



TUGAS AKHIR - MO.141326

**STUDI RESPON DINAMIS SPAR PLATFORM DENGAN
VARIASI RATIO DIAMETER DAN JARAK HEAVE PLATE**

RYAN CIPUTRA

NRP. 4311 100 052

Dosen Pembimbing

Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D.

Ir. Joswan J. Soedjono, M.Sc

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



FINAL PROJECT - MO.141326

**STUDY OF DYNAMIC RESPONSE SPAR PLATFORM WITH
VARIATION DIAMETER RATIO AND DISTANCE
HEAVE PLATE**

RYAN CIPUTRA

REG. 4311 100 052

Supervisors

Yoyok Setyo Hadiwidodo, S.T., M.T., Ph.D.

Ir. Joswan J.Soedjono, M.Sc

Department of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015

**STUDI RESPON DINAMIS SPAR PLATFORM
DENGAN VARIASI RASIO DIAMETER DAN JARAK**

HEAVE PLATE

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Progran Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RYAN CIPUTRA

NRP. 4311 100 052

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Yoyok Setyo H., S.T., MT., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Ir. Joswan J. Soedjono., M.Sc. (Pembimbing 2)



SURABAYA, 29 JULI 2015

STUDI RESPON DINAMIS SPAR PLATFORM DENGAN VARIASI RASIO DIAMETER DAN JARAK HEAVE PLATE

Nama Mahasiswa : Ryan Ciputra
NRP : 4311 100 052
Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS
Dosen Pembimbing : Yoyok Setyo H., S.T., MT., Ph.D
Ir. Joswan J.Soedjono., M.Sc.

Abstrak

Spar merupakan jenis *floating structure* yang dapat digunakan di laut dalam dan menjadi struktur yang efektif dan dapat diandalkan dari segi konstruksi. Spar memiliki ciri khas dengan letak titik *buoyancy* (KB) berada di atas titik *gravity* (KG) sehingga memberikan stabilitas yang baik. Spar memiliki kelemahan yaitu rendahnya *damping* dan *natural period* sehingga perlu adanya penambahan *heave plate* pada *spar platform*. Pada tugas akhir ini dilakukan studi respon dinamis pada spar platform dengan variasi rasio diameter *heave plate* dan jarak. Variasi pada rasio diameter dan jarak untuk mendapatkan kemampuan terbaik spar dalam beroperasi terutama dalam mengurangi gerakan *heave* dan memberikan tambahan *damping* dan tambahan massa ke arah *heave*.

Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak untuk mengetahui respon dinamis spar pada kondisi *free floating* dan tertambat. Setelah diperoleh respon dinamis dilakukan komparasi untuk mendapatkan variasi rasio diameter dan jarak antar *heave plate* yang terbaik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi model yang terbaik di rasio diameter pada variasi 130% dh dengan nilai *spectra respon* pada *heave* 0.97 m dan variasi jarak yang terbaik pada jarak 16 m dengan nilai *spectra respon* pada *heave* 0.96 m.

Kata kunci: *heave plate, rasio diameter, respon dinamis, spar platform.*

STUDY OF DYNAMIC RESPONSE SPAR PLATFORM WITH VARIATION DIAMETER RATIO AND DISTANCE HEAVE PLATE

Name : Ryan Ciputra
NRP : 4311 100 052
Department : Ocean Engineering FTK – ITS
Supervisors : Yoyok Setyo H., S.T., MT., Ph.D
Ir. Joswan J.Soedjono., M.Sc.

Abstract

SPAR is a type of floating structure which can be used in the deep sea and into the structure of an effective and reliable in terms of construction. SPAR has a characteristic with the location of the point of buoyancy (KB) is above the point of gravity (KG) thus providing good stability. SPAR has the disadvantage of low damping and natural period so that the need for additional heave plate on a SPAR platform. At this final project studies the dynamic response of the SPAR platform with variations of diameter ratio and distance heave plate. Variations on the ratio of the diameter and the distance to get the best capability SPAR in operating mainly in reducing the heave movement and provide additional damping and additional mass toward heave. Structural modeling is done by using software to determine the dynamic response of the condition of free floating SPAR and moored. Having obtained the dynamic response of a comparison carried out to obtain the variation ratio of the diameter and the distance between the plate heave best. These results indicate that the best model variations in the ratio of the diameter of the variation 130 diameter hull to the value of response spectra at 0.97 m and variations heave the best distance at a distance of 16 m with a value of response spectra at 0.96 m heave.

Keywords: *Heave plate, Diameter ratio, Dynamic Response, SPAR*

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

Tugas Akhir yang berjudul **“Studi Respon Dinamis SPAR Platform dengan Variasi Rasio Diameter dan Jarak *Heave Plate*”** ini membahas tentang perbandingan respon dinamis struktur SPAR dengan variasi rasio diameter *heave plate* dan jarak antar *heave plate*. Hasil yang diperoleh berupa perbandingan *amplitude* respon struktur dan pemilihan model dengan kualitas respon struktur terbaik.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis senantiasa membuka diri untuk masukan dan kritik demi tercapainya kesempurnaan penelitian selanjutnya yang berkaitan. Akhir kata penulis berharap semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dan sumbangan bagi dunia ilmu pengetahuan di bidang industri bangunan lepas pantai, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Wassalaamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, 29 Juli 2015

Ryan Ciputra

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan serta dorongan moral maupun material dari banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Perbuatan baik pasti akan menuai kebaikan pula, semoga Allah membalas segala kebaikan setiap hambanya. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua penulis untuk segala doa', kasih sayang, perhatian, dukungan, kepercayaan, kesabaran, dan cinta yang telah diberikan selama masa kuliah.

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Yoyok Setyo H., S.T., MT., Ph.D dan Bapak Ir. Joswan J.Soedjono., M.Sc. atas bimbingan dan ilmu-ilmunya dalam pengerjaan tugas akhir ini. Kepada Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan, Bapak Dr. Ir. Mahmud Musta'in M.Sc selaku dosen wali yang selalu memberi pengarahan serta kepada semua Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Kelautan atas semua bimbingan dan ilmunya. Semoga bimbingan yang bapak dan ibu berikan dicatat sebagai amal ibadah oleh Allah SWT.

Tugas akhir ini juga tidak akan selesai tanpa dukungan dan dorongan dari keluarga terutama ayah dan ibu, TRIDENT, Hemas Fitra Diena, dan semua teman-teman penulis yang tidak bisa disebutkan satu-satu. Terima kasih banyak, semoga mendapat balasan pahala dari Allah SWT.

Surabaya, 29 Juli 2015

Ryan Ciputra

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tinjauan pustaka	6
2.1.1. SPAR (<i>Single Point Anchor Reservoir</i>)	6
2.1.2. Perkembangan teknologi SPAR platform	7
2.1.3. <i>Classic</i> SPAR	8
2.1.4. <i>Truss</i> SPAR	8
2.1.5. <i>Cell</i> SPAR	8
2.1.6. Teknologi <i>Heave Plate</i>	9
2.2. Dasar Teori	10
2.2.1. Teori pembebanan	10
2.2.1.1. Beban Mati (Dead loads)	10
2.2.1.2. Beban Hidup (Live loads)	11
2.2.1.3. Beban lingkungan (<i>environmetal</i> loads)	11

2.2.1.4. Beban Dinamik (Dynamic loads)	11
2.2.2. Teori Gelombang	12
2.2.3. Gaya Gelombang	13
2.2.4. Penentuan teori Gelombang	13
2.2.5. Spektrum gelombang laut	14
2.2.5.1. Konsep teori gelombang signifikan	14
2.2.5.2. Hubungan antara tinggi gelombang dengan spectrum gelombang	15
2.2.5.3. Model spektrum	15
2.2.5.4. Hubungan spektra beban gelombang dengan spektra respon struktur	17
2.2.6. Response Amplitude Operator	19
2.2.7. Analisa Dinamis	19
2.2.8. Gerakan pada SPAR	21
2.2.9. Persamaan Gerak SPAR	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Metode Penelitian	25
3.2. Prosedur Penelitian	26
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Data variasi pemodelan SPAR	29
4.2. Pemodelan dan analisis struktur SPAR pada kondisi free floating	32
4.3. Analisa model	32
4.4. Pemodelan variasi 120% Diameter hull kondisi free floating	35
4.5. Pemodelan variasi 122% Diameter hull kondisi free floating	36
4.6. Pemodelan variasi 124% Diameter hull kondisi free floating	38
4.7. Pemodelan variasi 128% Diameter hull kondisi free floating	39
4.8. Pemodelan variasi 130% Diameter hull kondisi free floating	40
4.9. Komparasi RAO kondisi free floating terhadap pengaruh rasio diameter	41
4.10. Komparasi RAO kondisi free floating terhadap pengaruh jarak	44
4.11. Analisa model variasi 120% diameter hull kondisi tertambat	47
4.12. Analisa model variasi 122% diameter hull kondisi tertambat	50
4.13. Analisa model variasi 124% diameter hull kondisi tertambat	54

4.14. Analisa model variasi 128% diameter hull kondisi tertambat	57
4.15. Analisa model variasi 130% diameter hull kondisi tertambat	61
4.16. Analisa model variasi jarak 4m antar <i>heave plate</i>	64
4.17. Analisa model variasi jarak 8m antar <i>heave plate</i>	68
4.18. Analisa model variasi jarak 16m antar <i>heave plate</i>	71
4.19. Analisa model variasi jarak 32m antar <i>heave plate</i>	74
4.20. Analisa model variasi jarak 64m antar <i>heave plate</i>	78
4.21. Perhitungan spektra JONSWAP	81
4.22. Komparasi spektra respon kondisi tertambat variasi rasio diameter	82
4.23. Komparasi spektra respon kondisi tertambat variasi jarak	87
4.24. Pemilihan model	92
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	94
5.1. Kesimpulan	94
5.2. Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Klasik SPAR dengan <i>heave plate</i>	2
Gambar 2.1. SPAR <i>Design</i>	5
Gambar 2.2. Variasi diameter dan jarak <i>heave plate</i>	8
Gambar 2.4. Karakteristik Gelombang	10
Gambar 2.5. Grafik <i>Region of Validity</i>	12
Gambar 2.6. Alur analisa <i>Time Domain</i> dan <i>Frequency Domain</i>	18
Gambar 2.7. Derajat Kebebasan gerak SPAR.....	19
Gambar 3.1. Diagram alir (<i>flowchart</i>) metodologi penelitian	22
Gambar 3.2. Pemodelan SPAR pada ANSYS.....	24
Gambar 3.3. <i>Heading</i> pada SPAR kondisi tertambat	23
Gambar 4.1. Pemodelan SPAR pada ANSYS.....	28
Gambar 4.2. Model dan Meshing SPAR.....	29
Gambar 4.3. RAO Surge SPAR tanpa <i>heave plate</i> pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	29
Gambar 4.4. RAO Heave SPAR tanpa <i>heave plate</i> pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	30
Gambar 4.5. RAO Roll SPAR tanpa <i>heave plate</i> pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	30
Gambar 4.6. Pemodelan SPAR dengan ratio diameter 120% diameter <i>hull</i> pada ANSYS.....	31
Gambar 4.7. RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	32
Gambar 4.8. RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	32
Gambar 4.9. RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	33
Gambar 4.10. RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	33

Gambar 4.11. RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	34
Gambar 4.12. RAO pada motion rotasi SPAR 124% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	34
Gambar 4.13. RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	35
Gambar 4.14. RAO pada motion rotasi SPAR 128% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	35
Gambar 4.15. RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	36
Gambar 4.16. RAO pada motion rotasi SPAR 130% Dh pada <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i>	36
Gambar 4.17. Komparasi RAO pada motion surge <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi rasio diameter.....	37
Gambar 4.18. Komparasi RAO pada motion sway <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi rasio diameter.....	37
Gambar 4.19. Komparasi RAO pada motion heave <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi rasio diameter.....	38
Gambar 4.20. Komparasi RAO pada motion roll <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi rasio diameter.....	38
Gambar 4.21. Komparasi RAO pada motion pitch <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi rasio diameter.....	39
Gambar 4.22. Komparasi RAO pada motion yaw <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi rasio diameter.....	39
Gambar 4.23. Komparasi RAO pada motion surge <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi jarak.....	40
Gambar 4.24. Komparasi RAO pada motion sway <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi jarak.....	41
Gambar 4.25. Komparasi RAO pada motion heave <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi jarak.....	41
Gambar 4.26. Komparasi RAO pada motion roll <i>heading 0⁰ kondisi free floating</i> variasi jarak.....	42

Gambar 4.27. Komparasi RAO pada motion pitch <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi <i>free floating</i> variasi jarak	42
Gambar 4.28. Komparasi RAO pada motion yaw <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi <i>free floating</i> variasi jarak	43
Gambar 4.29. RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	43
Gambar 4.30. RAO pada motion rotasi SPAR 120% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	43
Gambar 4.31. RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	44
Gambar 4.32 RAO pada motion rotasi SPAR 120% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	45
Gambar 4.33. RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	45
Gambar 4.34. RAO pada motion rotasi SPAR 120% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	46
Gambar 4.35. RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	47
Gambar 4.36. RAO pada motion rotasi SPAR 122% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	47
Gambar 4.37. RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	48
Gambar 4.38. RAO pada motion rotasi SPAR 122% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	48
Gambar 4.39. RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	49
Gambar 4.40. RAO pada motion rotasi SPAR 122% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	49
Gambar 4.41. RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	50

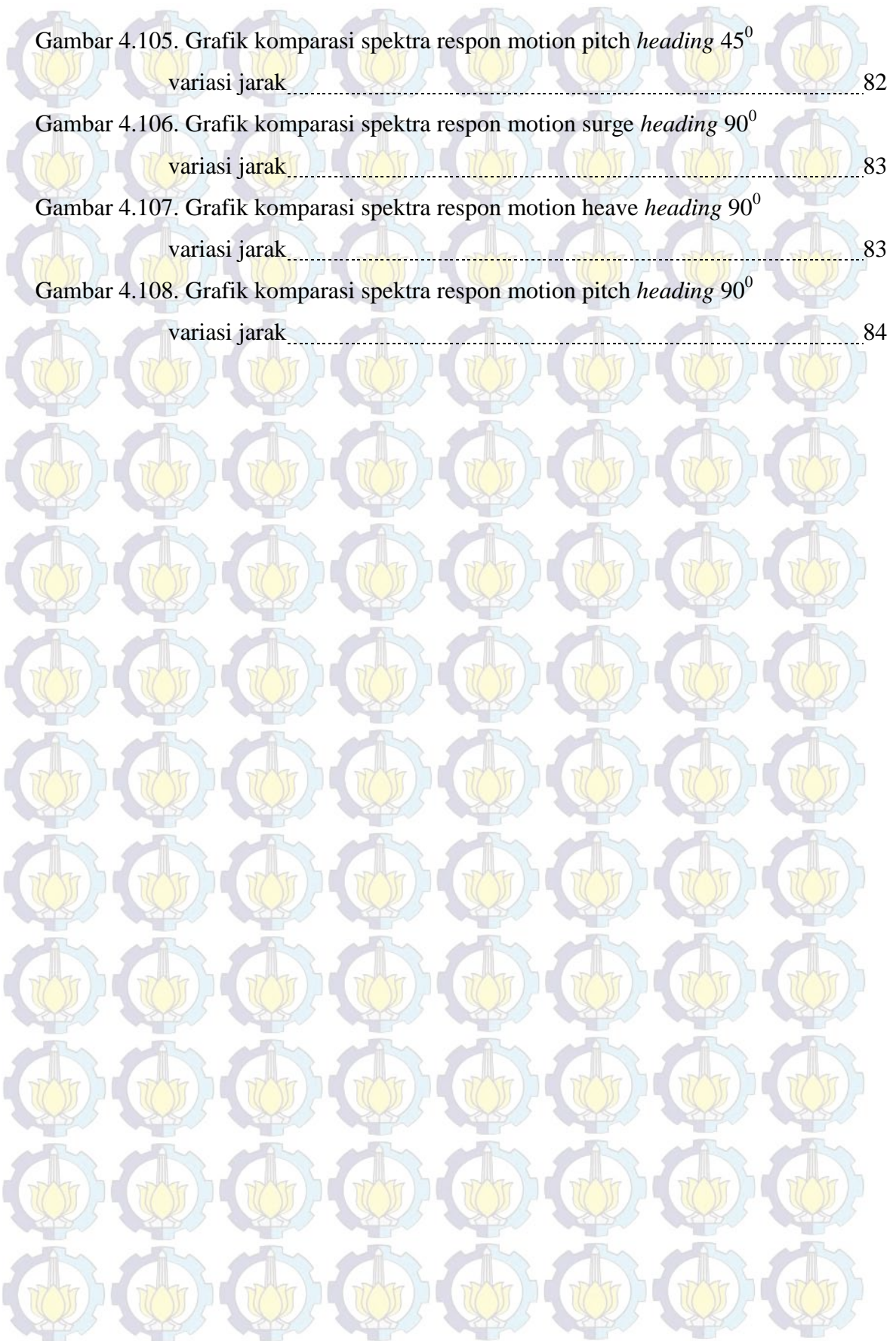
Gambar 4.42. RAO pada motion rotasi SPAR 124% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	50
Gambar 4.43. RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	51
Gambar 4.44. RAO pada motion rotasi SPAR 124% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	51
Gambar 4.45. RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	52
Gambar 4.46. RAO pada motion rotasi SPAR 124% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	52
Gambar 4.47. RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	53
Gambar 4.48. RAO pada motion rotasi SPAR 128% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	53
Gambar 4.49. RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	54
Gambar 4.50. RAO pada motion rotasi SPAR 128% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	54
Gambar 4.51. RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	55
Gambar 4.52. RAO pada motion rotasi SPAR 128% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	55
Gambar 4.53. RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	56
Gambar 4.54. RAO pada motion rotasi SPAR 130% Dh pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	56
Gambar 4.55. RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	57
Gambar 4.56. RAO pada motion rotasi SPAR 130% Dh pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	57
Gambar 4.57. RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	57

tertambat	58
Gambar 4.58. RAO pada motion rotasi SPAR 130% Dh pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi	
tertambat	58
Gambar 4.59. RAO pada motion translasi SPAR jarak 4 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi	
tertambat	59
Gambar 4.60. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 4 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi	
tertambat	59
Gambar 4.61. RAO pada motion translasi SPAR jarak 4 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi	
tertambat	60
Gambar 4.62. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 4 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi	
tertambat	60
Gambar 4.63. RAO pada motion translasi SPAR jarak 4 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi	
tertambat	61
Gambar 4.64. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 4 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi	
tertambat	61
Gambar 4.65. RAO pada motion translasi SPAR jarak 8 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi	
tertambat	62
Gambar 4.66. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 8 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi	
tertambat	62
Gambar 4.67. RAO pada motion translasi SPAR jarak 8 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi	
tertambat	63
Gambar 4.68. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 8 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi	
tertambat	63
Gambar 4.69. RAO pada motion translasi SPAR jarak 8 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi	
tertambat	64
Gambar 4.70. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 8 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi	
tertambat	64
Gambar 4.71. RAO pada motion translasi SPAR jarak 16 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi	
tertambat	65
Gambar 4.72. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 16 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi	
tertambat	65

