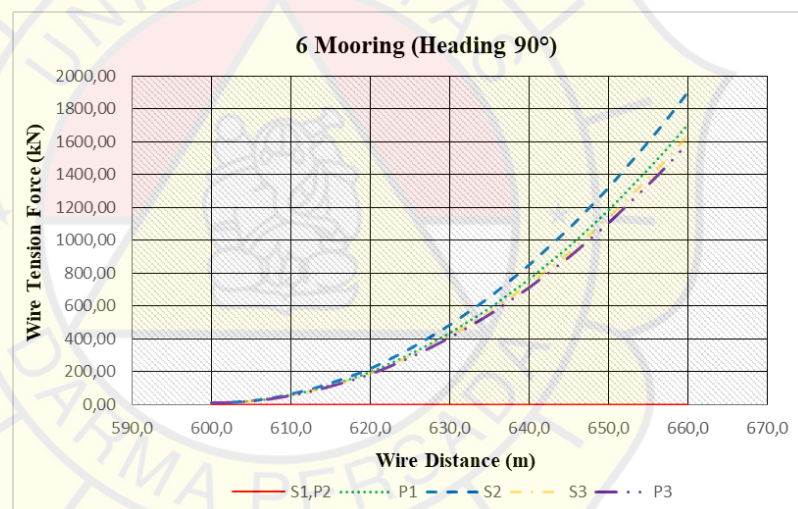
Gambar 5. 36 Hasil Analisa Tension Mooring Kondisi ALS Pada Heading 0°

Berdasarkan gambar 5.36 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 0° dengan konfigurasi 6 *mooring* didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan yang pada *tension mooring wire* bagian-bagian depan jika dibandingkan dengan kondisi ULS dengan konfigurasi yang sama. Peningkatan paling signifikan terjadi pada wire S3. Kondisi peningkatan ini disebabkan oleh terjadi pendistribusian beban yang tidak merata akibat adanya *mooring wire* yang putus (S1) sehingga terjadi overload pada *mooring wire* pada posisi depan (*Bow*) dalam menghadapi beban eksternal pada heading beban 0°.

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* P1 yang terjadi menunjukkan nilai 1444,20 kN, nilai ini mengalami peningkatan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS yaitu pada 1067,30 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring*

wire juga terjadi pada *mooring wire* lainnya seperti pada S2 dengan nilai 1628,53 kN, *wire* S3 dengan tension tertinggi yaitu 1779,85 kN dan P3 dengan nilai 1467,27 kN nilai tension yang dihasilkan rata memiliki kenaikan dibandingkan nilai tension yang dihasilkan dengan kondisi ULS

Hasil analisa ini juga menunjukkan bahwa pada kondisi ALS *mooring wire* tidak melebihi batas *maximum allowed tension* pada kondisi ALS yaitu 1944,00 kN bahkan pada panjang wire 650 m sesuai dengan kondisi lingkungan kapal sebenarnya tension masih dalam kategori dibawah nilai *maximum*. Hal ini menunjukkan bahwa *mooring system* memiliki resiko yang kecil untuk terjadinya kegagalan system walaupun dalam menghadapi kondisi ekstrem (ALS).



Sumber : Gambar Pribadi

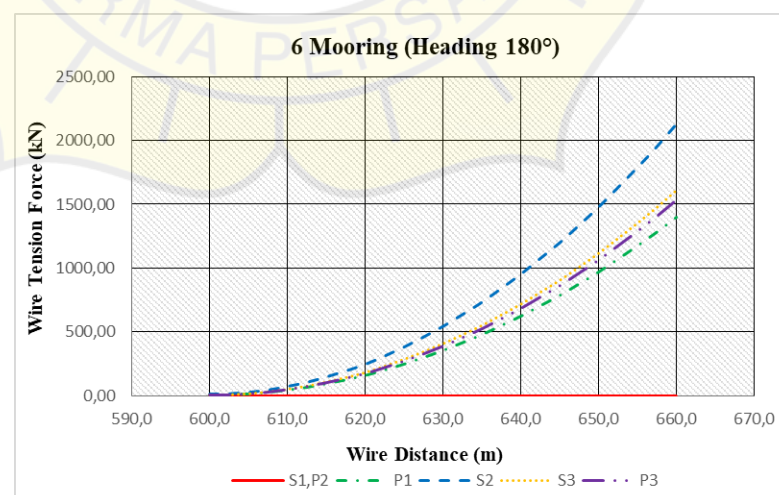
Gambar 5. 37 Hasil Analisa Tension Mooring Kondisi ALS Pada Heading 90°

Berdasarkan gambar 5.37 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 90° didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai tension pada kondisi ALS, kondisi peningkatan ini juga terjadi pada kondisi sebelumnya (heading 0°). Perbedaan yang terlihat pada kondisi heading 90° adalah gelombang dari arah samping (heading 90°) menghasilkan *tension mooring wire* yang lebih besar dibandingkan gelombang dari arah depan (heading 0°) walaupun kenaikan yang terjadi pada

kondisi ini tidak terlalu signifikan. Pada kondisi heading 90°, perbedaan dengan kondisi heading 0° yaitu walaupun kehilangan satu tali di depan, beban lateral (samping) masih dapat diseimbangkan dengan baik sehingga tegangan meningkat pada sisi kanan dan kiri.

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* P1 yang terjadi menunjukkan nilai 1704,08 kN, nilai ini mengalami peningkatan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS yaitu pada 1067,30 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring wire* lainnya seperti pada S2 dengan *tension* tertinggi yaitu nilai 1901,48 kN, *wire* S3 dengan nilai *tension* 1637,22 kN dan P3 dengan nilai 1591,89 kN nilai *tension* yang dihasilkan rata-rata memiliki kenaikan dibandingkan nilai *tension* yang dihasilkan dengan kondisi ULS

Hasil analisa ini juga menunjukkan bahwa pada kondisi ALS *mooring wire* tidak melebihi batas *maximum allowed tension* pada kondisi ALS yaitu 1944,00 kN. Pada jarak *wire* 650 m nilai *tension* masih menunjukkan nilai dibawah *maximum allowed*. Hal ini menunjukkan bahwa dengan konfigurasi ini *mooring system* memiliki resiko yang kecil untuk terjadinya kegagalan system walaupun dalam menghadapi kondisi ekstrem (ALS).



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 38 Hasil Analisa Tension Mooring Kondisi ALS Pada Heading 180°

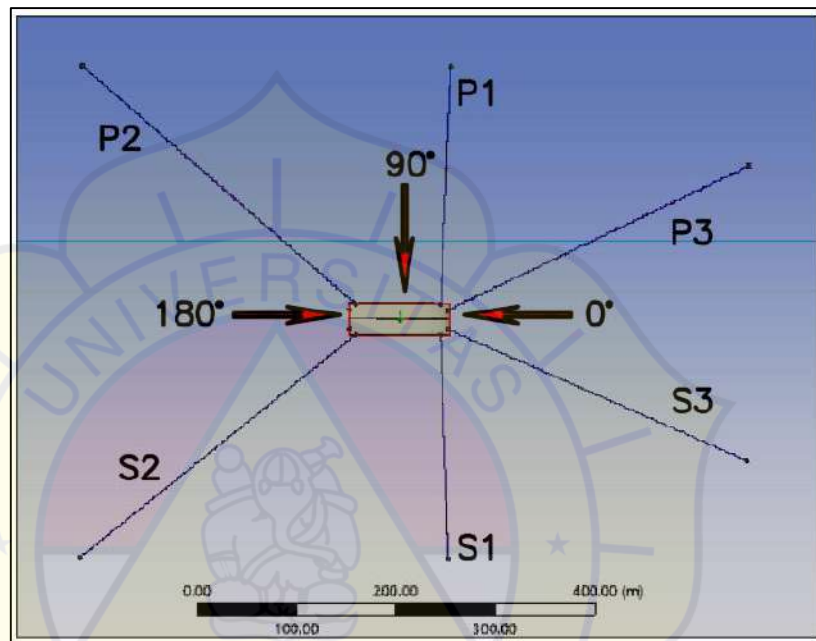
Berdasarkan gambar 5.38 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 180° didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai *tension mooring wire* pada kondisi ALS, kondisi peningkatan ini juga terjadi pada kondisi sebelumnya (heading 0° dan heading 90°). Peningkatan yang terjadi lebih tinggi jika dibandingkan pada 2 kondisi sebelumnya (heading 0° dan heading 90°) dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi saat tidak terjadi kerusakan pada *mooring wire* (ULS). Nilai ini menunjukkan bahwa pada arah gelombang dari belakang (heading 180°) menghasilkan distribusi gaya yang tidak merata dengan kondisi satu *mooring* putus.

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* P1 yang terjadi menunjukkan nilai 1401,59 kN, nilai ini mengalami peningkatan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS yaitu pada 1067,30 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring wire* lainnya seperti pada S2 dengan *tension* tertinggi yaitu nilai 2124,86 kN, *wire* S3 dengan nilai *tension* 1610,70 kN dan P3 dengan nilai 1535,16 kN nilai *tension* yang dihasilkan rata memiliki kenaikan dibandingkan nilai *tension* yang dihasilkan dengan kondisi ULS

Berdasarkan ketiga kondisi arah datang gelombang (heading $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$) didapatkan hasil bahwa pada konfigurasi 6 *mooring system* dapat dijadikan sebagai rekomendasi dalam penerapan diatas kapal hal ini dikarenakan pada kondisi ULS kapal menghasilkan *tension* yang cukup rendah dibandingkan dengan konfigurasi 4 *mooring system* bahkan ada konfigurasi ini juga didapatkan hasil bahwa dalam menghadapi kondisi terburuk *wire* menghasilkan nilai *tension* yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan kondisi ULS. Distribusi beban juga terdapat perbaikan apabila dibandingkan dengan konfigurasi sebelumnya, hal ini dibuktikan pada kondisi heading 0° tiap *mooring wire* menghasilkan nilai *tension* yang tidak terlalu jauh.