Gambar 4.73. RAO pada motion translasi SPAR jarak 16 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	66
Gambar 4.74. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 16 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	66
Gambar 4.75. RAO pada motion translasi SPAR jarak 16 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	67
Gambar 4.76. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 16 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	67
Gambar 4.77. RAO pada motion translasi SPAR jarak 32 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	68
Gambar 4.78. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 32 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	68
Gambar 4.79. RAO pada motion translasi SPAR jarak 32 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	69
Gambar 4.80. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 32 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	69
Gambar 4.81. RAO pada motion translasi SPAR jarak 32 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	70
Gambar 4.82. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 32 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	70
Gambar 4.83. RAO pada motion translasi SPAR jarak 64 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	71
Gambar 4.84. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 64 m pada <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	71
Gambar 4.85. RAO pada motion translasi SPAR jarak 64 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	72
Gambar 4.86. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 64 m pada <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	72
Gambar 4.87. RAO pada motion translasi SPAR jarak 64 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	73
Gambar 4.88. RAO pada motion rotasi SPAR jarak 64 m pada <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	73

tertambat.....	73
Gambar 4.89. <i>Heading</i> pada SPAR kondisi tertambat.....	74
Gambar 4.90. Grafik spektra JONSWAP.....	75
Gambar 4.91. Grafik komparasi spektra respon motion surge <i>heading</i> 0 ⁰ variasi rasio diameter.....	75
Gambar 4.92. Grafik komparasi spektra respon motion heave <i>heading</i> 0 ⁰ variasi rasio diameter.....	76
Gambar 4.93. Grafik komparasi spektra respon motion pitch <i>heading</i> 0 ⁰ variasi rasio diameter.....	76
Gambar 4.94. Grafik komparasi spektra respon motion surge <i>heading</i> 45 ⁰ variasi rasio diameter.....	77
Gambar 4.95. Grafik komparasi spektra respon motion heave <i>heading</i> 45 ⁰ variasi rasio diameter.....	77
Gambar 4.96. Grafik komparasi spektra respon motion pitch <i>heading</i> 45 ⁰ variasi rasio diameter.....	78
Gambar 4.97. Grafik komparasi spektra respon motion surge <i>heading</i> 90 ⁰ variasi rasio diameter.....	78
Gambar 4.98. Grafik komparasi spektra respon motion heave <i>heading</i> 90 ⁰ variasi rasio diameter.....	79
Gambar 4.99. Grafik komparasi spektra respon motion pitch <i>heading</i> 90 ⁰ variasi rasio diameter.....	79
Gambar 4.100. Grafik komparasi spektra respon motion surge <i>heading</i> 0 ⁰ variasi jarak.....	80
Gambar 4.101. Grafik komparasi spektra respon motion heave <i>heading</i> 0 ⁰ variasi jarak.....	80
Gambar 4.102. Grafik komparasi spektra respon motion pitch <i>heading</i> 0 ⁰ variasi jarak.....	81
Gambar 4.103. Grafik komparasi spektra respon motion surge <i>heading</i> 45 ⁰ variasi jarak.....	81
Gambar 4.104. Grafik komparasi spektra respon motion heave <i>heading</i> 45 ⁰ variasi jarak.....	82

Gambar 4.105. Grafik komparasi spektra respon motion pitch <i>heading</i> 45^0 variasi jarak.....	82
Gambar 4.106. Grafik komparasi spektra respon motion surge <i>heading</i> 90^0 variasi jarak.....	83
Gambar 4.107. Grafik komparasi spektra respon motion heave <i>heading</i> 90^0 variasi jarak.....	83
Gambar 4.108. Grafik komparasi spektra respon motion pitch <i>heading</i> 90^0 variasi jarak.....	84



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data struktur SPAR	23
Tabel 3.2. Data lingkungan 100 Tahun Kondisi badai Teluk Meksiko	23
Tabel 4.1. Variasi rasio diameter <i>heave plate</i>	26
Tabel 4.2. Variasi jarak antar <i>heave plate</i>	26
Tabel 4.3. Rincian <i>weight summary</i> SPAR	27
Tabel 4.4. Perubahan berat akibat penambahan <i>heave plate</i>	27
Tabel 4.5. Perubahan COG dan COB akibat penambahan <i>heave plate</i>	28
Tabel 4.6. Tipe natural periods dari <i>Deep water floaters</i> DNV-F205	31
Tabel 4.7. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% Dh kondisi <i>free floating</i>	32
Tabel 4.8. Hasil RAO maksimum pada variasi 122% Dh kondisi <i>free floating</i>	33
Tabel 4.9. Hasil RAO maksimum pada variasi 124% Dh kondisi <i>free floating</i>	34
Tabel 4.10. Hasil RAO maksimum pada variasi 128% Dh kondisi <i>free floating</i>	35
Tabel 4.11. Hasil RAO maksimum pada variasi 130% Dh kondisi <i>free floating</i>	36
Tabel 4.12. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	44
Tabel 4.13. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	45
Tabel 4.14. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	46
Tabel 4.15. Hasil RAO maksimum pada variasi 122% <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	47
Tabel 4.16. Hasil RAO maksimum pada variasi 122% <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	48
Tabel 4.17. Hasil RAO maksimum pada variasi 122% <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	49
Tabel 4.18. Hasil RAO maksimum pada variasi 124% <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	50
Tabel 4.19. Hasil RAO maksimum pada variasi 124% <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	51
Tabel 4.20. Hasil RAO maksimum pada variasi 124% <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	52
Tabel 4.21. Hasil RAO maksimum pada variasi 128% <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	53
Tabel 4.22. Hasil RAO maksimum pada variasi 128% <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	54
Tabel 4.23. Hasil RAO maksimum pada variasi 128% <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	55
Tabel 4.24. Hasil RAO maksimum pada variasi 130% <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	56
Tabel 4.25. Hasil RAO maksimum pada variasi 130% <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	57
Tabel 4.26. Hasil RAO maksimum pada variasi 130% <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	58

Tabel 4.27. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 4 meter <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	59
Tabel 4.28. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 4 meter <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	60
Tabel 4.29. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 4 meter <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	61
Tabel 4.30. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 8 meter <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	62
Tabel 4.31. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 8 meter <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	63
Tabel 4.32. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 8 meter <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	64
Tabel 4.33. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 16 meter <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	65
Tabel 4.34. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 16 meter <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	66
Tabel 4.35. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 16 meter <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	67
Tabel 4.36. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 32 meter <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	68
Tabel 4.37. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 32 meter <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	69
Tabel 4.38. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 32 meter <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	70
Tabel 4.39. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 64 meter <i>heading</i> 0 ⁰ kondisi tertambat	71
Tabel 4.40. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 64 meter <i>heading</i> 45 ⁰ kondisi tertambat	72
Tabel 4.41. Hasil RAO maksimum pada variasi jarak 64 meter <i>heading</i> 90 ⁰ kondisi tertambat	73
Tabel 4.42. Amplitude maksimum gerakan heave untuk masing-masing variasi	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan terhadap minyak dan gas sebagai pendukung aktifitas sehari-hari bagi manusia meningkat setiap tahunnya. Peningkatan kebutuhan minyak dan gas berdampak pada permintaan untuk eksplorasi dan eksploitasi sumber daya minyak dan gas. Semakin terbatasnya jumlah cadangan minyak dan gas di *onshore* berdampak perlunya inovasi dalam eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas di *offshore* terutama untuk teknologi eksplorasi dan eksploitasi laut dalam. Banyak inovasi *system floating structure* yang berorientasi untuk penghematan biaya dan optimasi selama produksi. Jenis sistem struktur yang digunakan dalam eksplorasi dan eksploitasi laut dalam terdiri dari *Compliant Tower (CT)*, *Tension Leg Platforms (TLP)*, *Truss SPAR*, *Classic SPAR*, *Control Buoy (CB)*, dan *Floating Production Storage and Offloading (FPSO)*.

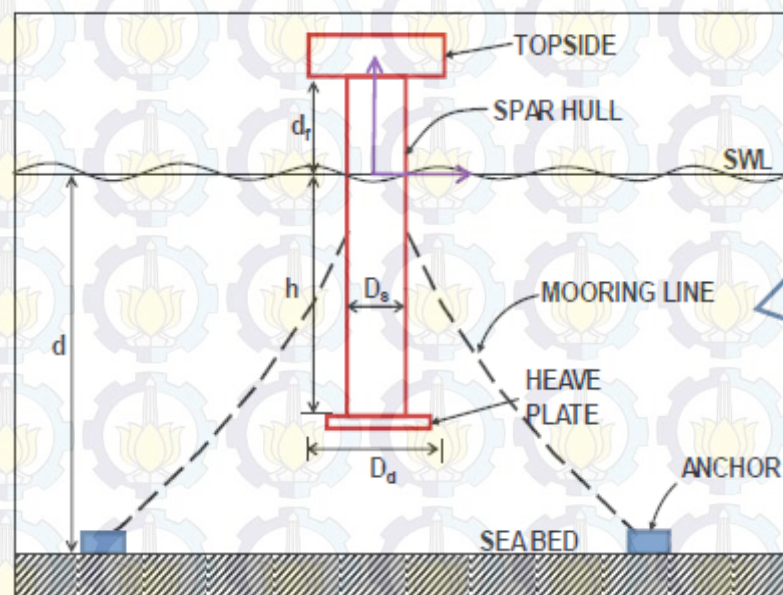
SPAR platform telah menarik banyak perhatian dari para peneliti dan *engineer* rekayasa struktur lepas pantai dikarenakan SPAR merupakan struktur yang paling efektif dan dapat diandalkan dari segi biaya konstruksi jika dibandingkan dengan struktur lainnya (Tao et al, 2007).

Keuntungan dari SPAR adalah berkurangnya *amplitude* osilasi dalam bidang *vertical (heave, pitch, and roll)*. Pada jenis klasik SPAR memiliki konfigurasi rancangan yang terdapat dalam silinder *caisson* yang terdiri dari *hard tank* yang letaknya berada dibagian atas untuk memberikan gaya *buoyancy* dan terdapat *flooded skirt* dibawah bagian titik *buoyancy*. Bagian bawah dari *caisson* berupa *soft tank* yang digunakan untuk *system ballast*. SPAR platform secara umum memiliki *heave natural period* di angka 20-30 detik (Sudhakar et al, 2013).

Klasik SPAR mempunyai kelemahan yaitu rendahnya damping dan natural period yang panjang. Kedua karakteristik tersebut dapat menghasilkan gerak resonansi Spar hingga 8-10 kali *amplitude* gelombang yang datang. Dampak yang

diterima dapat menyebabkan kerusakan pada sistem *riser* dan *mooring*. Oleh karena itu optimasi respon dinamis terutama pada *heave* perlu ditangani untuk efisien operasi.

Dalam respon *heave* pada klasik SPAR untuk meningkatkan nilai *heave natural period* perlu meningkatkan *draft*, masa struktur dan *added mass* atau mengurangi *water plane area*, namun jika menaikkan *draft* akan menyebabkan banyak pertimbangan terutama biaya konstruksi, transportasi dan instalasi dari segi ekonomis tidak sesuai. Selain meningkatkan *heave natural period* dari SPAR juga dapat meningkatkan *heave damping* untuk mengurangi respon *heave* pada SPAR. Pada *floating structure* akan terdapat redaman oleh kombinasi radiasi gelombang dan *viscous damping* dalam bentuk gesekan *surface* dan pemisahan aliran. Penambahan sistem eksternal di luar SPAR dapat sebagai solusi untuk mengurangi respon *heave* dari SPAR. Sebagai contoh penambahan *heave plate* pada *keel* dari SPAR. Penambahan *heave plate* pada bagian bawah SPAR meningkatkan *heave added mass* dan *damping* sehingga menghasilkan *heave natural period* yang lama dan mengurangi motion karena redaman yang tinggi.



Gambar 1.1 Klasik SPAR dengan *heave plate* (Sumber : Sudhakar, 2013)

Sudhakar dan Nallayarasu (2011) telah melakukan eksperimen dan perhitungan terhadap heave respon pada klasik SPAR dengan bentuk *heave plate* lingkaran dengan variasi diameter pada gelombang regular. Dari hasil penelitian tersebut menghasilkan diameter dari *heave plate* harus lebih besar antara 20% - 30% dari

diameter SPAR untuk mengurangi respon *heave*, *surge* dan *pitch* untuk mendapatkan hasil yang optimum. Sementara L.Tao dan B.Molin (2007) telah melakukan penelitian terhadap pengaruh jarak antar *heave plate* pada *offshore structure*. Oleh karena itu sehingga dapat dikembangkan bagaimana pengaruh hidrodinamika *offshore* struktur dengan variasi rasio diameter *heave plate* dan variasi jarak antar *heave plate*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah diatas, terdapat permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana respon gerakan SPAR karena variasi rasio diameter *heave plate*.
2. Bagaimana respon gerakan SPAR karena variasi jarak antar *heave plate*.
3. Manakah SPAR dengan performance terbaik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa respon gerakan SPAR karena variasi rasio diameter *heave plate*.
2. Menganalisa respon gerakan SPAR karena variasi jarak antar *heave plate*.
3. Menganalisa respon gerakan SPAR dengan performance terbaik

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil analisa dapat diketahui model SPAR dengan variasi rasio diameter dan jarak antar *heave plate*, sehingga dapat digunakan sebagai referensi

dalam pengembangan dan inovasi dalam desain SPAR terutama pada *heave plate* untuk mendapatkan optimasi desain SPAR dalam efisiensi operasi.