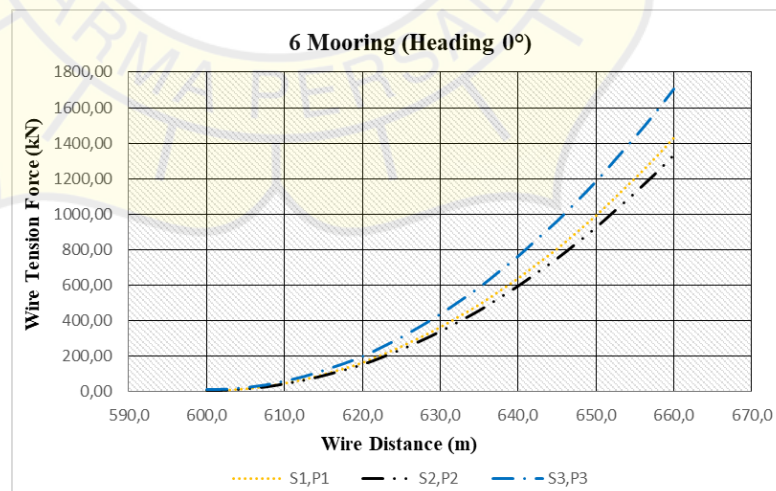
➤ Kondisi Perubahan Sudut Pada Konfigurasi 6 *Mooring*

Kondisi perbedaan sudut *mooring system* diatas barge akan memberikan hasil analisa mengenai *tension wire* yang berbeda serta memberikan pertimbangan lainnya untuk menghasilkan rekomendasi konfigurasi yang sesuai. Pada analisa perbedaan sudut ini posisi mooring wire S1 dan P1 akan dirubah menjadi 90° dari *centreline* kapal dengan kondisi ULS



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 39 Perubahan Posisi Sudut *Mooring* Pada Konfigurasi 6 *Mooring System*



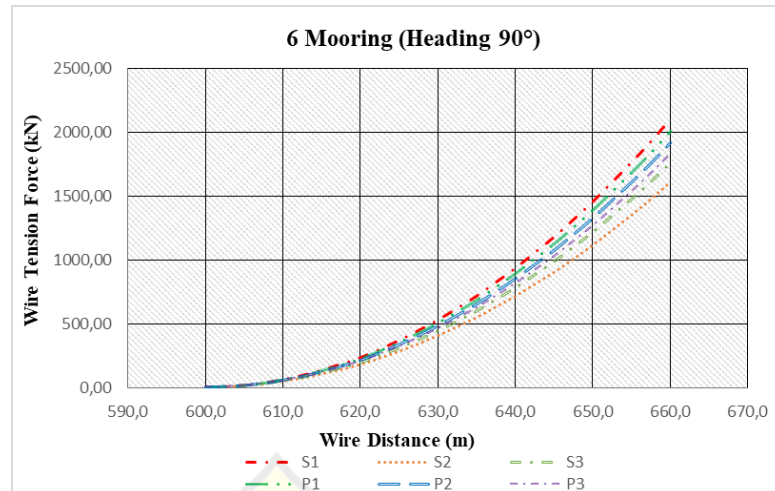
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 40 Hasil Tension Wire heading 0 ° dengan perubahan sudut *mooring*

Berdasarkan gambar 5.40 mengenai hasil analisa *tension wire* pada heading 0° dengan perubahan sudut pada konfigurasi 6 *mooring* didapatkan hasil bahwa dengan perubahan sudut yang lebih besar pada wire S1,P1 menjadi 90° dari titik *centreline* kapal *tension* pada wire menjadi lebih besar dan cenderung meningkat jika dibandingkan dengan sudut 60° pada sudut yang lebih besar pendistribusian beban antar wire menjadi tidak merata hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh sudut yang lebih besar memberikan dampak yang signifikan pada wire dalam menghadapi gelombang dengan arah dari depan (Bow)

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* S1,P1 yang terjadi menunjukkan nilai 1429,05kN, nilai *tension* ini mengalami peningkatan yang jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS yaitu pada 1067,30 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring wire* lainnya seperti pada S2,P2 dengan nilai 1334,91 kN, *wire* S3,P3 dengan nilai 1705,81 kN nilai *tension* yang dihasilkan S3,P3 menjadi wire dengan nilai kenaikan yang tinggi, hal ini disebabkan karena wire S3,P3 menanggung beban yang tidak merata akibat berbubahnya sudut dari S1,P1. Kondisi perubahan ini memiliki potensi yang membahayakan apabila terjadi *mooring wire* yang putus karena pada kondisi wire sudah memiliki pendistribusian beban yang tidak merata pada setiap wiranya.

Sudut *mooring wire* yang lebih kecil dan tidak terlalu berjauhan antar *wire* akan berdampak pada pendistribusian beban yang merata sehingga *wire* menghasilkan *tension* yang lebih rendah hal ini dapat dilihat pada gambar 5.32 dengan konfigurasi yang sama yaitu 6 *mooring tension* yang dihasilkan lebih merata secara pendistribusian beban dan *tension* yang hasilkan berkisar antara 1000 kN – 1050 kN pada *wire distance* terpanjang 660 m. Berdasarkan kedua hasil analisa tersebut gambar 5.32 dan 5.40 dapat disimpul bahwa perubahan tidak dapat di rekomendasikan.



Sumber : Gambar Pribadi

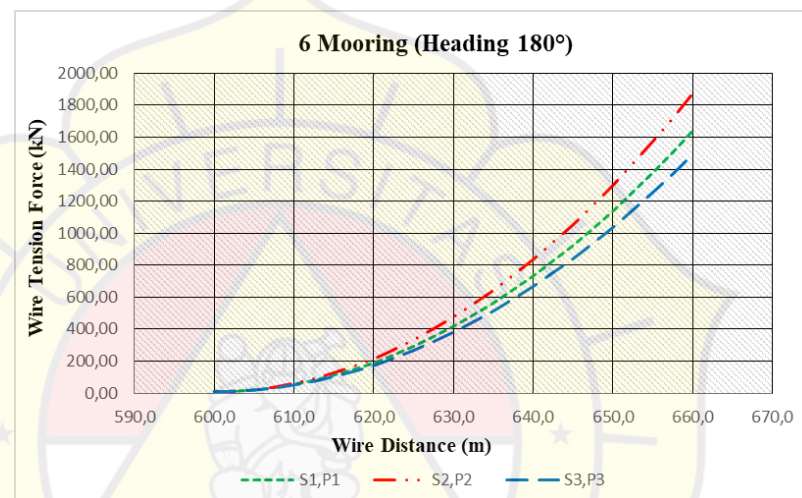
Gambar 5. 41 Hasil Tension Wire heading 90 ° dengan perubahan sudut *mooring*

Berdasarkan gambar 5.41 mengenai hasil analisa *tension wire* pada heading 90° dengan perubahan sudut pada konfigurasi 6 *mooring* didapatkan hasil bahwa dengan perubahan sudut yang lebih besar pada wire S1,P1 menjadi 90 ° dari titik *centreline* kapal menjadikan tension pada wire menjadi lebih besar dan cenderung meningkat jika dibandingkan dengan sudut 60° pada sudut yang lebih besar pendistribusian beban antar wire menjadi tidak merata hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh sudut yang lebih besar juga memberikan dampak yang signifikan pada wire dalam menghadapi gelombang dengan arah dari samping (*Beam Seas*)

Pada perubahan sudut mooring pada heading 90°, *mooring wire* S1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih tinggi yaitu 2102,43 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* P1 yaitu 2004,07 kN sedangkan untuk S2 memiliki nilai tension yaitu 1609,11 kN. Nilai tension pada P2 menghasilkan nilai tension sebesar 1917,55 kN, perbedaan nilai tension juga terjadi pada mooring wire S3 dengan nilai 1758,91 kN dan P3 dengan nilai tension 1830,31 kN. Berdasarkan hasil nilai yang dihasil terjadi kenaikan jika dibandingkan dengan heading 90° pada sebelum perubahan sudut mooring. Hal ini dikarenakan wire S1 menjadi wire yang menahan beban paling

tinggi khususnya pada arah gelombang dari samping. Ketidakteraturan dari distribusi beban juga menjadi masalah utama yang dihadapi pada perubahan sudut mooring ini seperti pada arah gelombang sebelumnya yaitu heading 0°

Hasil *tension* juga membuktikan bahwa perubahan sudut yang lebih besar ($> 60^\circ$) menghasilkan *tension* yang cukup tinggi dan beresiko apabila sampai terjadi kondisi ekstrem yaitu ALS sehingga perubahan ini juga tidak direkomendasikan untuk menghadapi gelombang dengan arah heading 90°



Sumber : Gambar Pribadi

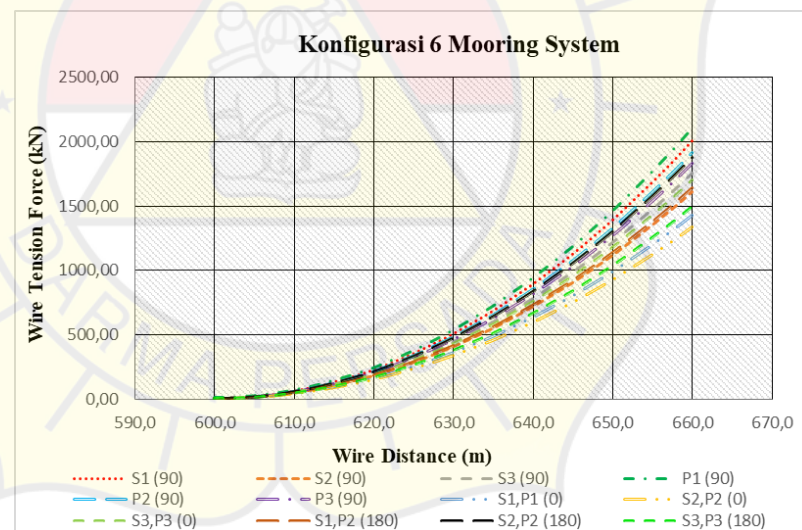
Gambar 5. 42 Hasil *Tension Wire* heading 180° dengan perubahan sudut *mooring*

Berdasarkan gambar 5.41 mengenai hasil analisa *tension wire* pada heading 180° dengan perubahan sudut pada konfigurasi *6 mooring* didapatkan hasil bahwa dengan perubahan sudut yang lebih besar pada wire S1,PI menjadi 90° dari titik *centreline* kapal juga berpengaruh pada setiap arah heading kapal tanpa terkecuali hal ini mengindikasikan bahwa pengaruh sudut yang lebih besar juga memberikan dampak yang sangat signifikan pada setiap *wire* dalam menghadapi gelombang dengan arah dari belakang kapal (*Stern*)

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* S1,PI yang terjadi menunjukkan nilai 1429,05kN, nilai *tension* ini mengalami peningkatan yang jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS

yaitu pada 1643,11 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring wire* lainnya seperti pada S2,P2 dengan nilai 1873,52 kN, *wire* S3,P3 dengan nilai 1493,61 kN nilai *tension* yang dihasilkan S2,P2 menjadi *wire* dengan nilai kenaikan yang tinggi, hal ini disebabkan karena *wire* S2,P2 menanggung beban yang tidak merata akibat berubahnya sudut dari S1,P1. Kondisi perubahan ini memiliki potensi yang membahayakan apabila terjadi *mooring wire* yang putus karena pada kondisi *wire* sudah memiliki pendistribusian beban yang tidak merata pada setiap *wire*nya.