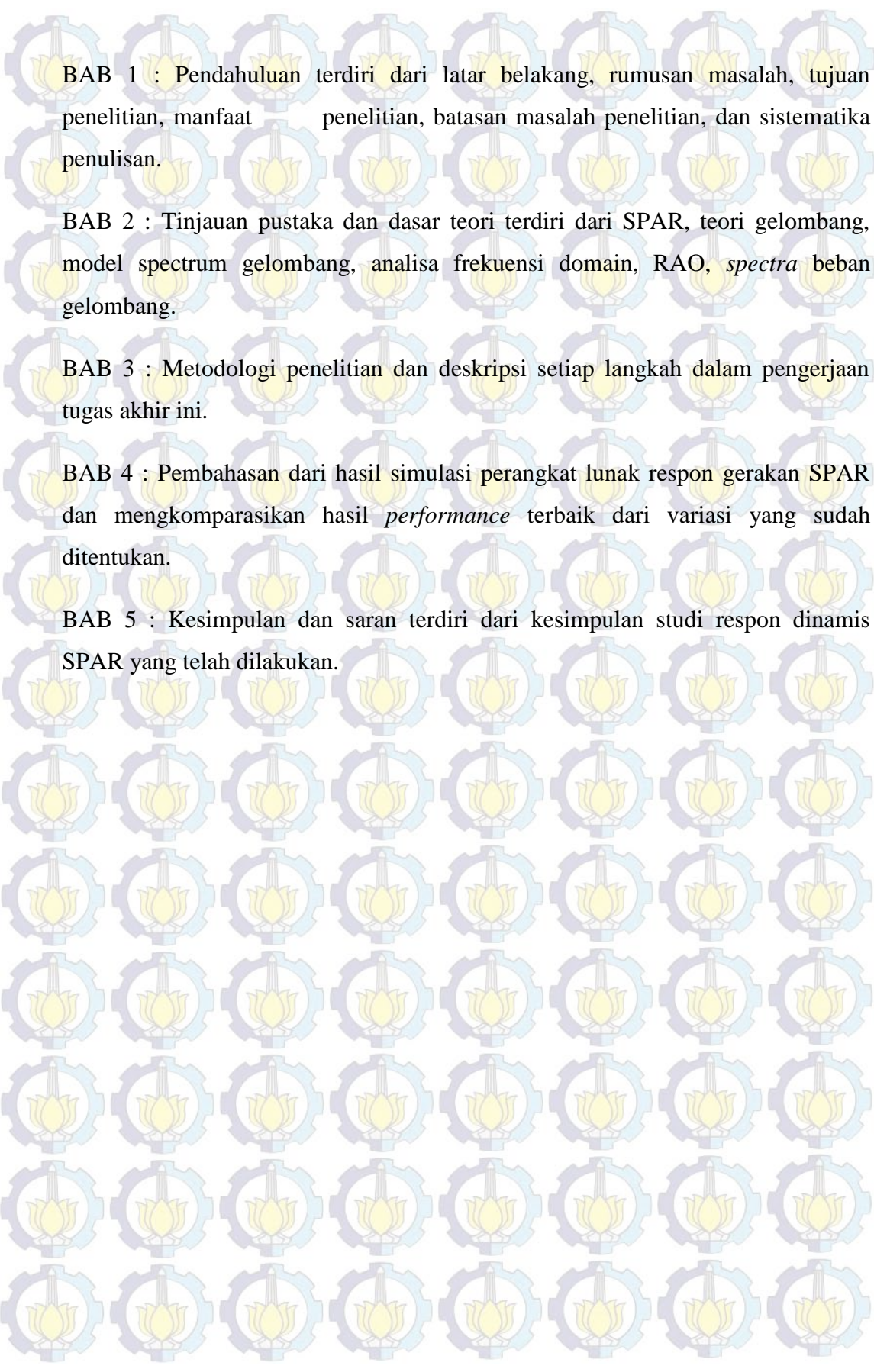
1.5 Batasan Masalah

Berikut ini batasan masalah yang digunakan agar dapat mencapai hasil yang diharapkan. Hal tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Ukuran utama variasi *spar platform* akan divariasikan dengan mengacu pada parameter utama *Design of Floating Structure SPAR Design*.
2. Variasi SPAR hanya dilakukan terhadap rasio diameter dan jarak antar *heave plate*.
3. Daerah operasi SPAR di tetapkan di Teluk Meksiko.
4. Prediksi gerakan pada gelombang acak dilakukan dengan menerapkan analisis spectra, dengan menggunakan formulasi spectra JONSWAP ($\gamma = 3$).
5. Prediksi gerakan pada gelombang regular dilakukan dengan menerapkan teori difraksi 3-dimensi.
6. Analisa dinamis pada struktur SPAR menggunakan analisa frekuensi domain.
7. Beban yang digunakan dalam analisa adalah bebas angin dan beban gelombang.
8. Analisa *free floating* dilakukan pada *heading angel* 0° .
9. Sistem tambat bertipe *catenary mooring* dengan jumlah 4 buah.
10. Analisa pada kondisi tertambat dilakukan pada heading angel $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$.
11. Analisa *vortex (vortex induce vibration)* akibat beban yang terjadi tidak dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri atas lima bab dan diharapkan dapat menjelaskan secara jelas dan menyeluruh mengenai **STUDI RESPON DINAMIS SPAR PLATFORM DENGAN VARIASI RASIO DIAMETER DAN JARAK HEAVE PLATE**.



BAB 1 : Pendahuluan terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 : Tinjauan pustaka dan dasar teori terdiri dari SPAR, teori gelombang, model spectrum gelombang, analisa frekuensi domain, RAO, *spectra* beban gelombang.

BAB 3 : Metodologi penelitian dan deskripsi setiap langkah dalam pengerjaan tugas akhir ini.

BAB 4 : Pembahasan dari hasil simulasi perangkat lunak respon gerakan SPAR dan mengkomparasikan hasil *performance* terbaik dari variasi yang sudah ditentukan.

BAB 5 : Kesimpulan dan saran terdiri dari kesimpulan studi respon dinamis SPAR yang telah dilakukan.

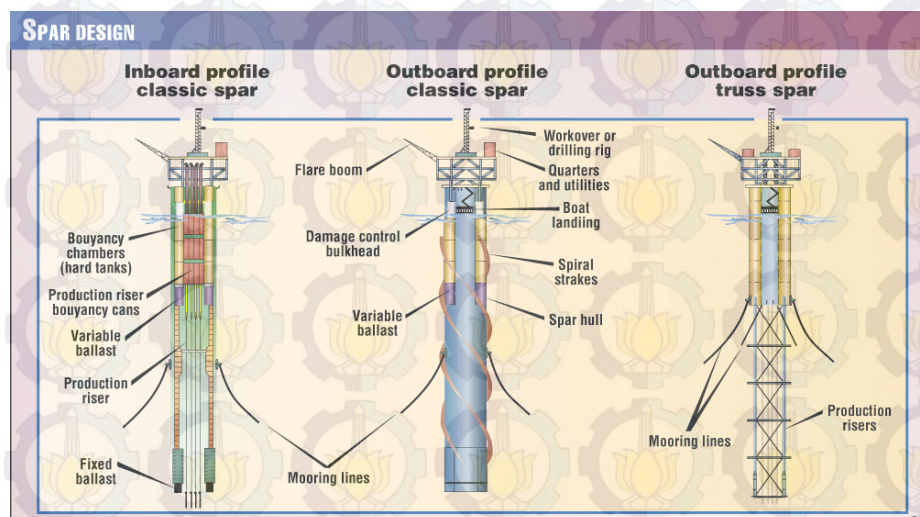
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 SPAR (*Single Point Anchor Reservoir*)

SPAR merupakan salah satu *compliant offshore floating structure* yang dapat diaplikasikan pada perairan sangat dalam mendukung untuk proses eksplorasi dan eksploitasi minyak di lepas pantai. SPAR dikategorikan dalam *floating structure* dengan sistem *mooring* yang di tambatkan pada dasar laut. SPAR platform dikembangkan pada tahun 1990 dan jenis SPAR platform yang pertama kali di install adalah Neptune pada tahun 1996 di Teluk Meksiko. Pada tahun – tahun berikutnya SPAR *platform* menjadi salah satu *platform* yang favorit digunakan dalam proses eksplorasi dan eksploitasi di laut dalam sehingga pengembangan teknologi pada SPAR *platform* terus ditingkatkan. Desain dari SPAR *platform* berbeda pada kebanyakan *platform* yang ada, umumnya berbentuk persegi sementara SPAR *platform* memiliki bentuk silinder untuk mempertahankan posisinya saat melakukan operasi.



Gambar 2.1 Spar Design (Sumber: Technip, 2003)

Menurut Argawal dan Jain (2001) SPAR *platform* memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis platform lain yaitu :

1. Dapat beroperasi pada kedalaman hingga 3000 meter dengan pengeboran dan produksi atau hanya produksi.
2. Memiliki kapasitas *payload* yang besar pada *topside*
3. *Riser* dapat digunakan untuk proses produksi yang letaknya berada di tengah dari *center well*.
4. Struktur ini akan selalu stabil dikarenakan *center of buoyancy* (CB) selalu di atas dari *center of gravity* (CG).
5. Memiliki *motion* yang menguntungkan jika dibandingkan dengan *floating structure* lainnya.
6. Pada bagian *hull* dapat menggunakan material beton atau baja.
7. Pada bagian *hull* dan *deck* hanya memiliki sedikit sekat.
8. Penyimpanan minyak dapat digunakan dengan maksimal sehingga perbedaan cost dapat diminimalisirkan.
9. Memiliki karakteristik *sea keeping* yang baik jika dibandingkan dengan *mobile drilling units*.
10. Pada sistem *mooring* mudah dalam proses installasi, operasi, dan pemindahan tempat.

2.1.2 Perkembangan Teknologi Spar Platform

Konsep penggunaan Spar dalam kebutuhan *drilling*, produksi dan *storage system* sebenarnya sudah diterapkan pada tahun 1980-an. Setelah dilakukan beberapa kajian dan usaha atas kerjasama industri minyak dan gas pada tahun 1996 *Oryx energy* dan CNG berhasil menginstall *Spar Platform* pertama kali di dunia. Hingga saat ini sudah terdapat 17 *Spar Platform* yang sudah terinstall. Semua *Spar Platform* beroperasi di Teluk Meksiko dan hanya satu *Spar platform* yang beroperasi diluar Teluk Meksiko yaitu di Malaysia. Hingga saat ini sudah terdapat 3 generasi jenis Spar Platform yaitu *Classic Spar*, *Truss Spar*, dan *Cell Spar*.

2.1.3 Classic SPAR

Classic Spar merupakan jenis *Spar Platform* yang pertama kali digunakan pada tahun 1996 dalam industri minyak dan gas. Terdapat tiga *classic SPAR* yaitu Neptune, Genenis, Hoover Diana. Pada bagian *hull* pada *Classic Spar* memiliki 3 bagian yaitu :

1. *Upper Section* : Bagian yang berisi udara untuk mendukung *buoyancy*.
2. *Center well* : *Flooded with seawater*
3. *Keel Section (Soft Tank)* : Bagian untuk transportasi minyak dan tempat instalasi sistem *ballast*.

2.1.4 Truss SPAR

Truss Spar merupakan pengembangan dalam desain dari Spar. Adanya pengaruh dinamis dari struktur Spar sehingga perlu adanya evaluasi desain dari *Classic Spar*. *Truss Spar* pertama kali diaplikasikan pada tahun 2001 ketika perusahaan *Kerr-McGee* berhasil menginstallasi *Nansen Platform* di daerah Teluk Meksiko.

Perido Spar merupakan jenis *Truss Spar* yang paling terkenal karena beroperasi di laut yang sangat dalam yaitu 2450 meter. *Truss* yang digunakan merupakan sebuah sistem yang memberikan daya dukung pada *heave plate* untuk mengurangi pengaruh *heave* pada struktur Spar. Pada *Truss Spar* dibagian *hull* terdiri dari tiga *section* yaitu :

1. *Hard Tank* : Menyediakan tempat terbesar untuk *buoyancy* dari *Truss Spar*.
2. *Truss Section* : support dari *heave plate* dan menyediakan jarak antara *hard tank* dengan *soft tank*
3. *Keel Tank (Soft Tank)* : Terdiri dari *ballast* tetap dan tempat untuk ekspor *pipelines* dan *flowlines*.

2.1.5 Cell SPAR

Cell Spar merupakan inovasi selanjutnya dari *Spar Platform*. *Cell Spar* didesain oleh *Kerr-Mcgee* pada *Red Hawk Project*. *Red Hawk* merupakan satu-satunya cell

Spar didunia ini dan beroperasi mulai tahun 2004. Desain dari *Cell Spar* terdiri dari :

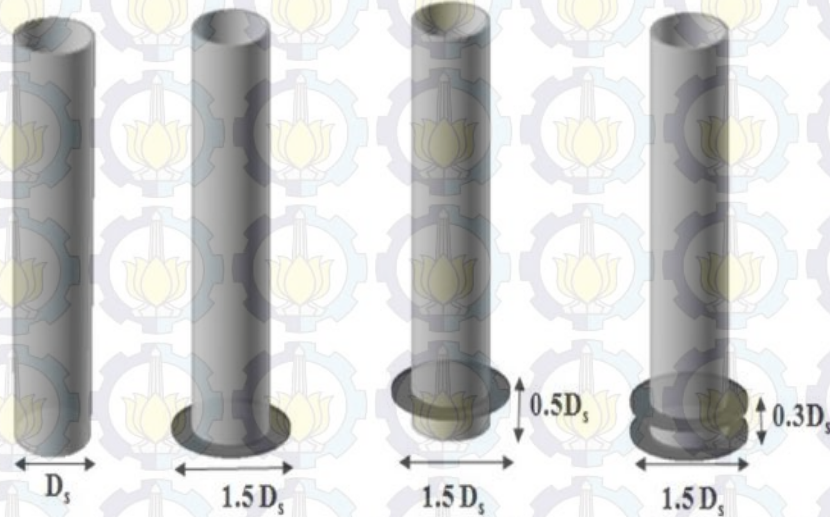
1. *Hard Tank* : Hard tank terdiri dari 6 buah tabung silinder dan mengelilingi tabung ke tujuh yang berada di tengah-tengah.
2. Setiap diameter tabung memiliki panjang 20ft dan terdiri dari variable tangki *ballast*.
3. Pada bagian tengah *hull* yang terdiri dari 3 tabung dengan total 7 tabung merupakan bagian penghubung antara *hard tank* dan *soft tank*.
4. Pada bagian bawah atau *keel* terdiri dari *ballast* permanen.

2.1.6 Teknologi Heave Plate

Spar platform merupakan jenis *platform* yang digunakan untuk eksplorasi hidrokarbon pada laut dalam. Banyak fokus penelitian untuk mengetahui respon hidrodinamika dari *Spar* sehingga dibutuhkan penelitian untuk mengetahui perilaku dinamis dari *Spar*. Adapun outline dari penelitian *Spar* pada bagian bentuk geometri *hull*, penambahan *damping* elemen, variasi *diameter heave plate*, bentuk *heave plate* dan *added mass*. Eksperimental dan numerical simulasi dilakukan untuk mengetahui respon hidrodinamika dari *Spar hull*. Penggunaan *heave plate* pada *offshore platform* bertujuan untuk mengurangi *amplitude* dari struktur tersebut. (S.Sudhakar et.al, 2013) melakukan penelitian secara eksperimental dan numerical dengan variasi diameter *heave plate* untuk mengetahui respon hidrodinamika dalam gelombang regular. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa rasio diameter pada *heave plate* memiliki ukuran sebesar 20-30 persen dari diameter *hull*.

Sementara (L. Tao et al, 2007) melakukan penelitian respon hidrodinamika struktur akibat jarak antar *heave plate* di dapatkan bahwa pengaruh jarak *heave plate* terhadap respon hidrodinamika akan memberikan pengaruh pada peningkatan *heave natural period* dan peningkatan *added mass*. Dari penelitian tersebut penulis ingin mengembangkan dengan melakukan studi respon dinamis pada *spar platform* dengan variasi jarak dan rasio diameter pada gelombang acak

dengan mereferensi dari penelitian sebelumnya untuk mendapatkan variasi *heave plate* yang mampu mereduksi *amplitude* akibat beban gelombang yang terjadi.



Gambar 2.2 Variasi diameter dan jarak heave plate (Sumber : S.Sudhakar, 2013)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Teori Pembebanan

Platform atau anjungan struktur yang khusus didesain untuk kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi dilepas pantai. Struktur ini menjadi subjek terhadap berbagai macam pembebanan. Menurut API RP2A beban yang dapat diterima oleh struktur anjungan lepas pantai adalah sebagai berikut :

2.2.1.1 Beban Mati

Beban mati struktur adalah berat struktur itu sendiri, semua perlengkapan yang permanen dan perlengkapan struktur yang tidak berubah selama beroperasinya struktur. Beban mati terdiri dari :

1. Beban platform diudara
2. Beban perlengkapan yang permanen
3. Gaya hidrostatis dibawah permukaan garis air, termasuk tekanan dan gaya angkat.

2.2.1.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang mengenai struktur dan berubah selama operasi platform berlangsung. Beban hidup terdiri dari :

1. Beban perlengkapan pengeboran dan perlengkapan produksi yang bisa dipasang dan dipindahkan dari platform.
2. Berat dari tempat tinggal (*living quarters*), *heliport*, dan perlengkapan penunjang lainnya yang bisa dipasang dan dipindahkan dari platform.
3. Berat dari suplai kebutuhan dan benda cair lainnya yang mengisi tangki penyimpanan.
4. Gaya yang mengenai struktur selama operasi seperti pengeboran, penambatan kapal, dan beban helicopter.
5. Gaya yang mengenai struktur dari penggunaan *crane* diatas deck.