Hasil *Tension* juga membuktikan bahwa perubahan sudut yang lebih besar ($> 60^\circ$) menghasilkan *tension* yang cukup tinggi dan beresiko apabila sampai terjadi kondisi ekstrem yaitu ALS sehingga perubahan ini juga tidak direkomendasikan untuk menghadapi gelombang dengan arah heading 180°



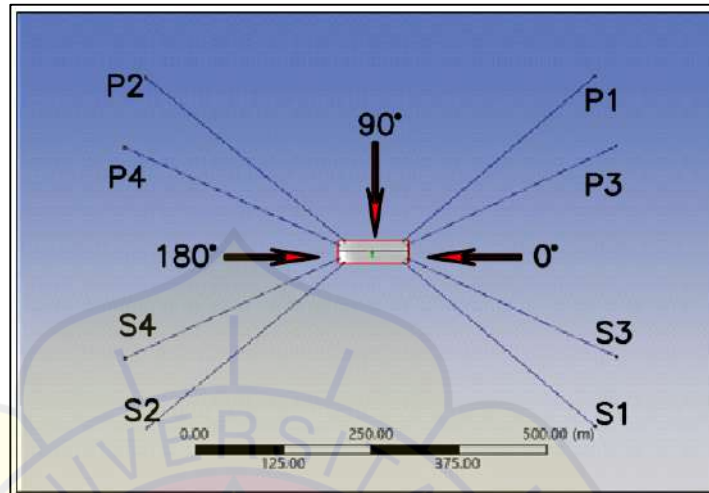
Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 43 Hasil Analisa *Tension Wire* Pada Perubahan Sudut

Berdasarkan penjelasan diatas serta hasil analisa pada gambar 5.43 didapatkan hasil bahwa perubahan sudut pada *mooring wire* dengan sudut lebih dari 60° dari *centreline* kapal tidak direkomendasikan untuk *mooring system*. Hal ini karena perubahan sudut memberikan hasil pendistribusian beban yang tidak merata pada setiap *mooring wire*nya.

3. Analisa *Tension Wire* pada Konfigurasi 8 *mooring system*

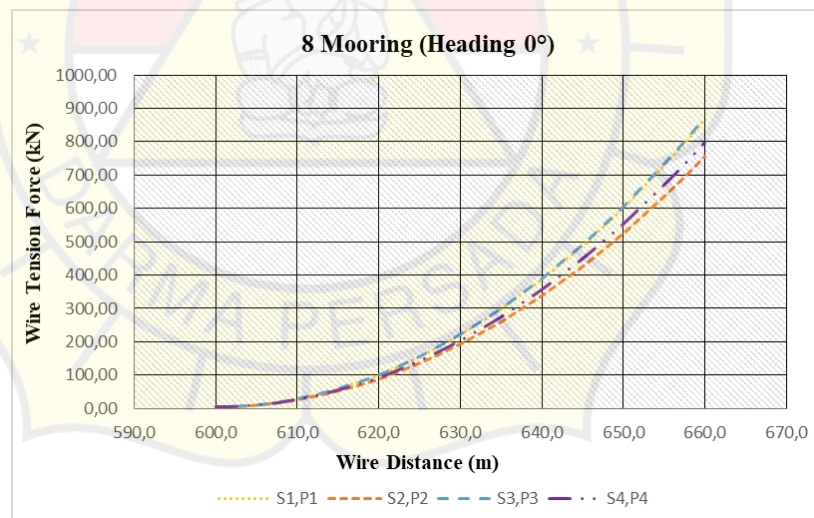
Pada analisa *tension mooring wire* untuk konfigurasi 8 *mooring system* menggunakan acuan pada gambar dibawah ini untuk mengklasifikasikan posisi *mooring wire*.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 44 Posisi *Mooring wire* pada konfigurasi 8 *Mooring system*

➤ Kondisi *Ultimate Limited State* (ULS)



Sumber : Gambar Pribadi

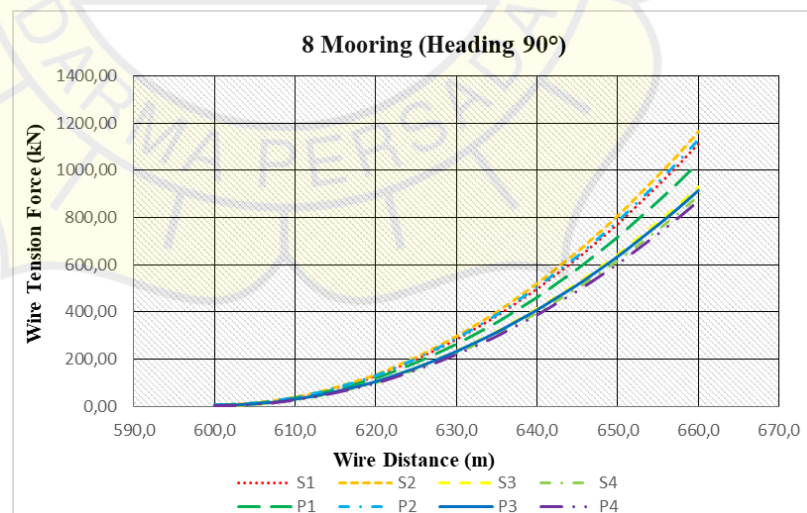
Gambar 5. 45 Hasil Analisa Tension Mooring 0° Pada 8 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.45 mengenai hasil analisa *tension mooring wire* pada heading 0° dengan menggunakan konfigurasi 8 *mooring system* didapatkan hasil bahwa. Pada konfigurasi ini terjadi perubahan dalam pedistribusian beban yang lebih baik jika dibandingkan dengan konfigurasi 6 *mooring*,hal ini ditujukan

dengan nilai *wire tension* yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil 6 *mooring*. Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1,P1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih tinggi yaitu 867,79 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* S2,P2 yaitu 755,45 kN, S3,P3 menghasilkan nilai *tension* sebesar 871,793 kN sedangkan S4,P4 menghasilkan nilai *tension* sebesar 799,27 kN.

Berdasarkan hasil nilai yang dihasilkan terjadi perbaikan berupa penurunan nilai *tension* yang signifikan dibandingkan dengan 6 *mooring* hal ini mengindikasikan bahwa penambahan 2 *mooring wire* pada sisi depan dan belakang (S3,P3 & S4,P4) menjadikan kapal lebih stabil dalam menghadapi arah gelombang yang datang dari depan sehingga distribusi beban lebih merata.

Hasil nilai *wire tension* yang dihasilkan pada konfigurasi dari 8 *mooring* tidak melebihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS dimana *maximum tension* yang diperbolehkan 1445,090 kN. Hasil nilai *tension wire* yang tidak melebihi *maximum allowed tension* ini mengindasikan bahwa konfigurasi ini memiliki potensi kegagalan system yang lebih rendah.



Sumber : Gambar Pribadi

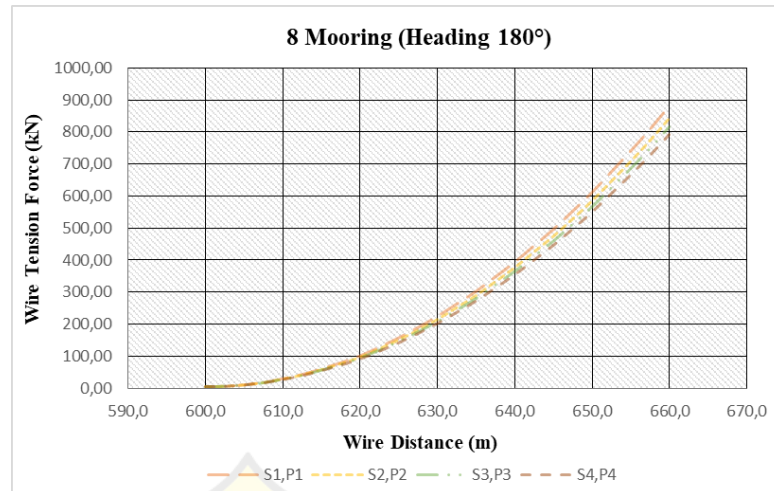
Gambar 5. 46 Hasil Analisa Tension Mooring 90° Pada 8 Mooring System

Berdasarkan gambar 5.46 mengenai hasil analisa *tension mooring wire* pada heading 90 ° dengan konfigurasi 8 *mooring*

system didapatkan hasil bahwa pada grafik heading 90 seperti pada hasil pada grafik sebelumnya yaitu heading 0°, hasil grafik menunjukkan nilai *tension* mengalami perbaikan nilai *tension* antara *wire* yang menyebabkan lebih meratanya distribusi beban yang di terima oleh masing – masing *mooring wire* nilai *tension* yang dihasilkan juga dalam kategori aman karena dibawah nilai *maximum*.

Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih tinggi yaitu 1114,29 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* P1 yaitu 1033,08 kN sedangkan untuk S2 memiliki nilai *tension* tertinggi diantara *mooring wire* yang lain yaitu 1164,91 kN. Nilai *tension* pada P2 menghasilkan nilai *tension* sebesar 1130,16 kN, perbedaan nilai *tension* juga terjadi pada *mooring wire* S3 dengan nilai 928,91 kN dan P3 dengan nilai *tension* 914,78kN sedangkan S4 dengan nilai 890,68 kN dan P4 dengan nilai 870,28 kN. Berdasarkan hasil nilai yang dihasil terjadi kenaikan jika dibandingkan dengan heading 0°. Hal ini dikarenakan Line yang sejajar arah datangnya gelombang (S2, S1, P2) menerima gaya lateral lebih besar, sehingga mengalami *tension* sedikit lebih tinggi sedangkan *wire* yang tegak lurus atau menyilang arah gelombang (S3,P3 & S4,P4) hanya menerima sebagian gaya transfer lateral, menghasilkan nilai *tension wire* yang lebih rendah.