2.2.1.3 Beban Lingkungan

Beban lingkungan yang mengenai struktur dikarenakan fenomena alam seperti angin, arus, gelombang, gempa bumi, salju es, dan pergerakan gerak bumi. Beban lingkungan juga didalamnya termasuk variasi tekanan hidrostatik dan gaya angkat pada setiap elemen karena perubahan tinggi air yang disebabkan oleh perubahan gelombang dan pasang surut.

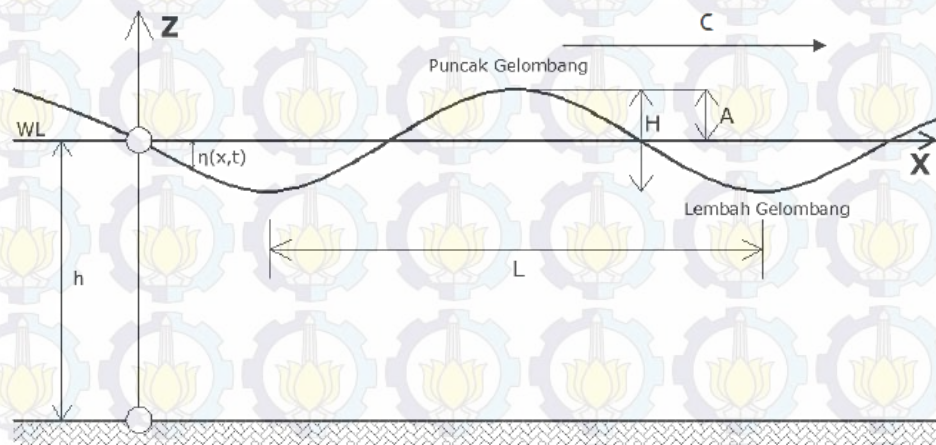
2.2.1.4 Beban Dinamik

Beban dinamik ini disebabkan karena adanya gaya yang berulang-ulang seperti gelombang, angin, gempa bumi, atau getaran mesin, juga akibat benturan kapal pada struktur dan pengeboran.

Perhitungan beban-beban lingkungan yang bekerja pada struktur mengacu pada rekomendasi yang diberikan API RP2A dan dilakukan berdasarkan data *oseanografi* dan *meteorology* seperti tinggi gelombang, periode gelombang, kecepatan angin, arus, pasang surut, gempa bumi, kondisi tanah dan lain sebagainya.

2.2.2 Teori Gelombang

Teori gelombang memiliki parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang, dan kedalaman air dimana gelombang tersebut menjalar. Parameter-parameter yang lain seperti pengaruh kecepatan dan percepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok di atas. Secara skematik dimensi mengenai karakteristik gelombang dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Karakteristik Gelombang (Sumber : S.Sudhakar, 2013)

- Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik tertinggi gelombang yang berurutan. Bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang.
- Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melewati suatu titik tertentu.
- Kecepatan rambat gelombang/*celerity* (C) adalah perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T). ketika kedalaman air menjalar dengan kecepatan C , partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air tenang yaitu $z = 0$, sehingga dasar laut adalah sama dengan $z = -h$.

- Amplitudo (A) adalah jarak vertikal antara puncak/titik tertinggi gelombang atau lembah / titik terendah gelombang dengan muka air tenang (H/2).

2.2.3 Gaya Gelombang

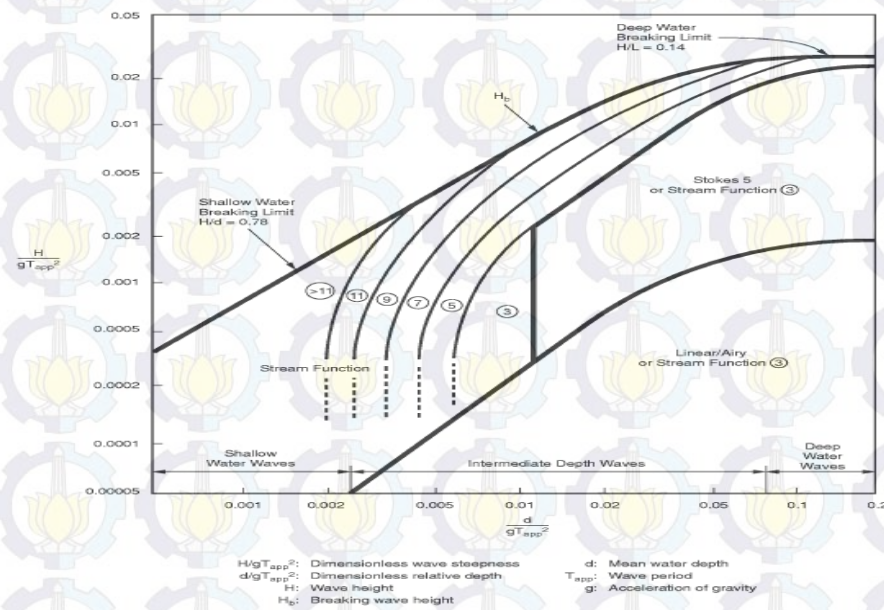
Menurut API RP 2T (1987), beban gelombang yang dibangkitkan oleh angin merupakan beban lingkungan yang terbesar bangunan lepas pantai. Beban gelombang pada hull SPAR harus diperhitungkan dengan seksama, dua pendekatan yang digunakan adalah dengan menggunakan teori difraksi dan teori Morison. Dalam suatu analisa dan perancangan yang lengkap, sebaiknya semua gaya yang mungkin terjadi di atas harus dipertimbangkan. Namun biasanya, untuk tujuan analisa tertentu, hanya gaya-gaya tertentu saja, yang dianggap paling dominan yang dipertimbangkan. Pada Tugas Akhir ini, beban lingkungan yang diperhitungkan adalah beban gelombang yang diasumsikan sebagai beban yang dominan. Menurut Indiyono (2003) beban gelombang merupakan beban terbesar yang ditimbulkan oleh beban lingkungan pada bangunan lepas pantai (*offshore structure*). Perhitungan beban gelombang dapat direpresentasikan dengan perhitungan gaya gelombang. Dalam tugas akhir ini, teori yang tepat untuk menghitung gaya gelombang pada SPAR menggunakan teori difraksi. Dalam teori ini bilamana suatu struktur mempunyai ukuran yang relatif besar ($D/\lambda > 0.2$) maka keberadaan struktur ini akan mempengaruhi timbulnya perubahan arah pada medan gelombang disekitarnya. Dalam hal ini difraksi gelombang dari permukaan struktur harus diperhitungkan dalam evaluasi gaya gelombang.

2.2.4 Penentuan Teori Gelombang

Penentuan teori gelombang yang akan digunakan dapat dilakukan dengan menggunakan grafik validitas yang disebut "*Region of Validity of Wave Theories*" dengan menggunakan parameter-parameter gelombang yang ada seperti tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), dan kedalaman air (d). Dengan pendekatan formulasi matematika, Mousseli (1981) memberikan rumusan sebagai berikut :

$$\frac{H}{gT_{app}^2} \text{ dan } \frac{d}{gT_{app}^2} \quad (2.1)$$

Hasil dari formulasi matematika tersebut kemudian disesuaikan dengan grafik Daerah Aplikasi Teori Gelombang seperti terlihat pada gambar 6, sehingga dapat diketahui teori gelombang yang digunakan.



Gambar 2.5 Grafik Region of Validity (API RP2A WSD)

2.2.5 Spektrum Gelombang Laut

Spektrum gelombang mendeskripsikan kandungan energi dalam gelombang laut dan distribusinya terhadap rentang frekuensi dari gelombang acak. Oleh karena itu, disain dengan menggunakan metode gelombang acak mungkin menjadi penting khususnya ketika mendesain struktur terapung.

2.2.5.1 Konsep Tinggi Signifikan Gelombang

Tinggi signifikan adalah parameter yang sangat berguna untuk mendeskripsikan gelombang permukaan laut acak dan spectrum gelombang. Tinggi gelombang signifikan didefinisikan sebagai tinggi rata-rata arimatika dari sepertiga bagian gelombang yang terekam pada data gelombang. Tinggi signifikan menjadi penting

pada mekanika gelombang karena kebanyakan analisa spektrum energi dihubungkan dengan tinggi signifikan gelombang.

2.2.5.2 Hubungan antara Tinggi Gelombang dengan Spektrum Gelombang

Deskripsi gelombang permukaan acak yang dikerjakan oleh Pierson adalah mengabungkan konsep utama dari mekanika klasik dan teori stokastik menjadi spektrum energi untuk memprediksi perilaku gelombang di laut lepas. Data tinggi gelombang dianalisa dengan menggunakan fungsi probabilitas densitas *Rayleigh* yaitu:

$$p(H) = \frac{2H}{H_{rms}^2} e^{-H^2/H_{rms}^2} \quad (2.1)$$

Dimana H_{rms} adalah rata-rata akar kuadrat dari rekaman data tinggi gelombang.

Dengan fungsi tersebut didapatkan histogram distribusi dari tinggi gelombang. Hubungan antara tinggi dan spectrum gelombang dapat dilihat dari hubungan antara energi suatu gelombang dan tinggi gelombang yang ada. Bentuk persamaan untuk gelombang sinusoidal sederhana adalah :

$$\eta(x, t) = A \cos x (kx - \omega t) \quad (2.2)$$

Total energy per satuan luas dari gelombang diatas adalah :

$$E = \frac{1}{2} \rho g A^2 = \frac{1}{2} \rho g H^2 \quad (2.3)$$

Dimana $H = (2A)$

2.2.5.3 Model Spektrum

Banyak formula spectrum dikembangkan untuk digunakan dalam mendesain struktur lepas pantai. Formula yang sering digunakan adalah formula spektrum Model Pierson – Moskowitz, Bretschneider, ISSC, dan JONSWAP.

Bentuk umum persamaan dari spektrum gelombang adalah sebagai berikut :

$$S(\omega) = A_0 \omega^{-m} e^{-\beta \omega^{-n}} \quad (2.4)$$

Dimana A_0 , B , m , dan n adalah koefisien empiris yang mendefinisikan spektrum. Secara umum nilai $m = 5$ dan $n = 4$ digunakan pada persamaan sedangkan A_0 dan B didapatkan secara empiris.

A. Model Spektrum Pierson Morkowitz

Model spektrum ini dikenal juga sebagai spektrum kecepatan angin karena secara langsung memasukkan variabel kecepatan angin dalam fungsi spektrum. Spektrum kecepatan angin dengan *fetch* yang tidak terbatasmempunyai bentuk umum seperti persamaan dibawah ini:

$$S(\omega) = 0.0081 \frac{g^2}{\omega^5} e^{-B/\omega^4} \left(m^2 - \frac{s}{rad} \right) \quad (2.5)$$

Dimana :

g = Percepatan gravitasi (m^2/s)

ω = frekuensi angular gelombang (rad/s)

$B = 0.74 \left(\frac{g}{V_w} \right)^4$, V_w = Kecepatan angin diketinggian 19.5 m dari SWL (m/s)

B. Model Spektrum Bretschneider

Model spektrum Bretschneider dikenal juga sebagai spektrum tinggi signifikan-periode gelombang. Spektrum ini menggunakan tinggi signifikan gelombang daripada kecepatan angin sebagai variable pada fungsi spektrum gelombang. Persamaan fungsinya seperti persamaan 2.5 tetapi variabel B nya merupakan fungsi dari tinggi signifikan seperti pada persamaan 2.6.

$$B = \frac{3.11}{H_s^2} \quad (2.6)$$

Dimana :

H_s = Tinggi Signifikan Gelombang (m)

C. Model Spektrum Ochi dan Hubble

Model spektrum Ochi dan Hubble merupakan pengembangan dari model spektrum Bretschneider. Persamaan model spektrumnya dapat dilihat pada persamaan 2.7.

$$S(\omega) = \frac{1.25 \omega_m^4}{4 \omega^5} H_s^2 e^{-1.25 \left(\frac{\omega_m}{\omega} \right)^4} (m^2 \cdot s/rad) \quad (2.7)$$

Dimana :

ω_m = frekuensi angular maksimum pada spektrum (rad/s)

D. Model Spektrum JONSWAP (Joint North Sea Wave Observation Project)

Model spektrum JONSWAP adalah hasil dari eksperimen internasional yang dilakukan di North Sea. Bentuk persamaan dari JONSWAP sangat berbeda dengan persamaan Pierson-Moskowitz. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$S(\omega) = \alpha g^2 e^{\left[-1.25\left(\frac{\omega}{\omega_m}\right)\right]} \cdot \gamma e^{[-(\omega-\omega)^2/2\sigma^2\omega_m^2]} \quad (\text{m}^2\text{-s/rad}) \quad (2.8)$$

Dimana :

$\gamma = 3.3$ Untuk mean data JONSWAP

$\gamma = 7.0$ Untuk spektrum yang mempunyai puncak yang curam

$\sigma = 0.07$ untuk $\omega \leq \omega_m$

$\sigma = 0.09$ untuk $\omega > \omega_m$

$\omega_m = 2\pi(3.5) \left(\frac{g}{V_w}\right) (\dot{X})^{-0.33}$ (Frekuensi Puncak)

$\alpha = 0.076(\dot{X})^{-0.22}$ atau 0.0081

$\dot{X} = gX/V_w^2$

$X =$ Panjang fetch

$V_w =$ Kecepatan angin

2.2.5.4 Hubungan antara Spektra Beban Gelombang dengan Spektra Respon Struktur

Hubungan antara spectra beban gelombang dengan spectra respon struktur dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$S_u(\omega) = \frac{1}{K^2} |H(\omega)|^2 S_p(\omega) \quad (2.9)$$

Dimana :

$S_u(\omega) =$ Spektra respon struktur

$H(\omega) =$ Fungsi respon harmonic

$S_p(\omega)$ = Spektra beban gelombang

- Fungsi Respon Beban Harmonik

Persamaan gerak untuk struktur linear adalah seperti persamaan 2.10 berikut :

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t) \quad (2.10)$$

$p(t)$ adalah gaya eksitasi harmonik yang merupakan fungsi konstan dari P_0 dan frekuensi angular (ω).

$$p(t) = P_0 e^{j\omega t} \quad (2.11)$$

Solusi harmonic dari persamaan 2.11 didapatkan dengan metode integrasi Duhamel atau penyelesaian klasik adalah sebagai berikut :

$$u(t) = \frac{p_0}{k} H(\omega) e^{j\omega t} \quad (2.12)$$

Kemudian mensubstitusikan persamaan 2.11 dan 2.12 ke persamaan 2.10, sehingga didapatkan persamaan 2.13, dimana $u(t)$ didifferensiasikan terlebih dahulu menjadi komponen kecepatan dan percepatan.

$$(j^2 m\omega^2 + jc\omega + k)e^{j\omega t} H(\omega) = ke^{j\omega t} \quad (2.13)$$

Karena $j^2 = -1$ maka fungsi respon harmonic menjadi :

$$H(\omega) = (-m\omega^2 + jc\omega + k)^{-1} \quad (2.14)$$

Dalam bentuk mutlak, persamaanya dapat ditulis kembali seperti persamaan dibawah ini :

$$|H(\omega)| = [H(\omega)H^*(\omega)]^{-1/2} = k[(k - m\omega^2)^2 + c^2\omega^2]^{-1/2} \quad (2.15)$$

Dengan mendistribusikan persamaan 2.15 ke persamaan 2.9 maka didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$S_u(\omega) = \frac{|G(\omega)|^2 S(\omega)}{(k - m\omega^2)^2 + c^2\omega^2} \quad (2.16)$$

Kemudian dari persamaan diatas, didapatkan varians dari respon yaitu :

$$\sigma_v^2 = 2 \int_0^\infty \frac{|G(\omega)|^2 S(\omega)}{(k - m\omega^2)^2 + c^2\omega^2} d\omega \quad (2.17)$$

Persamaan 2.16 dapat ditulis kembali dengan mensubstitusikan $G(\omega)$ sehingga didapatkan persamaan di bawah ini :

$$S_u(\omega) = \left(\frac{|F(\omega)|}{k - m\omega^2 + c\omega} \right)^2 S(\omega) \quad (2.18)$$

2.2.6 Response Amplitude Operator

Response amplitude operator adalah amplitudo dari respon struktur per satuan unit amplitudo gelombang. Dari persamaan 2.18 atau persamaan spectra respon struktur bisa didapatkan fungsi transfer yang dinamakan RAO. Hubungan antara RAO dan spectra respon struktur untuk persatuan unit amplitudo adalah :

$$S_u(\omega) = (RAO(\omega))^2 S(\omega) \quad (2.19)$$

Pada persamaan 2.18, fungsi transfer respon struktur untuk per satuan unit tinggi signifikan (H_s). Untuk per satuan unit amplitudo gelombang persamaan fungsi RAO (Response Amplitude Operator) menjadi sebagai berikut, dimana, amplitudo (A) = $H_s/2$:

$$RAO = \frac{\frac{|F(\omega)|}{H_s/2}}{k - m\omega^2 + c\omega} \quad (2.20)$$

2.2.7 Analisa Dinamis

Menurut Chakrabarti ada dua pendekatan dasar yang dipertimbangkan dalam menganalisa masalah struktur terapung, yaitu dengan metode *frekuensi domain* dan *time domain*. Frekuensi domain biasanya dilakukan untuk penyelesaian yang sederhana. Solusi pada metode ini diperoleh melalui pendekatan persamaan diferensial. Keterbatasan dari metode ini adalah semua persamaan *non-linier* harus dirubah dalam bentuk persamaan linier.

Sedangkan untuk metode *time domain* menggunakan pendekatan integrasi numeris dari persamaan gerak dari semua sistem *non-linier*. Beberapa contoh persamaan yang menggunakan analisa non-linier adalah gaya drag, gaya pada *mooring* dan viskositas *damping*.

API RP 2T membagi analisa dinamis struktur lepas pantai kedalam 2 metode analisa domain, yaitu:

1. *Frequency domain analysis* adalah simulasi kejadian pada saat tertentu dengan interval frekuensi yang telah ditentukan sebelumnya. Frekuensi domain juga

dapat digunakan untuk memperkirakan respon gelombang acak termasuk gerakan platform dan percepatan, gaya tendon dan sudut. Keuntungannya adalah lebih menghemat waktu perhitungan dan juga input atau output lebih sering digunakan oleh perancang. Namun kekurangannya metode ini adalah semua persamaan non-linier harus diubah dalam bentuk linear.

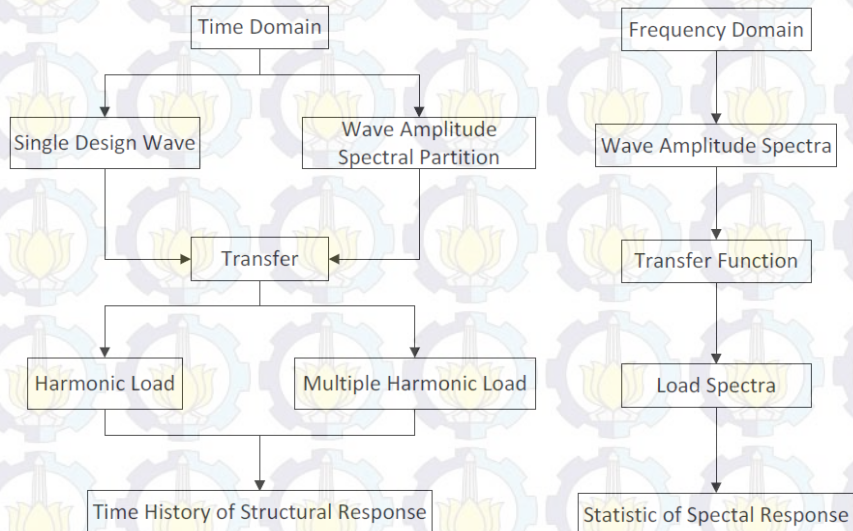
2. *Time domain analysis* adalah penyelesaian gerakan dinamis struktur berdasarkan fungsi waktu. Pendekatan yang dilakukan dalam metode ini menggunakan prosedur integrasi waktu dan akan menghasilkan respon *time history* berdasarkan waktu $x(t)$.

Sejak integrasi numerik langsung persamaan motion dilakukan, pengaruh-pengaruh fungsi-fungsi nonlinier gelombang relevan dan variabel-variabel motion diikutkan. Keuntungan dari metode *time domain* dibanding metode *frequency domain* adalah semua tipe *non-linier* (matrik sistem dan beban-beban eksternal) dapat dimodelkan dengan lebih tepat. Ketidakuntungannya adalah memerlukan waktu menghitung yang lebih banyak, seperti periode simulasi memerlukan waktu panjang. Simulasi *time domain* dapat dikerjakan menurut beberapa skema integrasi. Untuk dapat mewakili kondisi sebenarnya simulasi minimal dilakukan selama 3 jam.

Dengan menyelesaikan persamaan tersebut menggunakan prosedur integrasi waktu, satu didapat solusi pada pola *responses time history* (t). Pada umumnya semua matrik sistem (*massa*, *damping* dan kekakuan) dapat difungsikan sebagai respon atau waktu, seperti pada kasus vektor beban (analisis *non-linier*). Matrik sistem konstan memberikan analisis *linier*. Output dari analisis *time domain* adalah respons *time series* dimana:

1. Simulasi gelombang reguler dapat digunakan untuk memprediksikan *transfer function* dengan mengambil rasio *respons amplitude* dengan input amplitudo gelombang.
2. Spektrum respons dapat dihitung dari *time series*, memberikan informasi yang sama dengan analisis *frekuensi domain*.

3. Respon ekstrim dapat diestimasi secara langsung dari puncak respons selama simulasi.



Gambar 2.6 Alur analisa *Time Domain* dan *Frequency Domain*

2.2.8 Gerakan pada SPAR

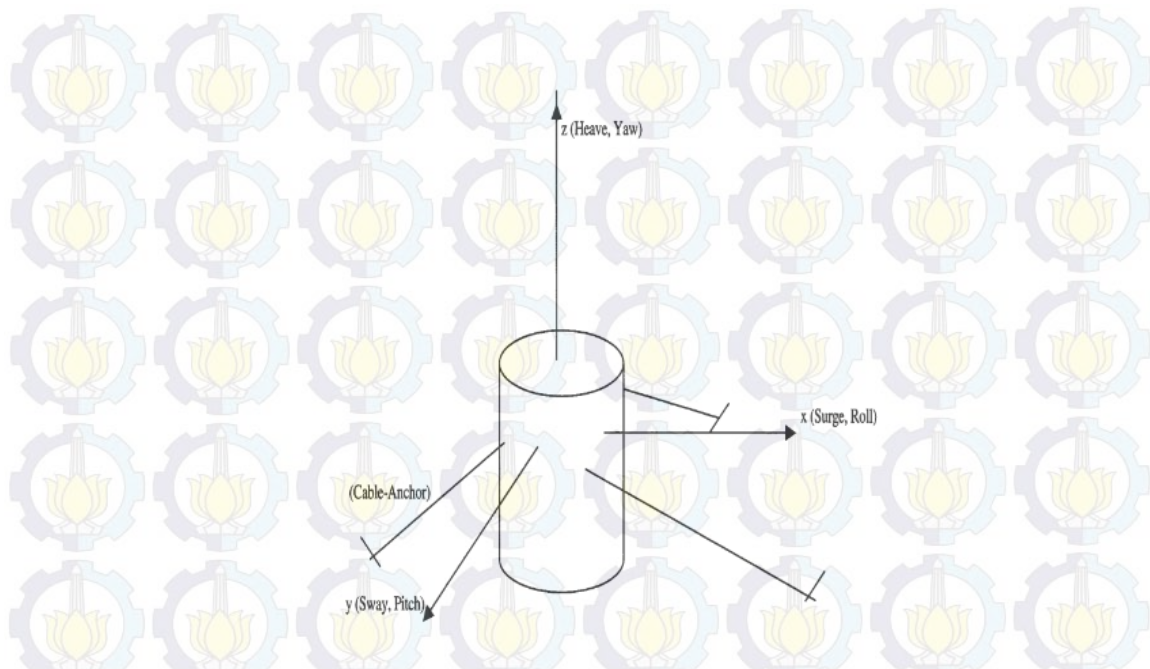
Beban Pada dasarnya gerakan pada struktur SPAR adalah sama dengan gerakan floating structures atau compliant structures lainnya, yaitu memiliki enam (6) derajat kebebasan :

a. Gerakan Translasi

- *Surge*, gerakan transversal arah sumbu x
- *Sway*, gerakan transversal arah sumbu y
- *Heave*, gerakan transversal arah sumbu z

b. Gerakan Rotasional

- *Roll*, gerakan rotasional arah x
- *Pitch*, gerakan rotasional arah y
- *Yaw*, gerakan rotasional arah z



Gambar 2.7 Derajat kebebasan gerak SPAR

2.2.9 Persamaan Gerak SPAR

Faktor yang menentukan pada analisa gerakan SPAR adalah massa, redaman dan kekakuan. Pada penelitian ini faktor redaman diabaikan karena redaman yang terjadi pada SPAR sangat kecil sekali sebesar 1%, sehingga faktor yang berpengaruh pada analisa dinamis hanya disebabkan oleh massa dan kekakuan. Sehingga untuk menurunkan persamaan gerak tanpa redaman menurut Patti dan Witz (1991), adalah massa ini dipengaruhi dari massa struktur dan massa tambahan akibat percepatan *fluida* atau struktur dan kekakuan yang disebabkan oleh kekakuan *hull* dan kekakuan *mooring*. Secara umum persamaan gerak dinamis adalah sbb:

$$(m + ma)\ddot{X} + C\dot{X} + KX = F(t) \quad (2.21)$$

Massa struktur untuk gerakan translasi :

$$m_{11} = surge = \rho.V$$

$$m_{22} = sway = \rho.V$$

$$m_{33} = heave = \rho.V$$

Massa struktur untuk gerakan rotasi :

$$m_{44} = roll = \rho.V . J_{xx}^2$$

$$m_{55} = pitch = \rho.V . J_{yy}^2$$

$$m_{66} = \text{yaw} = \rho \cdot V \cdot J_{zz}^2$$

Dimana :

V : volume struktur (m³)

J_{xx} : jari-jari girasi arah *roll* (m)

J_{yy} : jari-jari girasi arah *pitch* (m)

J_{zz} : jari-jari girasi arah *yaw* (m)

Gerakan platform mengakibatkan partikel air yang berada disekeliling platform mengalami percepatan sehingga menimbulkan gaya inersia hidrodinamis. Besar gaya ini proporsional dengan percepatan yang ditimbulkannya dan koefisien proporsionalitasnya dikenal sebagai massa tambah (*added mass*). Gaya inersia dan massa tambah yang terjadi akibat percepatan struktur ini arahnya akan berlawanan dengan arah percepatannya. Dalam perhitungan massa tambah ini, percepatan yang diperhitungkan hanyalah komponen percepatan yang tegak lurus terhadap sumbu silinder. Sementara itu, koefisien massa tambah silinder yang dipercepat secara aksial, efek permukaan bebas dan interaksi antar member yang berdekatan diabaikan.

Kekakuan (k) timbul akibat gaya hidrostatis, yang disebut *hydrostatic stiffness* (Sutomo). Menurut Patel dan Witz (1991), kekakuan hidrostatis hull untuk gerakan arah *surge*, *sway* dan *yaw* adalah nol. Kekakuan hidrostatis untuk gerakan *heave*, *roll* dan *pitch* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$k_{33} = \text{heave} = \rho \cdot g \cdot \Sigma A_w$$

$$k_{44} = \text{roll} = \rho \cdot g \cdot V \cdot (GM)_r$$

$$k_{55} = \text{pitch} = \rho \cdot g \cdot V \cdot (GM)_p$$

Dimana:

A_w : Luas bidang air struktur

GM : Jarak titik berat ke *metacenter hull*

Persamaan berikut adalah persamaan gerak dari *surface paltform* pada 6 derajat kebebasan. Displacemen (X) dapat dicari dengan menggunakan persamaan

sbb :

$$X = A \cos \omega n t + B \sin \omega n t \quad (2.22)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2.23)$$

Dimana :

ω_n = frekuensi natural dari struktur yang ditinjau

k = kekakuan dari struktur

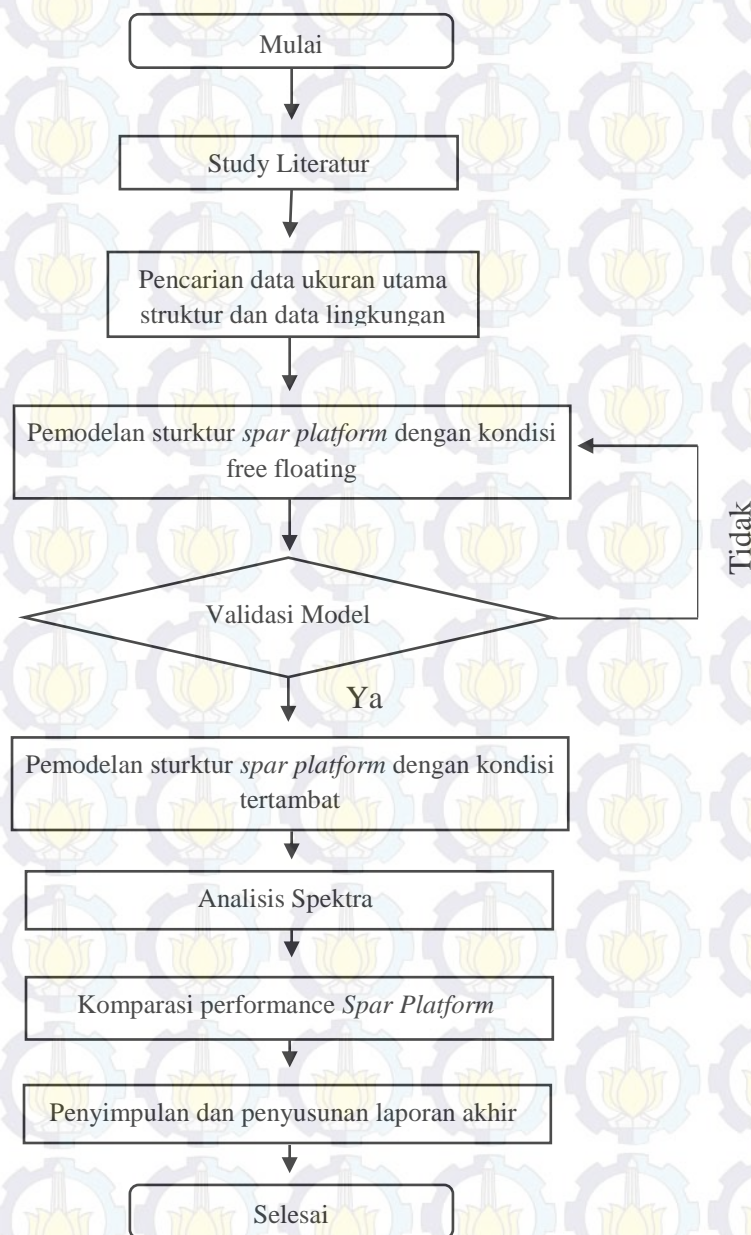
m = massa dari struktur

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Untuk pengerjaan tugas akhir ini, digunakan metode pelaksanaan program sesuai dengan diagram alir berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir (flowchart) metodologi penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Mencari teori-teori dan data-data yang akan digunakan dalam penelitian dan analisa. Data-data dan teori yang digunakan diperoleh dari :

- Jurnal,
- Buku-buku literatur,
- *Internet (website)*.

3.2.2 Pencarian Data Ukuran Utama Struktur dan Data Lingkungan

Pada tahapan ini akan dilakukan pencarian data-data gelombang, arus, pasang surut dan angin. Pencarian data dilakukan dengan mengambil data sekunder dari lokasi yang ditentukan. Tahapan ini mencari data struktur yang dimodelkan. Pada penelitian ini data struktur SPAR akan dimodelkan dan dianalisa dengan ANSYS AQWA.