Hasil nilai *wire tension* yang dihasilkan pada konfigurasi dari 8 *mooring* pada heading 90 ° tidak melebihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS. Hasil nilai *tension wire* yang tidak melebihi *maximum allowed tension* ini mengindasikan bahwa konfigurasi ini memiliki potensi kegagalan *system* yang rendah sehingga dapat dijadikan sebagai rekomendasi.



Sumber : Gambar Pribadi

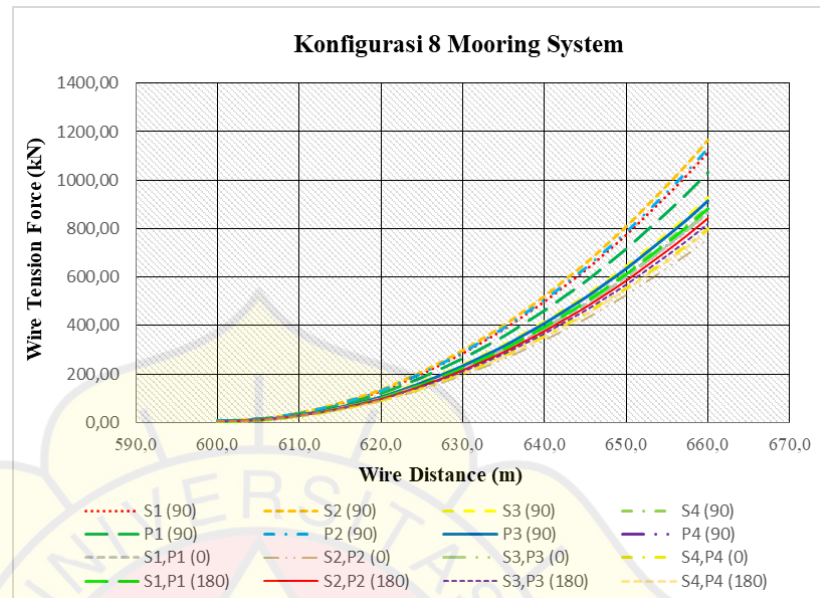
Gambar 5. 47 Hasil Analisa *Tension Mooring* 180° Pada 8 *Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.47 mengenai hasil analisa *tension mooring wire* pada heading 180° dengan konfigurasi 8 *mooring system* didapatkan hasil bahwa pada grafik heading 180° tidak seperti pada hasil pada grafik sebelumnya yaitu heading 90°, hasil grafik menunjukkan nilai *tension* mengalami sedikit peningkatan namun cenderung sama dengan arah heading 0°. Persamaan ini terjadi karena pada bagian belakang kapal terdapat penambahan *mooring wire* seperti pada bagian depan sehingga distribusi *tension* menjadi menjadi lebih merata dan *tension* yang lebih kecil.

Pada kondisi *wire distance* yang sama, *mooring wire* S1,P1 menunjukkan hasil nilai *wire tension* yang lebih tinggi yaitu 880,86 kN dibandingkan dengan nilai yang dihasilkan oleh *mooring wire* S2,P2 yaitu 843,09 kN ,S3,P3 menghasilkan nilai *tension* sebesar 816,95 kN sedangkan S4,P4 menghasilkan nilai *tension* sebesar 791,26 kN.

Hasil nilai *wire tension* yang dihasilkan pada konfigurasi dari 8 *mooring* tidak melebihi nilai *maximum allowed tension* pada kondisi ULS dimana *maximum tension* yang diperbolehkan 1445,090 kN. Hasil nilai *tension wire* yang tidak melebihi *maximum allowed tension* ini mengindasikan bahwa konfigurasi

ini memiliki tingkat potensi kegagalan system yang lebih rendah sehingga dapat dijadikan rekomendasi sebagai konfigurasi pemasangan mooring pada kapal awb.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 48 Hasil Analisa *Tension Wire 8 Mooring System*

Berdasarkan gambar 5.48 mengenai hasil analisa kondisi ULS *tension wire* pada konfigurasi 8 *mooring system* didapatkan hasil bahwa S2 (90°) dan S2,P2 (180°) menampilkan nilai tegangan paling tinggi, mencapai 843,09 kN pada *wire distance* 660 m. Hal ini menunjukkan bahwa arah gelombang dari samping dan belakang menghasilkan beban tarik tertinggi pada *mooring wire*.

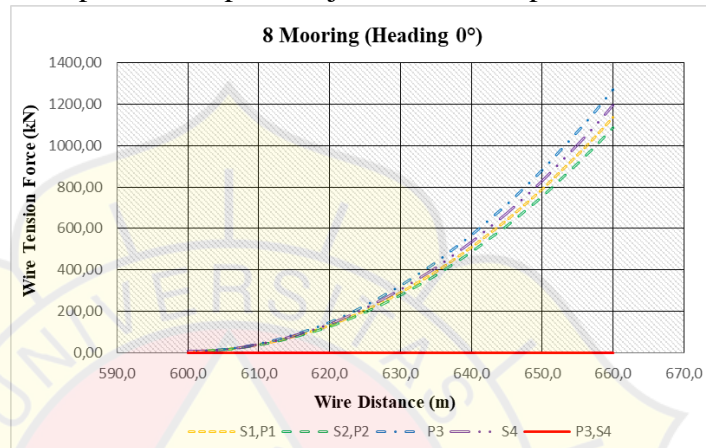
Pada heading 0° (*Bow*) yaitu S3,P3 menunjukkan tegangan relatif lebih rendah, dengan rentang tension yang relative lebih kecil 800 - 900 kN. Distribusi beban lebih merata pada konfigurasi ini, menunjukkan sistem lebih stabil terhadap gelombang *frontal*. Heading 0° (*bow sea*) menunjukkan distribusi tension paling merata dan stabil antar *wire*.

Heading 90° (*beam sea*) dapat distabilkan dengan baik dengan adanya penambahan wire pada depan dan belakang sehingga dalam menghadapi gelombang dengan arah dari

samping barge cenderung lebih stabil dibandingkan dengan kondisi sebelumnya (6 mooring). Konfigurasi 8 *mooring line* merupakan konfigurasi paling efektif menangani gelombang dari samping (90°) karena distribusi beban yang lebih seimbang.

➤ Kondisi *Accidental limited state* (ALS)

Kondisi ALS merupakan kondisi dimana *system mooring* diatas kapal berada pada terjadi kerusakan pada analisa kondisi



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 49 Hasil Analisa Tension Mooring Kondisi ALS Pada Heading 0° ALS, konfigurasi 8 *mooring* akan diasumsikan mengalami kerusakan yaitu 2 *mooring wire* putus yaitu pada *mooring wire* S3,P4. Berikut merupakan hasil analisa dari *tension wire* dengan konfigurasi 8 mooring pada heading $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$:

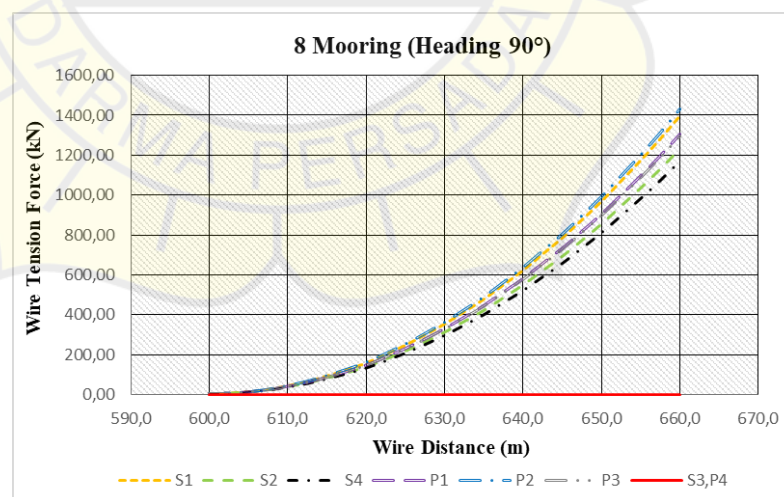
Berdasarkan gambar 5.49 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 0° dengan konfigurasi 8 *mooring* didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan yang pada *tension mooring wire* bagian-bagian depan jika dibandingkan dengan kondisi ULS dengan konfigurasi yang sama hal ini serupa dengan kondisi ALS pada konfigurasi 4 *mooring* dan 6 *mooring*. Peningkatan paling signifikan terjadi pada wire S4,P3.

Kondisi peningkatan ini disebabkan oleh terjadi pendistribusian beban yang tidak merata akibat adanya *mooring wire* yang putus (S3,P4) sehingga terjadi overload pada satu sisi *mooring wire* pada posisi depan (*Bow*) dalam menghadapi beban

eksternal pada heading beban 0° walaupun kenaikan yang terjadi tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* S1,P1 yang terjadi menunjukkan nilai 1135,67 kN, nilai ini mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS yaitu pada 867,79 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring wire* lainnya seperti pada S2,P2 dengan nilai 1088,68 kN, *wire* P3 dengan *tension* tertinggi yaitu 1270,67 kN dan S4 dengan nilai 1195,20 kN nilai *tension* yang dihasilkan rata – rata mengalami kenaikan dibandingkan nilai *tension* yang dihasilkan dengan kondisi ULS

Hasil analisa ini juga menunjukkan bahwa pada kondisi ALS *mooring wire* tidak melebihi batas *maximum allowed tension* pada kondisi ALS yaitu 1944,00 kN bahkan pada panjang *wire* 650 m sesuai dengan kondisi lingkungan kapal sebenarnya *tension* masih dalam kategori dibawah nilai *maximum*. Hal ini menunjukkan bahwa pada konfigurasi 8 *mooring mooring system* memiliki resiko yang kecil untuk terjadinya kegagalan system walaupun dalam menghadapi kondisi ekstrem (ALS).



Sumber : Gambar Pribadi

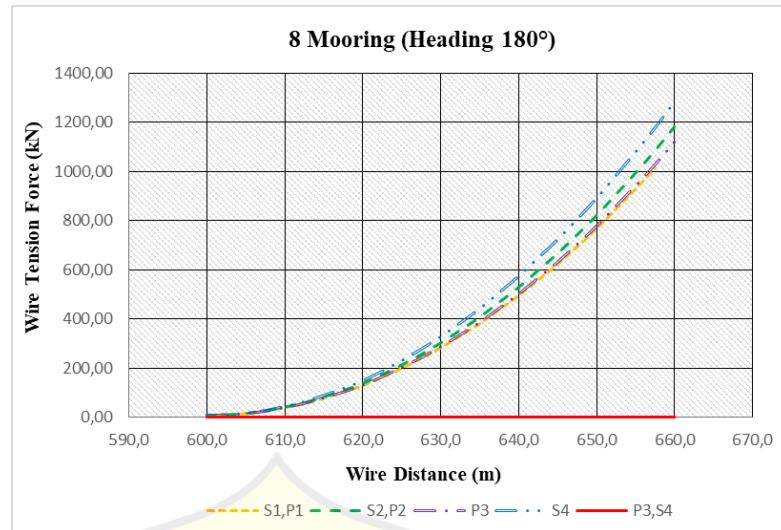
Gambar 5. 50 Hasil Analisa *Tension Mooring* Kondisi ALS Pada Heading 90°

Berdasarkan gambar 5.50 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 90° didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai *tension* pada kondisi ALS, kondisi peningkatan ini juga terjadi pada kondisi sebelumnya (heading 0°). Perbedaan yang terlihat pada kondisi heading 90° adalah gelombang dari arah samping (heading 90°) menghasilkan *tension mooring wire* yang sedikit lebih lebih besar dibandingkan gelombang dari arah depan (heading 0°) walaupun kenaikan yang terjadi pada kondisi ini tidak terlalu signifikan.

Pada kondisi heading 90° , perbedaan dengan kondisi heading 0° yaitu walaupun konfigurasi kehilangan satu *wire* di depan dan satu *wire* belakang, beban lateral (samping) masih dapat diseimbangkan dengan baik sehingga tegangan meningkat pada sisi kanan dan kiri.

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* S1 yang terjadi menunjukkan nilai 1397,25 kN, *mooring wire* P1 menunjukkan nilai *tension* yaitu 1303,31 kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring wire* lainnya seperti pada S2 dengan *tension* tertinggi yaitu nilai 1234,09 kN, sedangkan P2 menunjukkan nilai *tension* yaitu 1433,51 kN menjadi nilai *tension* tertinggi diantara *wire* lainnya. Pada *wire* P3 dengan nilai *tension* 1294,76 kN sedangkan *wire* S4 menunjukkan nilai *tension* yaitu 1169,10 kN nilai *tension* yang dihasilkan rata – rata memiliki kenaikan dibandingkan nilai *tension* yang dihasilkan dengan kondisi ULS walaupun kenaikan yang terjadi tidak terlalu jauh.

Hasil analisa ini juga menunjukkan bahwa pada kondisi ALS *mooring wire* telah melebihi batas *maximum allowed tension* pada kondisi ALS yaitu 1944,00 kN. Pada jarak *wire* 650 m nilai *tension* masih menunjukkan nilai dibawah *maximum allowed* .Hal ini menunjukkan bahwa dengan konfigurasi ini *mooring system* memiliki resiko yang kecil untuk terjadinya kegagalan system walaupun dalam menghadapi kondisi ekstrem (ALS).



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 51 Hasil Analisa Tension Mooring Kondisi ALS Pada Heading 180°

Berdasarkan gambar 5.51 mengenai hasil analisa *tension mooring* pada kondisi ALS pada heading 180° didapatkan hasil bahwa terjadi peningkatan nilai *tension mooring wire* pada kondisi ALS, kondisi peningkatan ini sama juga terjadi pada kondisi sebelumnya (heading 0° dan heading 90°). Peningkatan yang terjadi cenderung sama dan berbanding terbalik dengan konfigurasi heading 0° dan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi saat tidak terjadi kerusakan pada *mooring wire* (ULS). Nilai ini menunjukkan bahwa pada arah gelombang dari belakang (heading 180°) menghasilkan distribusi gaya yang masih cukup merata dengan kondisi 1 *mooring* putus.

Hasil kenaikan *tension* pada *mooring wire* S1,P1 yang terjadi menunjukkan nilai 1106,08 kN, nilai ini mengalami peningkatan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan pada kondisi ULS yaitu pada 880,86kN. Peningkatan nilai pada *tension mooring wire* juga terjadi pada *mooring wire* lainnya seperti pada S2,P2 dengan *tension* tertinggi yaitu nilai 1179,52 kN, sedangkan *wire* P3 dengan nilai *tension* 1119,17 kN sedangkan pad S4 dengan nilai 1283,94 kN nilai *tension* yang dihasilkan rata – rata memiliki kenaikan dibandingkan nilai *tension* yang dihasilkan dengan kondisi ULS

Berdasarkan hasil nilai tension yang didapat dari ketiga kondisi arah datang gelombang (heading $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$) didapatkan hasil bahwa pada konfigurasi 8 *mooring system* dapat dijadikan sebagai rekomendasi dalam penerapan diatas kapal hal ini dikarenakan pada kondisi ULS barge menghasilkan *tension* yang dikategorikan rendah dan pendistribusian beban yang merata seperti halnya pada konfigurasi 6 *mooring system*.

Penerapan ini lebih direkomendasikan dibandingkan dengan konfigurasi 4 *mooring system*. Pada konfigurasi ini juga didapatkan hasil bahwa dalam menghadapi kondisi terburuk (ALS) wire menghasilkan nilai tension yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan kondisi ULS. Distribusi beban juga dapat dikategorikan tetap merata pada kondisi ekstrem sekalipun apabila dibandingkan dengan konfigurasi sebelumnya, hal ini dibuktikan pada kondisi heading 0° tiap *mooring wire* menghasilkan nilai tension yang tidak terlalu jauh.

5.3.4 Analisa *Tension Mooring* Pada kondisi *Ship to Ship*

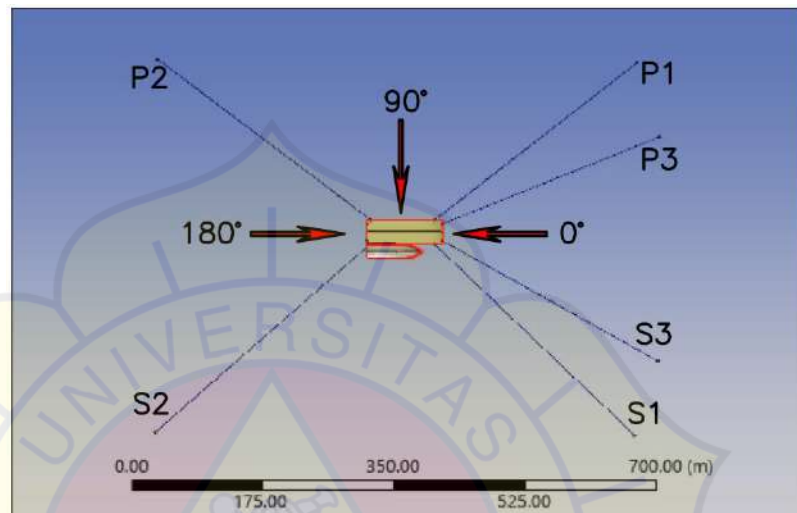
Pada analisa *tension mooring* untuk keadaan *ship to ship transfer* pada kapal *accommodation work barge* akan menggunakan konfigurasi 6 dan 8 *mooring system*. Penggunaan konfigurasi ini karena 6 & 8 *mooring system* menjadi konfigurasi yang akan digunakan pada saat kapal akan beroperasi pada wilayah kerja OSES sedangkan konfigurasi 4 *mooring system* hanya akan digunakan pada saat kapal dalam kondisi *survive/emergency*. Kondisi *ship to ship* juga hanya akan digunakan pada saat melakukan *transferring cargo* selain kegiatan tersebut kapal AHTS akan menjauhi AWB dan kembali menuju pada posisi stand by seperti pada gambar ilustrasi 5.3

Kondisi yang dijadikan pertimbangan analisa adalah pada saat kondisi ULS (*Ultimate Limited State*) dengan beban lingkungan stabil. Hal ini karena *ship to ship* hanya di diperbolehkan pada lingkungan stabil dan tidak terjadi kerusakan pada *system mooring* sesuai dengan peraturan OCIMF (*Oil Companies International Marine Forum*),ISM

Code dan ISGOTT (*International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals*).

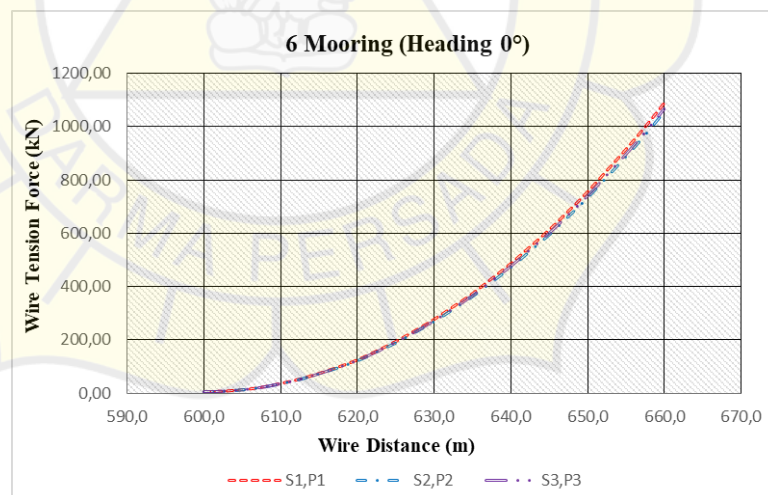
➤ Kondisi *Ship To Ship* Pada Konfigurasi 6 *Mooring System*

Pada analisa *tension mooring wire* pada kondisi *ship to ship* untuk konfigurasi 6 *mooring system* menggunakan acuan pada gambar dibawah ini untuk mengklasifikasikan posisi *mooring wire*.