Tabel 3.1. Data Struktur SPAR

Deskripsi	Satuan	SPAR
Kedalaman air	m	590
Diameter <i>Hull</i>	m	21.945
Panjang <i>Hull</i>	m	215
<i>Freeboard</i>	m	16.88
KG	m	95.71
KB	m	99.06
Jumlah <i>Mooring Line</i>	buah	4
hard tank	m	198.12
G from msl	m	102.41
B from msl	m	99.12

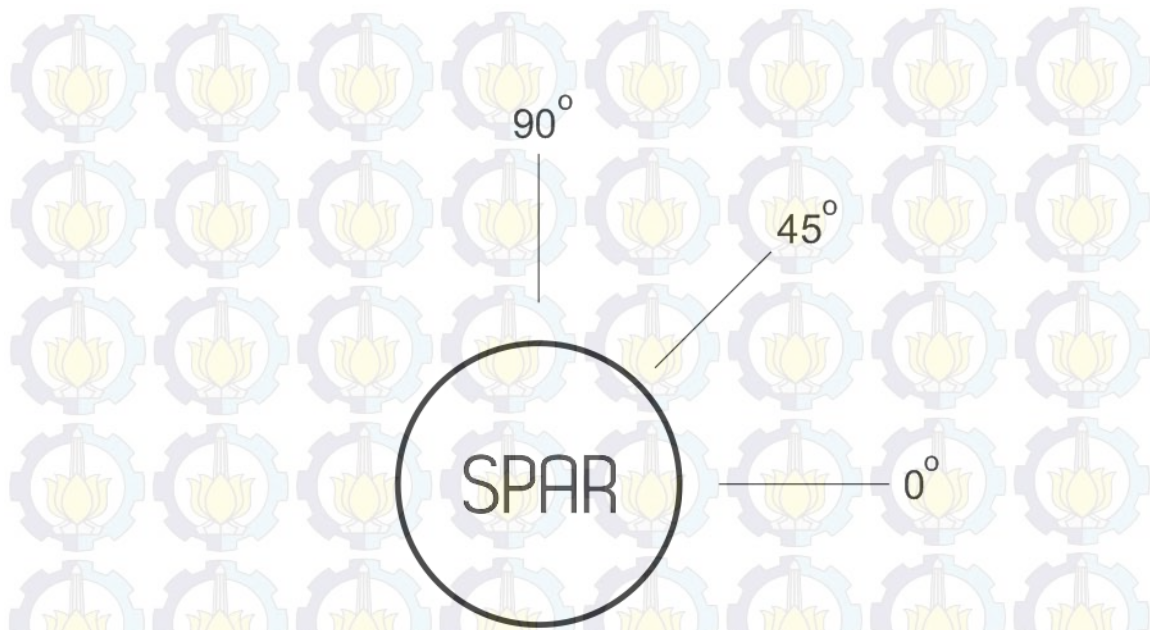
Tabel 3.2. Data lingkungan 100 Tahun kondisi badai Teluk Meksiko

Deskripsi	Satuan	Quantity
Gelombang		
Gelombang Signifikan, H_s	m	12.19
<i>Peak Period</i> , T_p	sec	14
<i>Wave Spectrum</i>	<i>JONSWAP</i> ($\gamma = 3$)	
Direction	deg	180 ⁰
Wind		
Velocity	m.s	41.12 m/s @ 10m
Spectrum	API RP 2T	
Direction	deg	210 ⁰
Current		
Profile		
At surface (0m)	m/s	1.0668
At 60.96 m	m/s	1.0688
At 91.44 m	m/s	0.0914
On the sea bottom	m/s	0.0914
Direction	deg	150 ⁰

3.2.3 Pemodelan Struktur

Pemodelan dilakukan dengan *software ANSYS*, yaitu pemodelan struktur dan pemodelan untuk analisa beban dinamis yang bekerja pada *hull* dengan *software ANSYS AQWA*, Tahapan pemodelan dengan *software ANSYS AQWA* adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan SPAR pada ANSYS
2. Model SPAR divariasikan dengan penambahan *heave plate* dengan variasi rasio diameter 120%, 122%, 124%, 128%, 130% dari diameter hull. Pada variasi jarak antar *heave plate* sebesar 4m, 8m, 16m, 32m, 64m.
3. Pada kondisi tertambat dilakukan pemodelan menggunakan *software ANSYS AQWA*, kondisi lingkungan dan *heading* pada 0°, 45°, 90°.



Gambar 3.3 *Heading* pada SPAR kondisi tertambat

4. Melakukan analisa dalam frequency domain, sehingga memperoleh Motion Response Operator (RAO Motion), Motion Response Spektra.

3.2.4 Analisis Spektra Respon Struktur

Hasil RAO yang didapatkan dari hasil pemodelan dan analisis ANSYS AQWA akan di analisis secara numerical dengan menggambarkan distribusi respon dari struktur akibat gaya eksitasi yang diberikan kepada struktur.

3.2.5 Komparasi performance SPAR Platform

Hasil spektra respon struktur dari variasi yang dilakukan akan di komparasikan untuk mendapatkan hasil dimensi *heave plate* yang terbaik dan jarak antar *heave plate*.

3.2.6 Penyusunan Laporan

Seluruh rangkaian kegiatan di atas akan dilaporkan dalam bentuk sebuah laporan akhir. Laporan akhir berisi penjelasan pelaksanaan kegiatan penelitian dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan. Berhasil atau tidaknya penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada kesimpulan laporan akhir ini.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Variasi Pemodelan SPAR

Data-data yang diperlukan untuk pemodelan dan analisa struktur model adalah data spesifikasi struktur SPAR dan data lingkungan pada table 3.1 dan 3.2. Untuk data model variasi pada heave plate pada rasio diameter adalah sebagai berikut :

1. Variasi Rasio Diameter heave plate

Tabel 4.1. Variasi Rasio Diameter *Heave Plate*

<i>Configure s heave plate</i>	<i>Parameter Geometry (m)</i>	<i>Heave Plate Diameter Ratio (m)</i>				
		120%Dh	122%Dh	124%Dh	128%Dh	130%Dh
Spar dengan 3 Heave Plate	<i>Spar Diameter Hull</i>	21.945				
	<i>Total Draft</i>	198.12				
	<i>Heave Plate Thickness</i>	0.3				
	<i>Heave Plate Diameter</i>	26.334	26.776	27.211	28.089	28.528
	<i>Relative Spacing</i>	13	13	13	13	13

2. Variasi Jarak Antar *Heave Plate*

Tabel 4.2. Variasi jarak antar *Heave Plate*

<i>Configures heave plate</i>	<i>Parameter Geometry (m)</i>	<i>Heave Plate Diameter Ratio (m)</i>				
		130% Dh				
Spar dengan 3 Heave Plate	<i>Spar Diameter Hull</i>	21.945				
	<i>Total Draft</i>	198.12				
	<i>Heave Plate Thickness</i>	0.3				
	<i>Heave Plate Diameter</i>	28.528				
	<i>Relative Spacing</i>	4	8	16	32	64

4.1.1 Weight Summary

Pemodelan yang dilakukan pada bagian *hull* SPAR dan untuk beban pada *hull* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3. Rincian *Weight Summary* SPAR

<i>WEIGHT SUMMARY</i>	<i>WEIGHT (Kips)</i>	<i>WEIGHT (Kg)</i>
<i>Hard Tank Steel Weight</i>	9710	4413636.36
<i>Hard Tank Margin</i>	1796	816363.64
<i>Midsection Steel Weight</i>	4595	2088636.36
<i>Midsection Margin</i>	0	0.00
<i>Soft Tank Steel Weight</i>	2089	949545.45
<i>Soft Tank Margin</i>	376	170909.09
<i>Sub Total</i>	18566	8439090.91
<i>Hull Steel Weight</i>	18567	8439545.45
<i>Outfitting Weight</i>	4389	1995000.00
<i>Total Topside Weight</i>	12000	5454545.45
<i>Weight of Oil</i>	0	0.00
<i>Sub Total</i>	34956	15889090.91
<i>Other Weight</i>	0	0.00
<i>Fixed Ballast</i>	2474	1124545.45
<i>Weight of Variable Ballast</i>	4876	2216363.64
<i>Sub total</i>	7350	3340909.09
<i>Sub total</i>	60872	27669090.91
<i>Internal Water</i>	123708	56230909.09
<i>Total Weight (Kg)</i>		83900000.00
<i>Vertical Load (kg)</i>		1073181.82
<i>Weight Plus Vertical Load (kg)</i>		84973181.82

Dikarenakan adanya penambahan pada *heave plate* akan berdampak pada perubahan berat yang diterima hull pada masing – masing variasi ratio diameter *heave plate*. Perubahan berat yang terjadi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4. Perubahan berat akibat penambahan *heave plate*

RASIO DIAMETER <i>HEAVE PLATE</i>	VARIASI	LUAS HP (m ²)	VOLUM E(m ³)	WEIGHT (kg)	Berat Total (kg)
		120% Dh	166.34	49.90	1175.18
	122% Dh	184.64	55.39	1304.45	84974486.27
	124% Dh	203.24	60.97	1435.86	84974617.68
	128% Dh	241.34	72.40	1705.08	84974886.90
	130% Dh	260.85	78.25	1842.90	84975024.72

Variasi yang dilakukan mengakibatkan terjadinya perubahan pada *centre of buoyancy* dan perubahan pada *centre of gravity* yang akan mempengaruhi stabilitas dari SPAR yang divariasikan. Pada tabel 4.5 akan menjelaskan perubahan COG dan COB dari variasi SPAR.

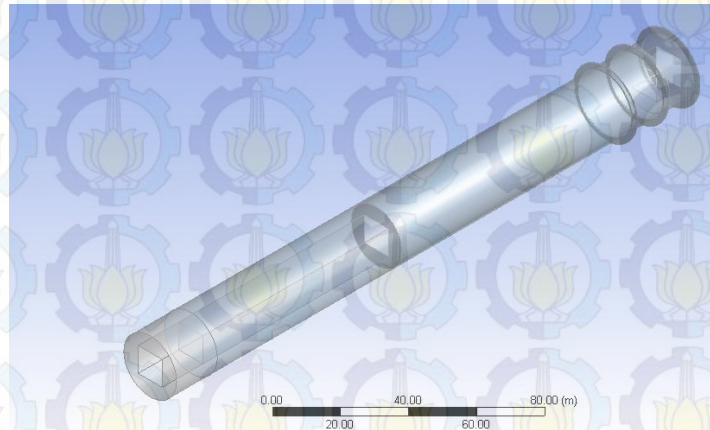
Tabel 4.5. Perubahan COG dan COB akibat penambahan *heave plate*

RASIO DIAMETER <i>HEAVE PLATE</i>	VARIASI	Berat Total (kg)	KG (m)	Volum Gab (m ³)	KB (m)
		120% Dh	84974357.00	105.0012858	55135.70
	122% Dh	84974486.27	105.0014272	55141.19	-99.08
	124% Dh	84974617.68	105.0015710	55146.77	-99.07
	128% Dh	84974886.90	105.0018655	55158.20	-99.05
	130% Dh	84975024.72	105.0020163	55164.05	-99.04

4.2 Pemodelan dan analisis struktur SPAR pada kondisi *free floating*

4.2.1 Pemodelan SPAR pada Design Modeler ANSYS

Pemodelan SPAR yang akan di variasikan dilakukan dengan menggunakan *Design Modeler* dari ANSYS. Input berupa diameter *hull* SPAR, jumlah *heave plate*, jarak *heave plate*, dan variasi ratio diameter *heave plate*.

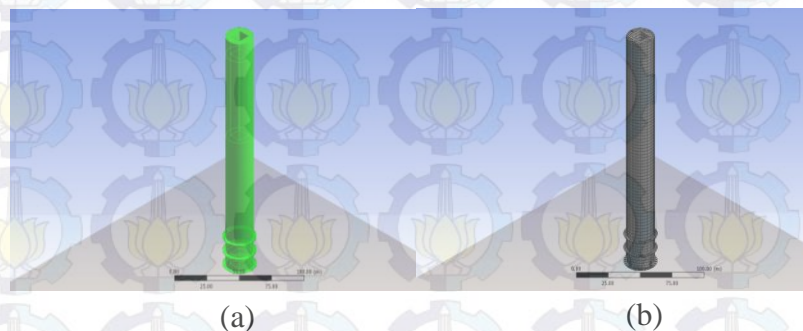


Gambar 4.1 Pemodelan SPAR pada ANSYS

4.2.2 Analisa model SPAR pada ANSYS AQWA

Analisis dilakukan dengan menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui RAO dari variasi tiap model rasio diameter *heave plate* dan jarak antar *heave* dengan input berupa :

1. *Water depth*
2. Point mass : X, Y, Z position of COG, Mass, Radius of Gyration
3. Point of Buoyancy
4. Meshing

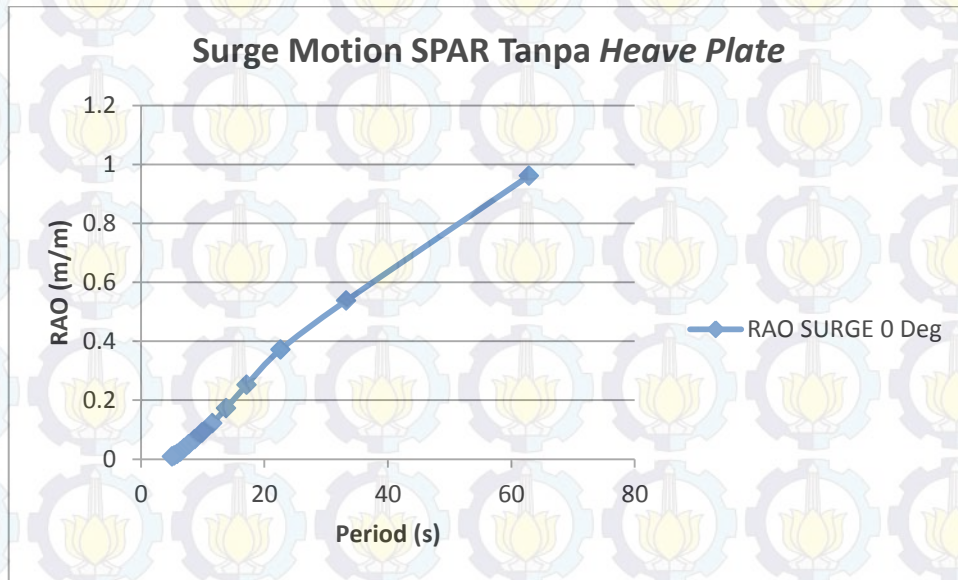


Gambar 4.2 Model SPAR (a); *Meshing model* (b)

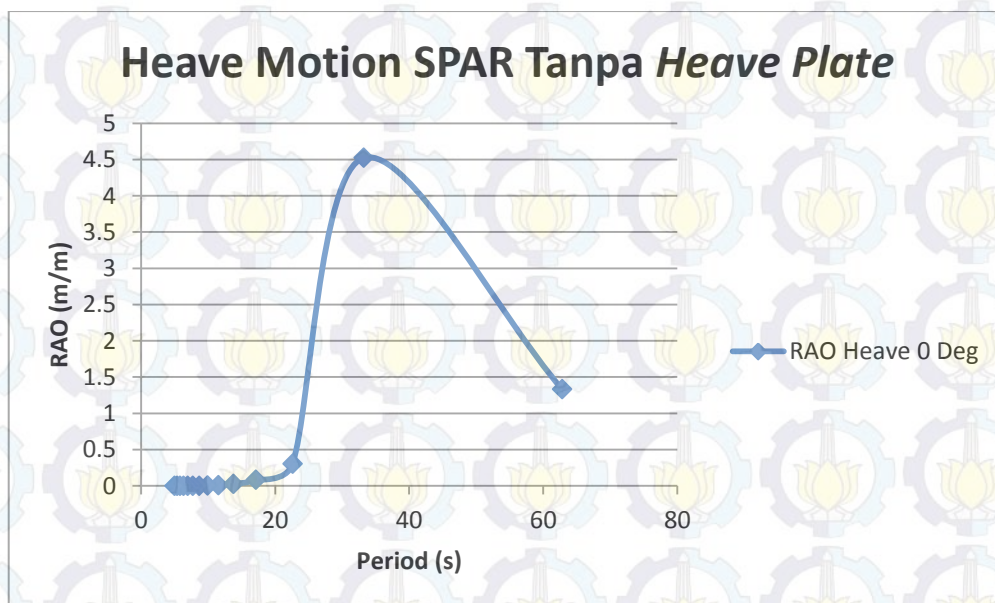
4.3 Analisa Model

Sebelum melakukan analisa dinamis dengan berbagai variasi, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan (*check*) terhadap model struktur yang telah dibuat.

Validasi model struktur dilakukan dengan membandingkan *motion response operator* struktur *free floating* yang dibebani dari beberapa arah antara lain 0° dengan beban lingkungan yang sama. Hasil yang diperoleh sebagai berikut :

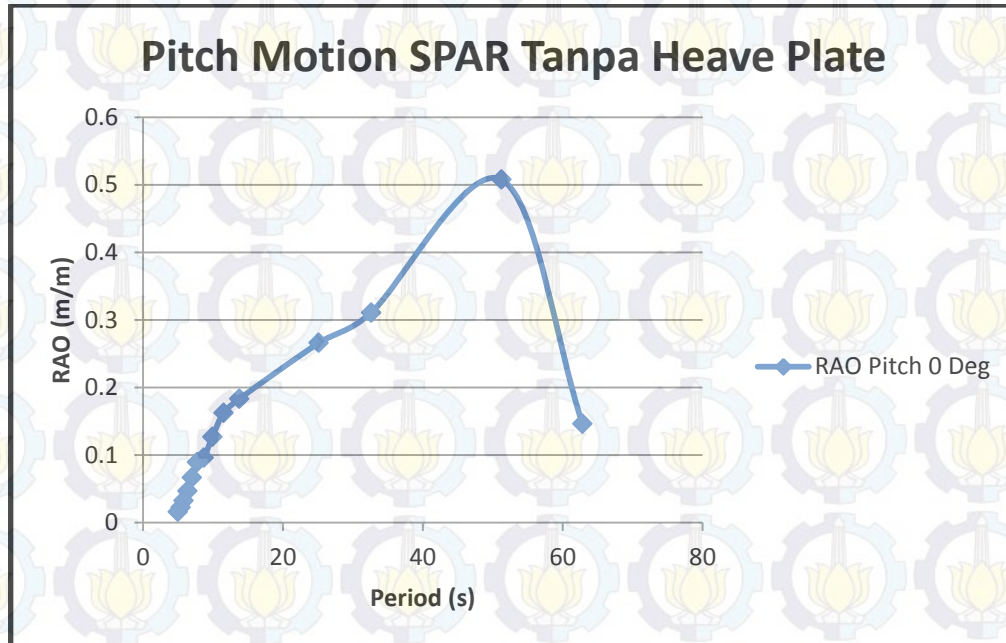


Gambar 4.3. RAO Surge SPAR tanpa *heave plate* pada heading 0° kondisi *free floating*. Dari gambar 4.3 *surge motion* diatas diketahui bahwa *amplitude* terbesar dari arah pembebanan 0° dengan nilai puncak sebesar 0.961 m/m pada periode 62 *second*. jika dilakukan interpolasi pada grafik tersebut akan mengalami periode natural di atas 100 *second*.