Sumber : Gambar Pribadi

★ Gambar 5. 52 Posisi *Mooring Wire* kondis STS dengan 6 *Mooring System*

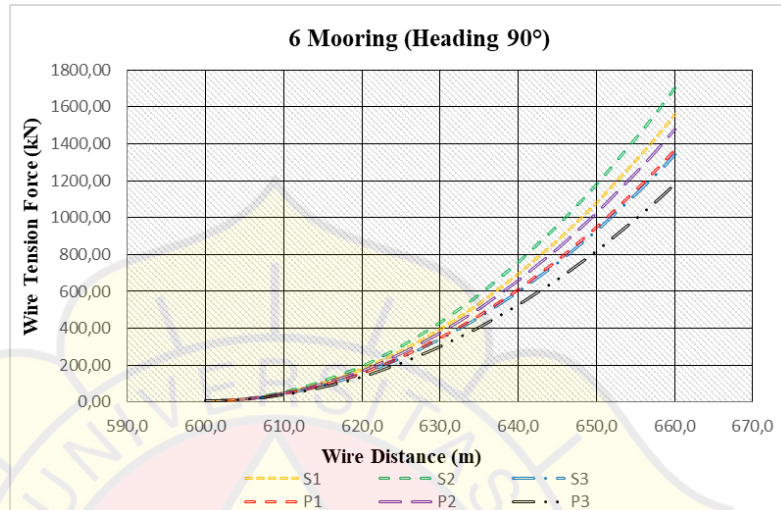


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 53 Nilai *Tension* Kondisi STS dengan *Heading 0°*

Berdasarkan gambar 5.53 mengenai hasil nilai *tension* pada kondisi STS dengan heading 0° didapatkan hasil bahwa kegiatan STS tidak memberikan dampak yang terlalu signifikan pada *mooring wire* dengan kondisi arah data gelombang dari depan (*Bow*). Hal ini

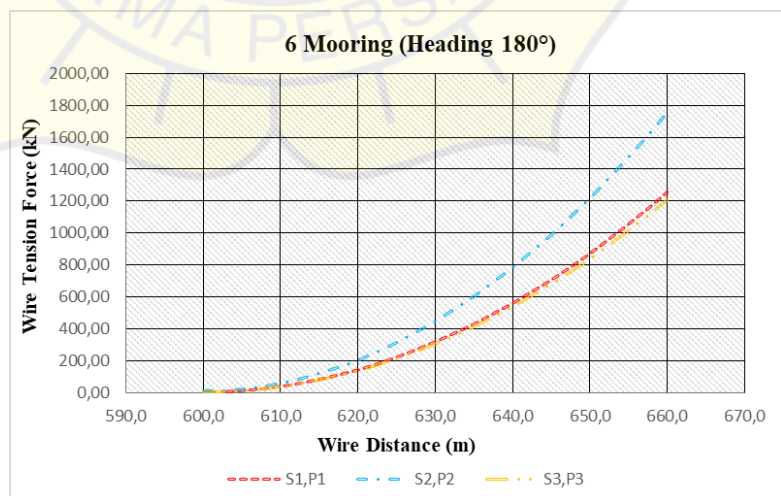
dikarenakan posisi AHTS berada pada samping kapal (SB) sesuai dengan gambar 5.52 dan cenderung tidak memberikan efek pada bagian depan kapal sehingga *tension mooring wire* menghasilkan nilai yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan kondisi pada saat kapal tanpa melakukan STS.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 54 Nilai *Tension* Kondisi STS dengan *Heading* 90°

Pada kondisi heading 90° *tension* juga mengalami kenaikan akibat kondisi STS, walaupun kenaikan yang terjadi juga serupa pada heading sebelumnya (heading 0°) yaitu tidak terlalu signifikan dan berdampak pada kapal. Kenaikan ini disebabkan oleh pada kondisi STS kapal AHTS berada pada samping kapal.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 55 Nilai *Tension* Kondisi STS dengan *Heading* 180°

Pada kondisi heading 180° nilai *tension wire* yang terjadi memiliki kondisi yang serupa dan cenderung hanya berbanding terbalik dengan kondisi heading 0°. Pada heading 180° Kondisi perbedaan ini dapat dilihat pada tabel 5.6 mengenai hasil perbandingan nilai tension pada konfigurasi 6 mooring system dalam kondisi STS. Nilai perbandingan yang disajikan pada tabel ini didasarkan pada nilai *tension* yang terjadi pada *wire distance maximum* dari *system* yaitu 660 m.

Berdasarkan hasil data pada tabel 5.6 didapatkan hasil bahwa kenaikan yang terjadi pada setiap *mooring wire* tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan kondisi tanpa STS. Nilai tension tertinggi yang didapatkan tetap pada posisi gelombang arah dari samping (*Beam Seas*)/Heading 90° dengan nilai 1755,076 kN dan pada kondisi tanpa melakukan STS 1704,302 kN.

Hal ini dapat terjadi karena pada bagaian belakang (*stern*) kapal baik pada kondisi saat STS maupun tidak melakukan STS *mooring wire* yang terpasang hanya 2 sehingga beban hanya terdistribusi pada 2 *wire* saja sedangkan pada bagian depan (*Bow*) mempunyai 4 *mooring wire* sehingga menyebabkan pedistribusian beban juga dapat terbagi lebih merata yang menghasilkan nilai tension yang lebih rendah.

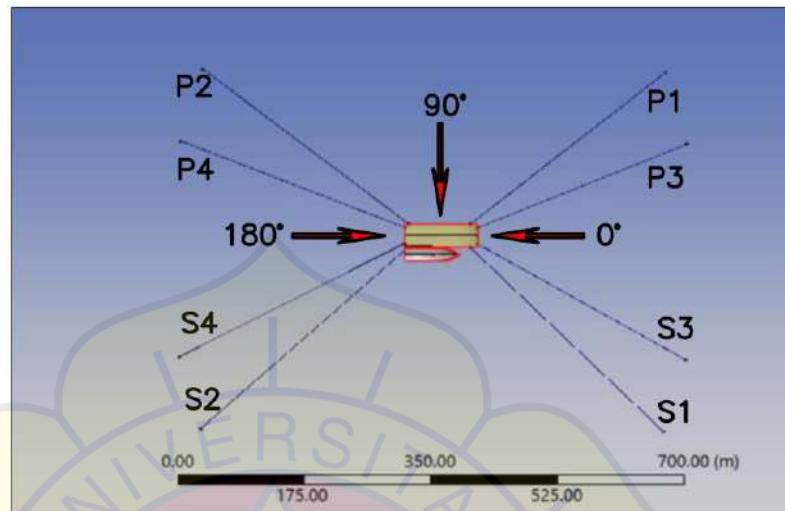
Tabel 5. 6 Hasil Perbandingan Nilai Tension 6 Mooring System Pada Kondisi STS

Perbandingan Nilai Tension Mooring Wire 6 Mooring System (kN)						
Heading (Deg)	Kondisi Tanpa STS					
	S1	P1	S2	P2	S3	P3
0	1067,304	1067,304	1020,829	1020,829	1048,191	1048,191
90	1507,431	1353,772	1680,883	1428,785	1319,021	1140,885
180	1239,943	1239,943	1704,302	1704,302	1187,572	1187,572
Tension Max	1507,431	1353,772	1704,302	1704,302	1187,572	1187,572
Heading (Deg)	Kondisi Saat STS					
	S1	P1	S2	P2	S3	P3
0	1086,190	1086,190	1055,368	1055,368	1066,473	1066,473
90	1561,691	1369,057	1700,852	1477,305	1342,540	1180,260
180	1255,805	1255,805	1755,076	1755,076	1208,725	1208,725
Tension Max	1561,691	1369,057	1755,076	1755,076	1342,540	1208,725

Sumber : Gambar pribadi

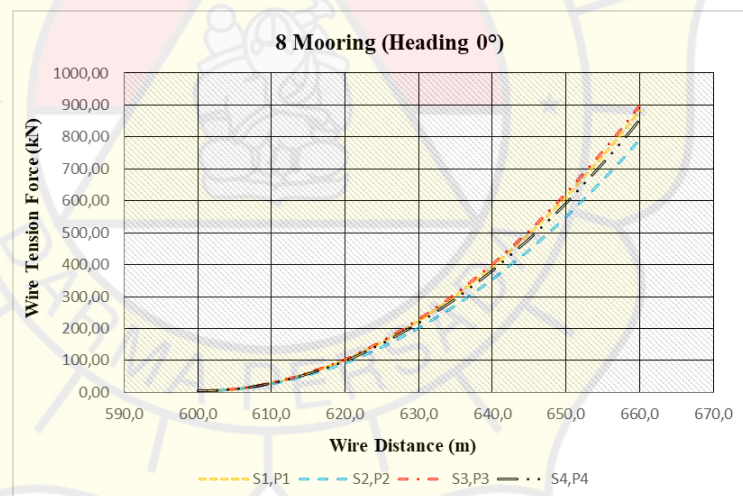
➤ Kondisi *Ship To Ship* Pada Konfigurasi 8 *Mooring System*

Pada analisa *tension mooring wire* pada kondisi *ship to ship* untuk konfigurasi 8 *mooring system* menggunakan acuan pada gambar dibawah ini untuk mengklasifikasikan posisi *mooring wire*.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 56 Posisi *Mooring Wire* kondis STS dengan 8 *Mooring System*

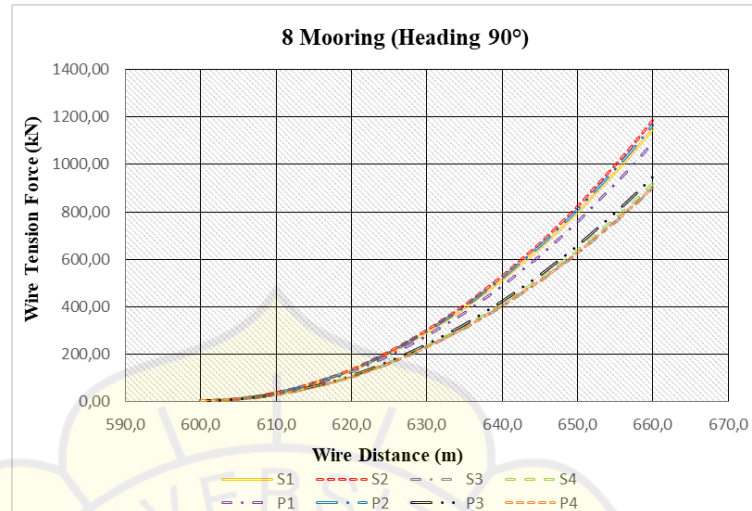


Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 57 Nilai Tension Kondisi STS 8 Mooring pada *heading 0°*

Berdasarkan gambar 5.57 mengenai hasil nilai *tension* pada kondisi STS dengan heading 0° didapatkan hasil bahwa kegiatan STS juga tidak memberikan dampak yang terlalu signifikan pada *mooring wire* dengan kondisi arah data gelombang dari depan (*Bow*). Hal ini dikarenakan posisi AHTS berada pada samping kapal (*SB*) sesuai dengan gambar 5.56 dan cenderung tidak memberikan

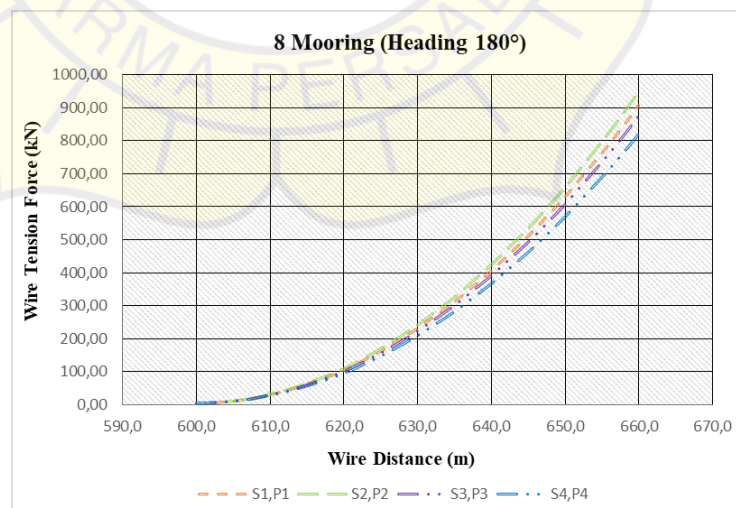
efek pada bagian depan kapal sehingga *tension mooring wire* menghasilkan nilai yang sedikit lebih besar karena terdapat beban tambahan bagian belakang yaitu AHTS



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 58 Nilai *Tension* Kondisi STS 8 Mooring pada *heading* 90°

Pada kondisi *heading* 90° *tension* dengan konfigurasi 8 mooring system juga mengalami kenaikan akibat kondisi STS, walaupun kenaikan yang terjadi juga serupa pada *heading* sebelumnya (*heading* 0°) yaitu tidak terlalu signifikan dan berdampak pada kapal. Kenaikan ini disebabkan oleh pada kondisi STS kapal AHTS berada pada samping kapal.



Sumber : Gambar Pribadi

Gambar 5. 59 Nilai *Tension* Kondisi STS 8 Mooring pada *heading* 180°

Pada kondisi heading 180° nilai *tension wire* yang terjadi memiliki kondisi yang serupa dan cenderung hanya berbanding terbalik dengan kondisi heading 0° . Pada heading 180° Kondisi perbedaan ini dapat dilihat pada tabel 5.7 mengenai hasil perbandingan nilai tension pada konfigurasi 8 mooring system dalam kondisi STS. Nilai perbandingan yang disajikan pada tabel ini didasarkan pada nilai *tension* yang terjadi pada *wire distance maximum* dari *system* yaitu 660 m.

Berdasarkan hasil data pada tabel 5.7 didapatkan hasil bahwa kenaikan yang terjadi pada setiap *mooring wire* tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan kondisi tanpa STS. Nilai tension tertinggi yang berada pada posisi gelombang arah dari samping (*Beam Seas*)/dengan heading 90° dengan nilai 1184,114 kN dan pada kondisi tanpa melakukan STS 1164,909 kN.

Pada konfigurasi 8 *mooring system* nilai *tension wire* yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan memakai 6 *mooring* karena pada konfigurasi ini beban yang diterima pada setiap wire lebih ringan dengan masing – masing terdapat penambahan wire bagian depan dan belakang (S3,P3 & S4,P4). Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat grafik pada 5.57 – 5.59 dimana dapat dilihat bahwa distribusi beban pada tiap wrenya lebih merata kondisi mengartikan bahwa konfigurasi ini dapat menanggung beban akibat proses STS dengan kategori tension yang aman.

Tabel 5. 7 Hasil Perbandingan Nilai *Tension* 8 *Mooring System* Pada Kondisi STS

Perbandingan Nilai <i>Tension Mooring Wire</i> 8 <i>Mooring System</i> (kN)								
Heading (Deg)	Kondisi Tanpa STS							
	S1	P1	S2	P2	S3	P3	S4	P4
0	867,789	867,789	755,453	755,453	871,793	871,793	799,269	799,269
90	1114,293	1033,082	1164,909	1130,158	928,905	914,778	890,679	870,282
180	880,858	880,858	843,086	843,086	816,947	816,947	791,261	791,261
Tension Max	1114,293	1033,082	1164,909	1130,158	928,905	914,778	890,679	870,282
Heading (Deg)	Kondisi Saat STS							
	S1	P1	S2	P2	S3	P3	S4	P4
0	883,880	883,880	793,226	793,226	898,649	898,649	855,332	855,332
90	1149,883	1089,523	1184,114	1165,474	976,611	946,393	918,365	905,423
180	907,542	907,542	948,470	948,470	876,212	876,212	820,915	820,915
Tension Max	1149,883	1089,523	1184,114	1165,474	976,611	946,393	918,365	905,423

Sumber : Perhitungan Pribadi

5.4 ANALISA PENGARUH *MOORING SYSTEM* PADA STABILITAS

Analisa pengaruh konfigurasi *mooring system* pada stabilitas dapat dianalisa berdasarkan hasil nilai perbandingan antara nilai beban lingkungan dan nilai kekakuan atau stiffnes dari *mooring line*.

5.4.1 Perhitungan Beban Gelombang , angin dan arus

Pada perhitungan beban gelombang digunakan rumus (12) pada BAB III sebagai berikut :

Dimana :

$$\rho = 1,025 \text{ kg/m}^3$$

$$C_d = 1,2$$

$$C_m = 2,2$$

$$A = 2615,084 \text{ m}^2$$

$$V = 4737,318 \text{ m}^2$$

$$u(t) = 1,429 \text{ m/s}$$

$$\frac{du}{dt} = 0,040 \text{ m/s}^2$$

Maka :

$$F(Wv) = \left(\frac{1}{2} \times 1025 \times 1,2 \times 2615,084 \times 1,429\right) + (1025 \times 2,2 \times 4737,318 \times 0,040)$$
$$= 2342495,539 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan diatas ditetapkan besar beban gelombang yang di terima kapal adalah **2342495,539 N / 2342,495 kN**

Pada perhitungan beban angin digunakan rumus (13) pada BAB III sebagai berikut :

Dimana :

$$C_d = \text{koefisien drag}$$

$$= \text{Head : 1,0 , Beam Seas : 1,3 dan From Aft : 0.8}$$

$$\rho_a = 1,29 \text{ kg/m}^3 .$$

$$A_w = \text{luas area vertical yang terkena angin (m}^2\text{)}.$$

$$= \text{Area Depan : 466,325}$$

$$= \text{Area Samping : 7438,076 m}^2$$

$$= \text{Area Belakang : 488,546}$$

$$V_w = 10,28 \text{ (m/s)}$$

Maka :

➤ Area Depan :

$$F_W = \frac{1}{2} \times 1,29 \times 10,28^2 \times 466,325 \times 1,0$$
$$= 31785,909 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan diatas ditetapkan besar beban angin arah depan yang di terima kapal adalah **31785,909 N**

➤ Area Samping :

$$F_W = \frac{1}{2} \times 1,29 \times 10,28^2 \times 7438,076 \times 1,3$$
$$= 659097,869 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan diatas ditetapkan besar beban angin arah samping yang di terima kapal adalah **659097,869 N**

➤ Area Belakang :

$$F_W = \frac{1}{2} \times 1,29 \times 10,28^2 \times 488,546 \times 0,8$$
$$= 26640,439 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan diatas ditetapkan besar beban angin arah belakang yang di terima kapal adalah **26640,439 N**

Berdasarkan perhitungan diatas maka total beban angin yang diterima kapal adalah **717524,217 N /717,524 kN**

Pada perhitungan beban arus digunakan rumus (14) pada BAB III sebagai berikut :

Dimana :

$$C_{dc} = 1,2$$

$$\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$A_w = 4737,318 \text{ m}^2$$

$$V_w = 0,49 \text{ (m/s)}$$

Maka :

$$F_C = \frac{1}{2} \times 1025 \times 0,49^2 \times 4737,318 \times 1,2$$
$$= 699519,481 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan diatas ditetapkan besar beban arus yang di terima kapal adalah **699519,481 N / 699,519 kN**

5.4.2 Perhitungan *Mooring stiffenes*

Nilai *stiffnes* dari *mooring line* sangat dibutuhkan untuk dapat memberikan momen pengembali ketika sebuah barge mendapatkan beban dari lingkungan (arus, angin, gelombang). Perhitungan nilai *stiffnes* dari *mooring line* dapat mengikuti rumus (1) pada BAB III sebagai berikut :

Dimana :

$$K = 10^5 \text{ N/m}$$

$$\Delta x = 660 \text{ (m)}.$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_{restore} &= 10^5 \text{ n/m} \times 660 \text{ m} \\ &= 10^5 \text{ n/m} \times 660 \text{ m} \\ &= 66000000 \text{ n} \\ &= 66000 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan nilai kekakuan *mooring line* untuk 1 *mooring wire* sebesar 66000 kN. Nilai *stiffnes* yang didapatkan lebih besar dibandingkan nilai beban lingkungan ,hal ini mengindikasikan bahwa *mooring system* memiliki momen pengembali yang cukup untuk melawan beban lingkungan yang diterima kapal.

Apabila nilai *stiffnes* dibawah beban lingkungan kapal maka rekomendasi yang diperlukan adalah memperpendek jarak *mooring wire* atau menambah kekuatan dari setiap *mooring wire*

➤ 4 *mooring system*

Dimana :

$$S_{total} = 4 \times 66000 \text{ kN}$$

$$F_{evr} = 3729,538 \text{ kN}$$

Maka :

$$\Delta x = \frac{3729,539}{4 \times 66000} = 0,0141 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas untuk konfigurasi 4 *mooring system* barge akan bergeser sejauh 0,0141 m untuk kembali setimbang ketika mendapat beban dari lingkungan.