Gambar 4.4. RAO Heave SPAR tanpa *heave plate* pada heading 0° kondisi *free floating*

Dari gambar 4.4 *heave motion* diatas diketahui bahwa *amplitude* terbesar dari arah pembebanan 0° dengan nilai puncak sebesar 4.25 m/m pada periode 33,24 *second*.



Gambar 4.5. RAO Pitch SPAR tanpa *heave plate* pada heading 0° kondisi *free floating*. Dari gambar 4.5 *pitch motion* diatas diketahui bahwa *amplitude* terbesar dari arah pembebanan 0° dengan nilai puncak sebesar 0.507 deg/m pada periode 51.24 *second*.

Dari grafik RAO *surge*, *heave*, dan *pitch* motion kemudian dilakukan dengan validasi menggunakan DNV RP-F205 terdapat karakteristik dari bangunan terapung dengan data sebagai berikut :

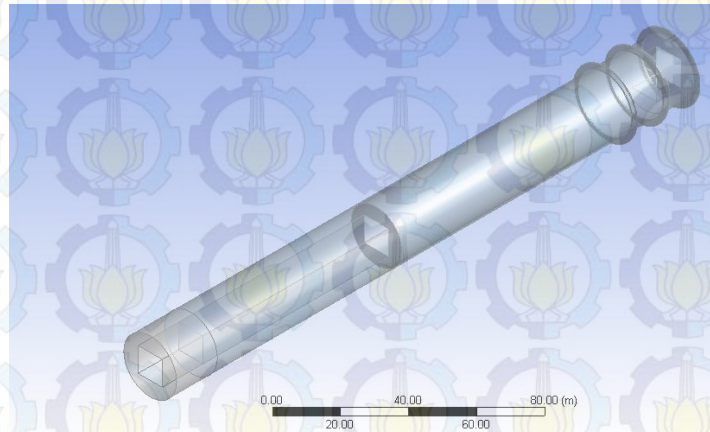
Tabel 4.6. Tipe natural periods dari *deep water floaters* (DNV-F205)

Floater Mode	Natural Periods (seconds)			
	FPSO	DDF	TLP	Semi
Surge	>100	>100	>100	>100
Heave	5 – 12	20 – 35	<5	20 - 50
Pitch	5 – 12	50 – 90	<5	30 – 60

Pada struktur SPAR dikategorikan dalam DDF sehingga melihat dari karakteristik tersebut ketiga motion yang dimodelkan dan mengacu pada karakteristik periode natural model dapat di variasikan dan dapat dianalisa dinamis.

4.4 Pemodelan Variasi 120% Diameter Hull kondisi *free floating*

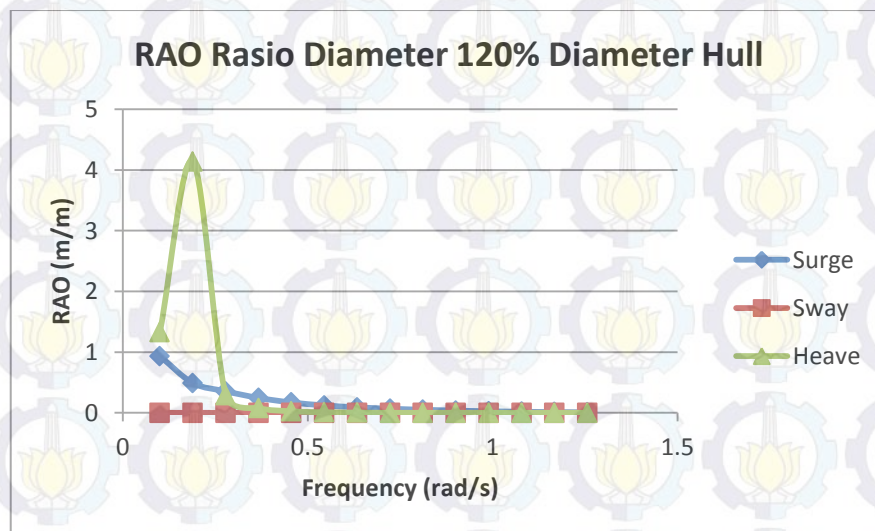
Pemodelan variasi dilakukan menggunakan *design modeler* dari ANSYS dengan penambahan 3 buah *heave plate* dan variasi ratio diameter heave plate dengan diameter 120 % diameter hull. Berikut gambar pemodelan rasio diameter dengan ukuran 120% diameter hull :



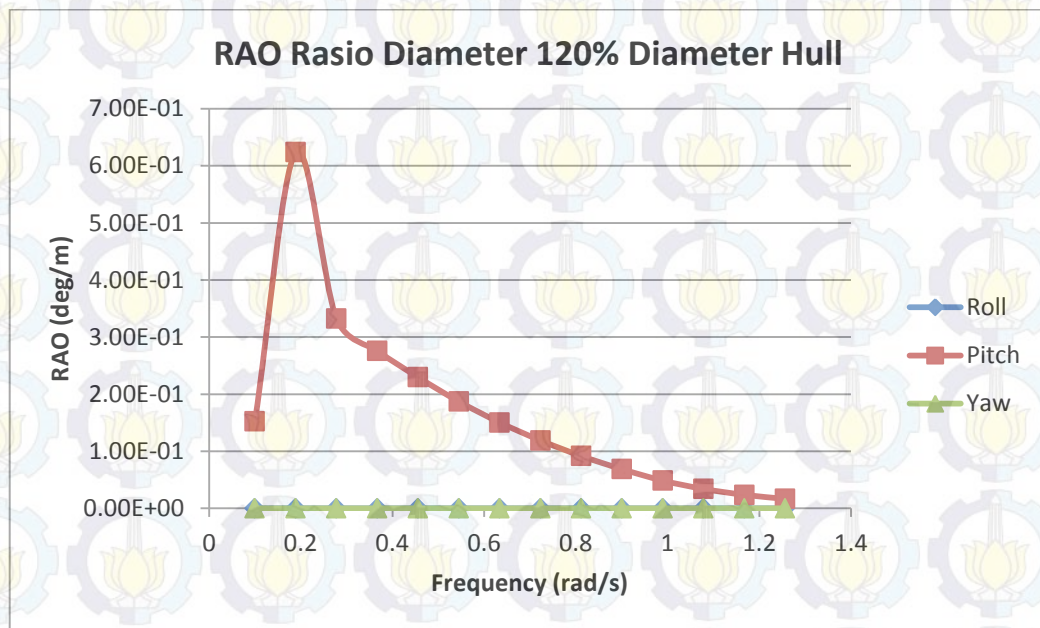
Gambar 4.6 Pemodelan SPAR dengan ratio diameter 120% diameter hull pada ANSYS

4.4.1 Analisa Model Variasi 120% Diameter Hull kondisi *free floating*

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi *free floating* dan gelombang regular. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 120% Diameter Hull :



Gambar 4.7 RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada heading 0^0 kondisi *free floating*



Gambar 4.8 RAO pada motion rotasi SPAR 120% Dh pada heading 0⁰ kondisi *free floating*

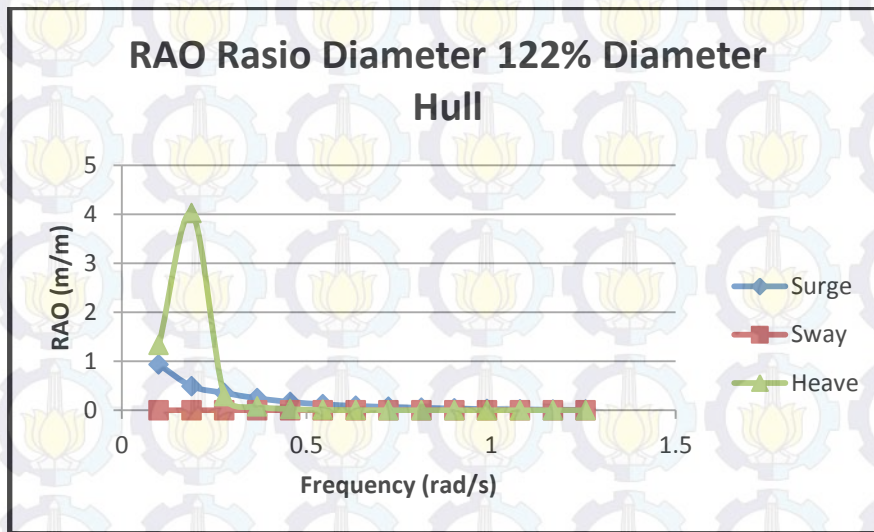
Dari gambar 4.7 dan 4.8 RAO tersebut diketahui nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% Dh kondisi *free floating*

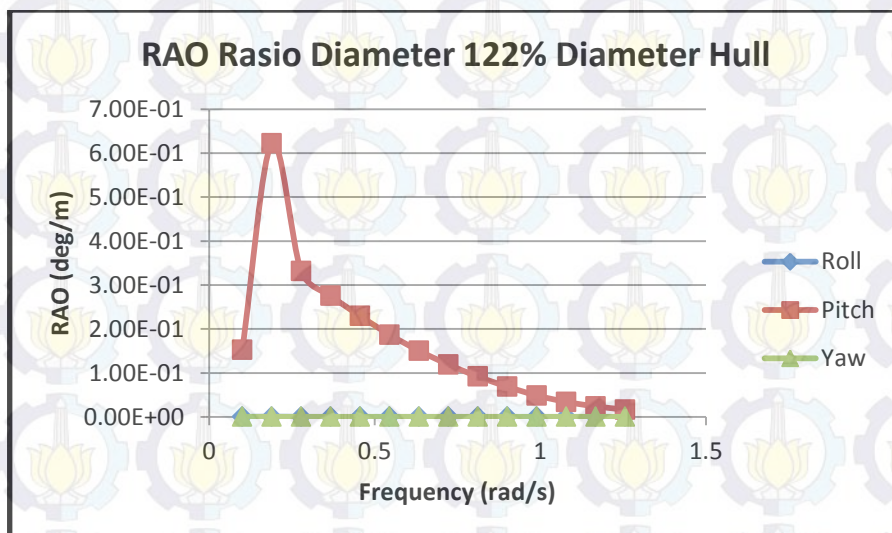
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
120 % Dh	0.93	0.1 E-5	4.13	7.05E-06	0.62	1.15E-05

4.5 Analisa model Variasi 122% Diameter Hull kondisi *free floating*

Pemodelan variasi dilakukan menggunakan *design modeler* dari ANSYS dengan penambahan 3 buah *heave plate* dan variasi ratio diameter heave plate dengan diameter 122 % diameter hull. Berikut gambar pemodelan rasio diameter dengan ukuran 122% diameter hull :



Gambar 4.9 RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada heading 0° kondisi free floating



Gambar 4.10 RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada heading 0° kondisi free floating

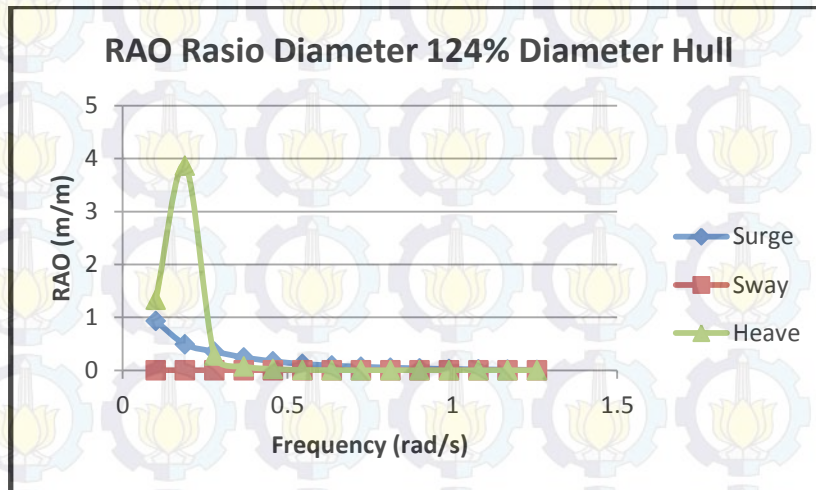
Dari gambar 4.9 dan 4.10 RAO tersebut diketahui nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.8 berikut :

Tabel 4.8. Hasil RAO maksimum pada variasi 122% Dh kondisi free floating

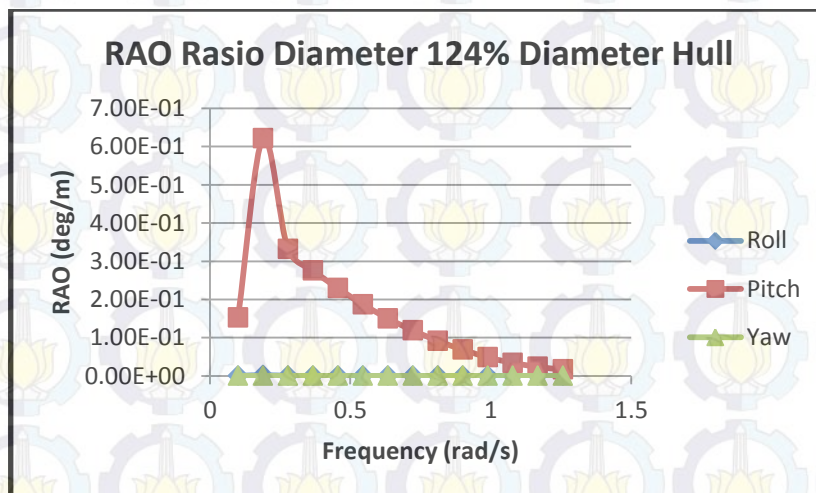
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
122 % Dh	0.93	0.133 E-5	4.02	7.05E-06	0.622	1.86E-05

4.6 Analisa model Variasi 124% Diameter Hull kondisi *free floating*

Pemodelan variasi dilakukan menggunakan *design modeler* dari ANSYS dengan penambahan 3 buah *heave plate* dan variasi ratio diameter heave plate dengan diameter 124 % diameter hull. Berikut gambar pemodelan rasio diameter dengan ukuran 124% diameter hull :



Gambar 4.11 RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada heading 0^0 kondisi *free floating*



Gambar 4.12 RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada heading 0^0 kondisi *free floating*

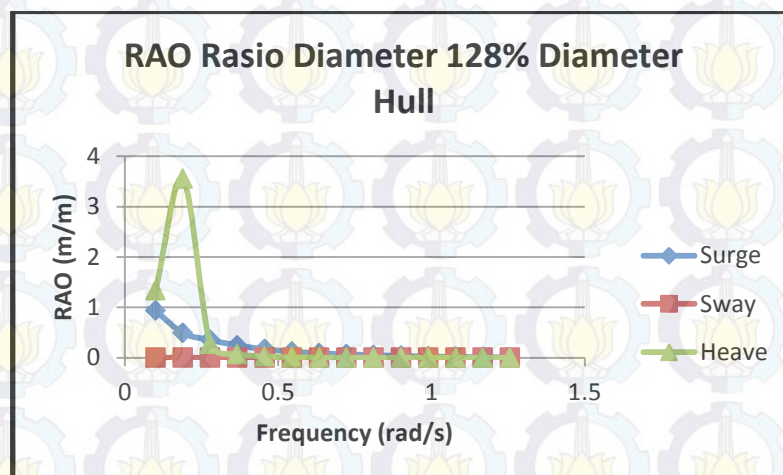
Dari gambar 4.11 dan 4.12 RAO tersebut diketahui nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.9 berikut :

Tabel 4.9. Hasil RAO maksimum pada variasi 124% Dh kondisi *free floating*

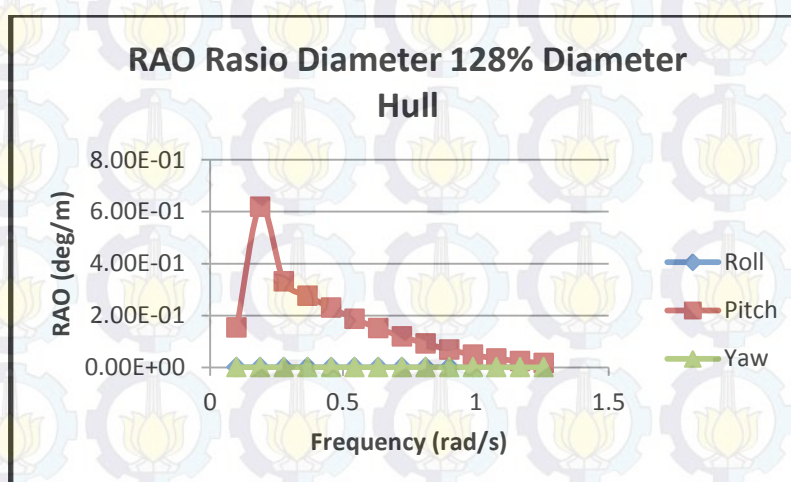
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
124 % Dh	0.93	5.93 E-4	3.86	7.05E-06	0.622	1.86E-05