➤ 6 *mooring system*

Dimana :

$$S_{total} = 4 \times 66000 \text{ kN}$$

$$F_{evr} = 3729,538 \text{ kN}$$

Maka :

$$\Delta x = \frac{3729,539}{6 \times 66000} = 0,009418 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas untuk konfigurasi 6 *mooring system* barge akan bergeser sejauh 0,009418 m untuk kembali setimbang ketika mendapat beban dari lingkungan.

➤ 8 *mooring system*

Dimana :

$$S_{total} = 4 \times 66000 \text{ kN}$$

$$F_{evr} = 3729,538 \text{ kN}$$

Maka :

$$\Delta x = \frac{3729,539}{8 \times 66000} = 0,00706 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas untuk konfigurasi 8 *mooring system* barge akan bergeser sejauh 0,00706 m untuk kembali setimbang ketika mendapat beban dari lingkungan.

5.5 ANALISA OPTIMALISASI MOORING SYSTEM

Tabel 5. 8 Perbandingan *Tension* Dan *Holding Power* 4 *Mooring System*

No	Seabed Type	Tension Min (kN)	Tension Max (kN)	Perbandingan Tension 4 Mooring System dengan Holding Power (kN)						
				Heading (Deg)	Ultimate Limited State (ULS)					
					S1	P1	S2	P2		
1	Clay	981,00	1962,00	0	1828,196	1828,196	1314,488	1314,488		
				90	2011,771	2011,771	1864,458	1864,458		
				180	2011,771	2011,771	1864,458	1864,458		
				Tension Max	2011,771	2011,771	1864,458	1864,458		
2	Mud	490,50	981,00	0	0,000	2775,534	1508,942	1508,942		
				90	0,000	2846,547	3117,755	1864,458		
				180	0,000	2169,208	2417,450	2417,450		
				Tension Max	0,000	2846,547	3117,755	2417,450		
3	Sand	1475,5	2943	0	0,000	1444,200	1628,530	0,000	1779,847	1467,271
				90	0,000	1704,075	1901,475	0,000	1637,218	1591,891
				180	0,000	1401,592	2124,863	0,000	1610,701	1535,156
				Tension Max	0,000	1704,075	2124,863	0,000	1779,847	1591,891

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 5. 9 Perbandingan *Tension* Dan *Holding Power* 6 *Mooring System*

No	Seabed Type	Tension Min (kN)	Tension Max (kN)	Perbandingan Tension 6 Mooring System dengan Holding Power (kN)						
				Heading (Deg)	Ultimate Limited State (ULS)					
					S1	P1	S2	P2	S3	P3
1	Clay	981,00	1962,00	0	1067,304	1067,304	1020,829	1020,829	1048,191	1048,191
				90	1507,431	1353,772	1680,883	1428,785	1319,021	1140,885
				180	1239,943	1239,943	1704,302	1704,302	1187,572	1187,572
				Tension Max	1507,431	1353,772	1704,302	1704,302	1187,572	1187,572
2	Mud	490,50	981,00	0	0,000	1444,200	1628,530	0,000	1779,847	1467,271
				90	0,000	1704,075	1901,475	0,000	1637,218	1591,891
				180	0,000	1401,592	2124,863	0,000	1610,701	1535,156
				Tension Max	0,000	1704,075	2124,863	0,000	1779,847	1591,891

Sumber : Perhitungan Pribadi

Tabel 5. 10 Perbandingan *Tension* Dan *Holding Power* 8 *Mooring System*

No	Seabed Type	Tension Min (kN)	Tension Max (kN)	Perbandingan Tension 8 Mooring System dengan Holding Power (kN)								
				Heading (Deg)	Kondisi Tanpa STS							
					S1	P1	S2	P2	S3	P3	S4	P4
1	Clay	981,00	1962,00	0	867,789	867,789	755,453	755,453	871,793	871,793	799,269	799,269
				90	1114,293	1033,082	1164,909	1130,158	928,905	914,778	890,679	870,282
				180	880,858	880,858	843,086	843,086	816,947	816,947	791,261	791,261
				Tension Max	1114,293	1033,082	1164,909	1130,158	928,905	914,778	890,679	870,282
2	Mud	490,50	981,00	0	1135,672	1135,672	1088,683	1088,683	0,000	1270,672	1195,202	0,000
				90	1397,254	1303,308	1234,086	1433,513	0,000	1294,755	1169,104	0,000
				180	1106,077	1106,077	1179,520	1179,520	0,000	1119,166	1283,936	0,000
				Tension Max	1397,254	1303,308	1234,086	1433,513	0,000	1294,755	1283,936	0,000

Sumber : Perhitungan Pribadi

Berdasarkan tabel 5.8 hingga 5.10 mengenai hasil perbandingan nilai *tension* wire dan *anchor holding power* dari 3 konfigurasi (4,6,dan 8) didapatkan hasil bahwa nilai *holding power* tertinggi terletak pada *seabed* tipe *rock* dengan nilai max > 4905,00 kN tetapi jenis seabed ini jarang ditemukan pada wilayah kerja OSES. *Seabed* pada wilayah OSES rata – rata didominasi oleh tipe *clay* hingga *sand* hal ini menandakan *holding power* tertinggi yang bisa didapat adalah ± 2943,00 kN. Apabila sebuah anchor memiliki nilai *holding power* yang lebih kecil dibandingkan

nilai *tension* dari *wire* yang dipasang maka artinya *anchor* tidak memiliki cukup kekuatan untuk memberikan daya tahan yang kuat apabila kapal mendapat beban dari lingkungan (arus, angin, gelombang).

Pada 2 kondisi analisa *mooring system* (ULS & ALS) nilai *tension* yang terbesar terjadi pada konfigurasi 4 *mooring system* sesuai yang telah dijabarkan pada sub bab 6.3.3 tentang analisa *tension mooring* dan dapat dilihat pada tabel 5.8. Apabila konfigurasi ini tetap digunakan maka kemungkinan gagal system akan lebih tinggi karena nilai *tension* dapat berada pada angka 3117,775 kN maka dari itu 4 *mooring system* lebih direkomendasikan untuk kondisi darurat/survive.

Pada konfigurasi 6 *mooring* hasil perbandingan nilai *tension* dengan *holding power* menunjukkan hasil *holding power* masih cukup untuk memberikan daya tahan yang kuat. Hasil ini juga serupa terjadi pada 8 *mooring system* dimana hasil *tension* yang didapat rata – rata memiliki nilai yang masih dibawah nilai *holding power* maka 2 konfigurasi ini lebih direkomendasikan untuk digunakan sesuai dengan jabaran pada sub bab 6.3.3 tentang analisa *tension mooring*.

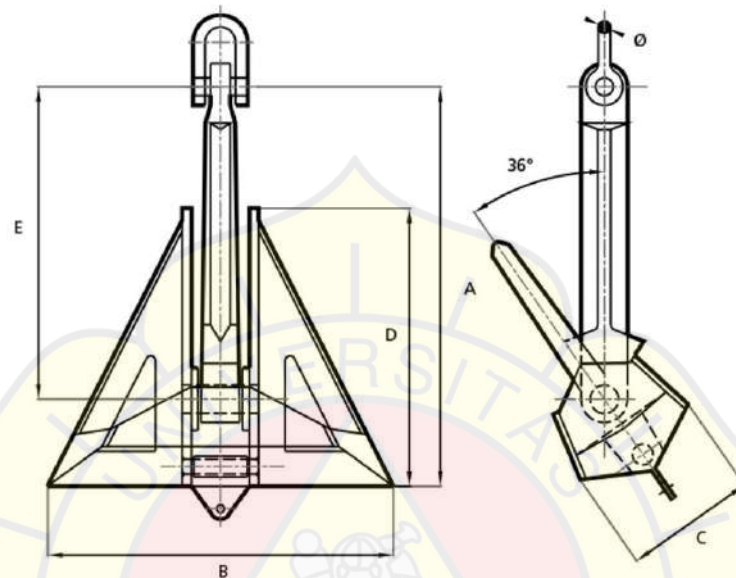
Berdasarkan hasil tabel 5.8 – 5.10 juga ada terdapat sebuah pertimbangan penting yang harus diperhatikan yaitu bahwa *seabed* pada wilayah OSES tidak selalu memberikan *holding power* dengan nilai maximal artinya pada setiap wilayah akan terdapat *seabed* yang berbeda – beda dan tidak selalu sama sehingga menghasilkan *holding power* yang dapat bervariasi. Hal ini dapat berpotensi nilai *tension* dapat lebih besar dibandingkan *holding power* walaupun pada konfigurasi 6 dan 8 *mooring system* untuk mengatasi hal tersebut maka direkomendasikan untuk berat *anchor* yang terpasang dinaikan menjadi lebih dari 10 MT / 98.1 kN. Pemilihan berat *anchor* juga harus mempertimbangkan pada perhitungan dari peraturan *class ABS* sebagaimana tertulis pada BAB III (4) yaitu :

$$\begin{aligned} EN &= k\Delta^{2/3} + mBh + nA \\ &= (1 \times 14149,550^{2/3}) + (2 \times 31,70 \times 18,60) + (0,1 \times 7438,076) \\ &= 2508,055 \\ &= 2530 \text{ (U37)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *equipment number* pada rules *ABS* didapatkan *equipment number* 2530 (U37) dengan masa per *anchor* 7800 Kg/7,8 Ton. Berdasarkan hasil tabel 5.8 – 5.10 dan perhitungan EN maka rekomendasi berat

anchor harus lebih besar dari 10 MT dengan rekomendasi spesifikasi sebagai berikut :

- *Merk* : Sotra Anchor
- *Type* : Flipper Delta Anchor
- *Weight* : 13 MT / 129 kN



Sumber : Sotra Anchor

Gambar 5. 60 Flipper Delta Anchor

Tabel 5. 11 Hasil Perhitungan *Holding power Anchor Baru*

No	<i>Seabed Type</i>	<i>Holding Power (kN) min</i>	<i>Holding Power (kN) max</i>
1	<i>Clay</i>	1290,00	2580,00
2	<i>Mud</i>	645,00	1290,00
3	<i>Sand</i>	1935,00	3870,00
4	<i>Rock</i>	6450,00	> 6450,00

Sumber : Perhitungan Pribadi