4.7 Analisa Model Variasi 128% Diameter Hull kondisi *free floating*

Pemodelan variasi dilakukan menggunakan *design modeler* dari ANSYS dengan penambahan 3 buah *heave plate* dan variasi ratio diameter heave plate dengan diameter 128 % diameter hull. Berikut gambar pemodelan rasio diameter dengan ukuran 128% diameter hull :



Gambar 4.13 RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada heading 0^0 kondisi *free floating*



Gambar 4.14 RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada heading 0^0 kondisi *free floating*

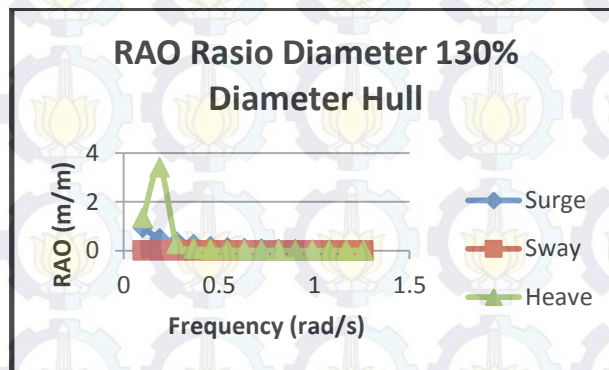
Dari gambar 4.13 dan 4.14 RAO tersebut diketahui nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.10 berikut :

Tabel 4.10. Hasil RAO maksimum pada variasi 128% Dh kondisi *free floating*

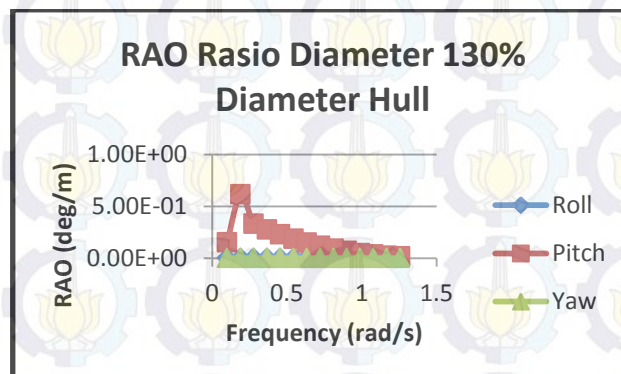
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
128 % Dh	0.93	2.62 E-5	3.55	7.05E-06	0.618	1.86E-05

4.8 Analisa Model Variasi 130% Diameter Hull kondisi *free floating*

Pemodelan variasi dilakukan menggunakan *design modeler* dari ANSYS dengan penambahan 3 buah *heave plate* dan variasi ratio diameter heave plate dengan diameter 130 % diameter hull. Berikut gambar pemodelan rasio diameter dengan ukuran 130% diameter hull :



Gambar 4.15 RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada *heading 0⁰ kondisi free floating*



Gambar 4.16 RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada *heading 0⁰ kondisi free floating*

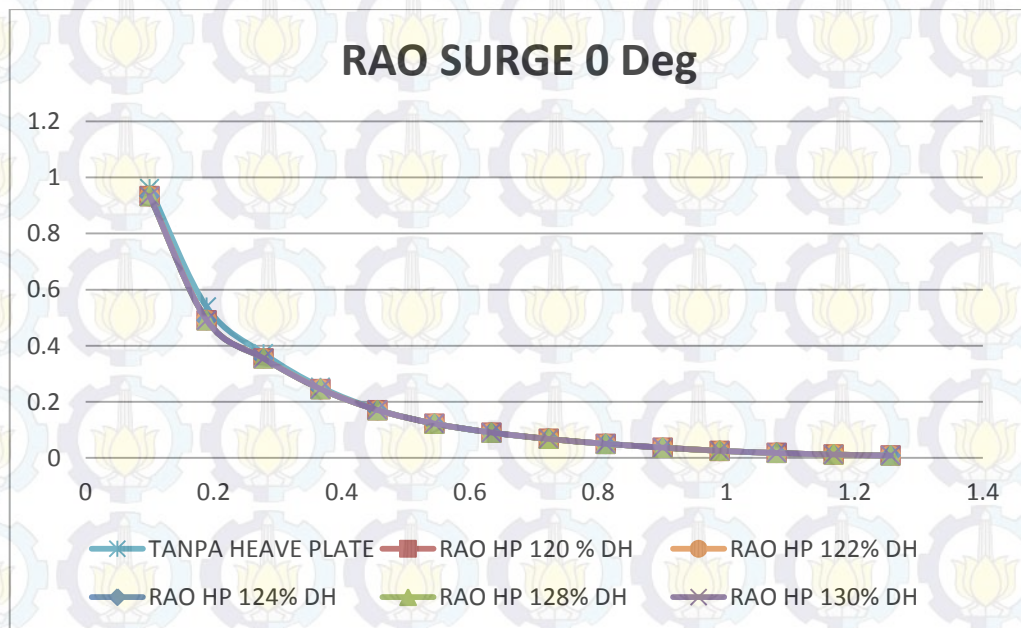
Dari gambar 4.15 dan 4.16 RAO tersebut diketahui nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.11 berikut :

Tabel 4.11. Hasil RAO maksimum pada variasi 130% Dh kondisi *free floating*

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
130 % Dh	0.93	2.62 E-5	3.40	7.05E-06	0.617	1.86E-05

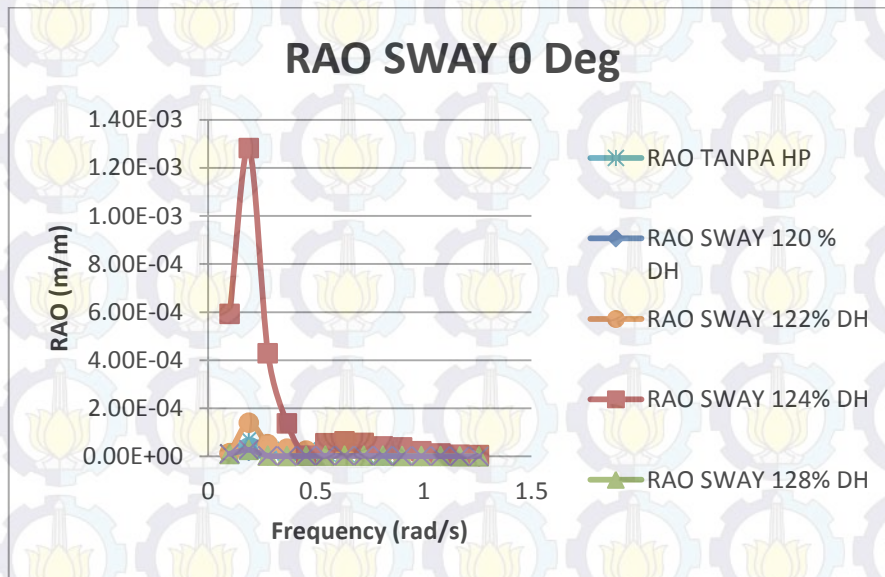
4.9 Komparasi RAO kondisi *free floating* Terhadap Pengaruh Variasi Rasio Diameter *Heave plate*

Komparasi dilakukan untuk membandingkan kualitas gerakan pada masing – masing model pada setiap motion gerakan. Hasil komparasi adalah sebagai berikut :



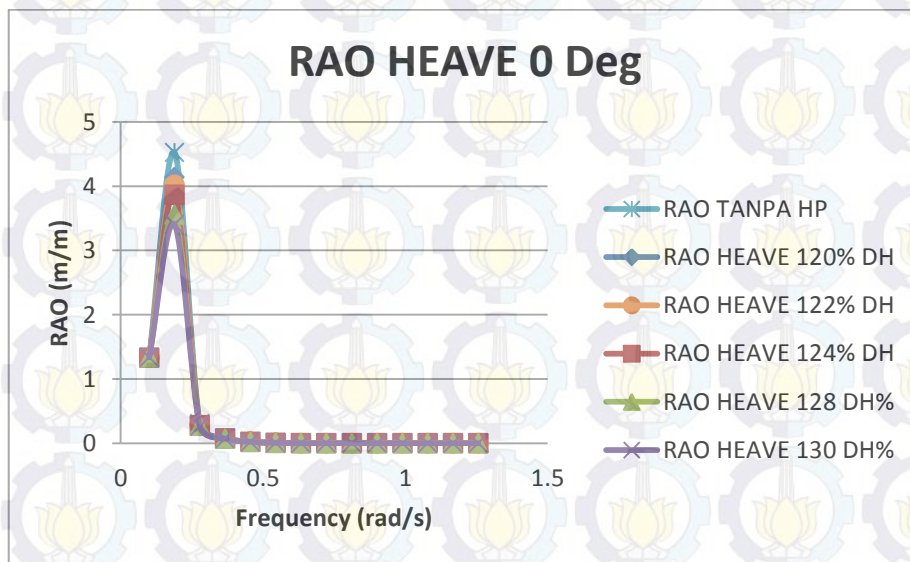
Gambar 4.17 Komparasi RAO pada motion surge *heading* 0^0 kondisi *free floating* rasio diameter

Pada gambar 4.17 komparasi dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum surge pada frekuensi 0.18 rad/s akan tetapi perbedaan terlihat tidak signifikan untuk kualitas terbaik pada variasi 120-130% dh.



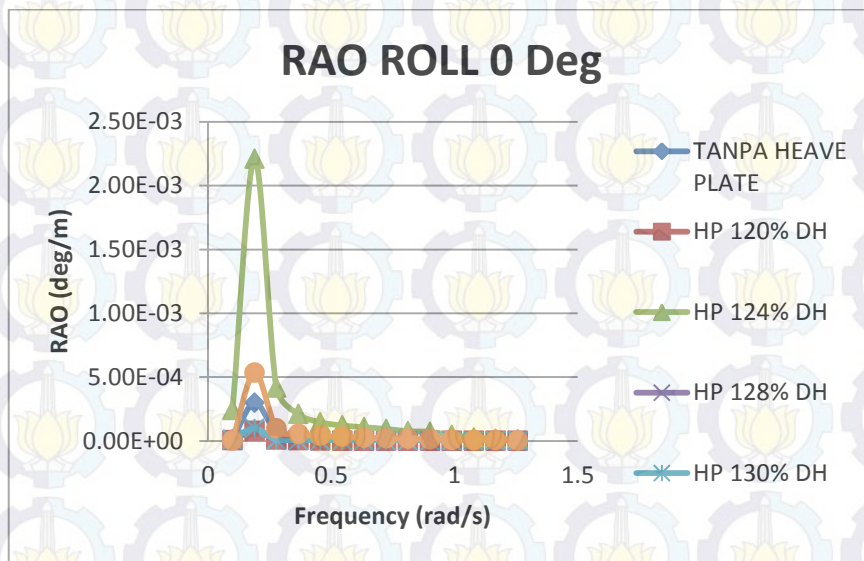
Gambar 4.18 Komparasi RAO pada motion sway *heading* 0⁰ kondisi *free floating* variasi rasio diameter

Pada gambar 4.18 komparasi dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR pada gerakan sway pada variasi 124% dh justru menambah nilai maksimum dari gerakan. Untuk gerakan terbaik terjadi pada variasi 130% dh hull.



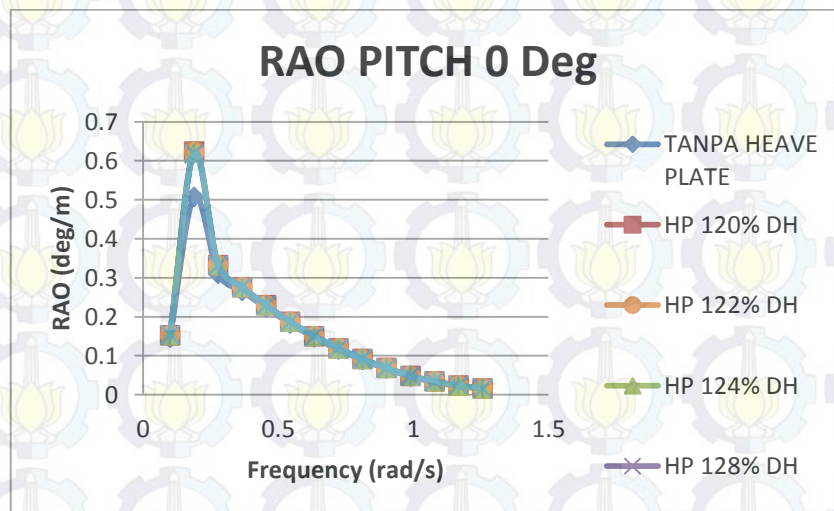
Gambar 4.19 Komparasi RAO pada motion heave *heading* 0⁰ kondisi *free floating* variasi rasio diameter

Pada gambar 4.19 komparasi dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR pada gerakan heave Untuk gerakan terbaik terjadi pada variasi 130% dh hull dengan nilai terkecil yaitu 3,4 m.



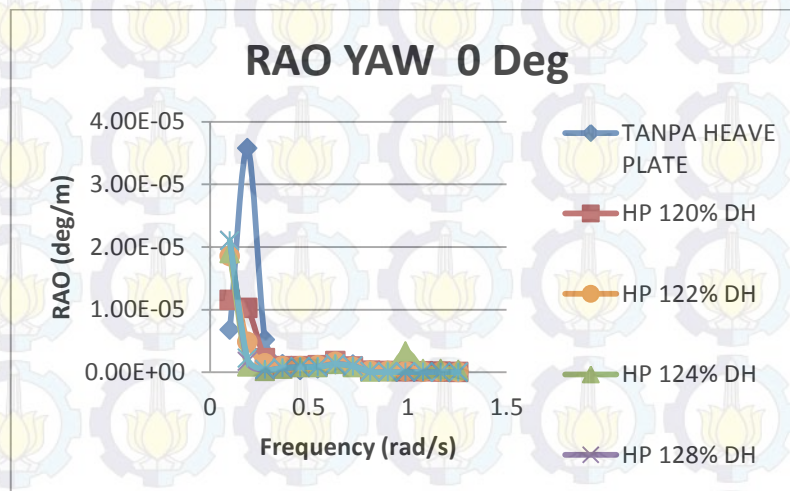
Gambar 4.20 Komparasi RAO pada motion roll heading 0^0 kondisi *free floating* variasi rasio diameter

Pada gambar 4.20 komparasi dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR pada gerakan roll pada variasi 124% dh justru menambah nilai maksimum dari gerakan. Untuk gerakan terbaik terjadi pada variasi 130% dh hull.



Gambar 4.21 Komparasi RAO pada motion pitch heading 0^0 kondisi *free floating* variasi rasio diameter

Pada gambar 4.21 komparasi dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR pada gerakan pitch pada setiap variasi. Pada gerakan ini SPAR tanpa penamabahan *heave plate* memiliki kualitas gerakan yang lebih baik jika di bandingkan dengan model yang lainnya.

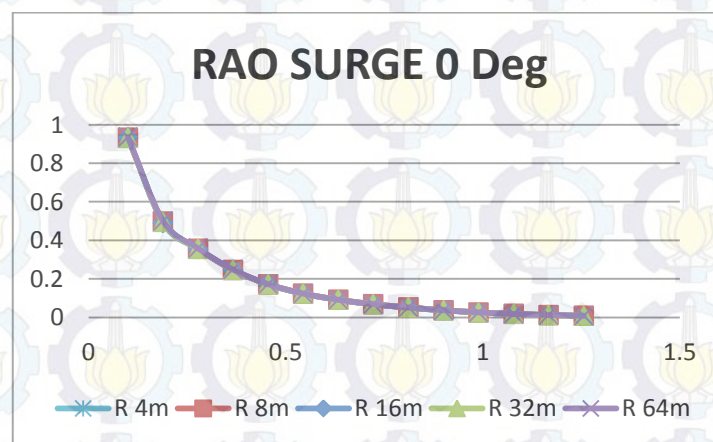


Gambar 4.22 Komparasi RAO pada motion yaw *heading* 0^0 kondisi *free floating* variasi rasio diameter

Pada gambar 4.22 komparasi dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR pada gerakan pitch pada setiap variasi. Pada gerakan ini SPAR tanpa penambahan *heave plate* memiliki kualitas gerakan yang lebih baik jika dibandingkan dengan model yang lainnya.

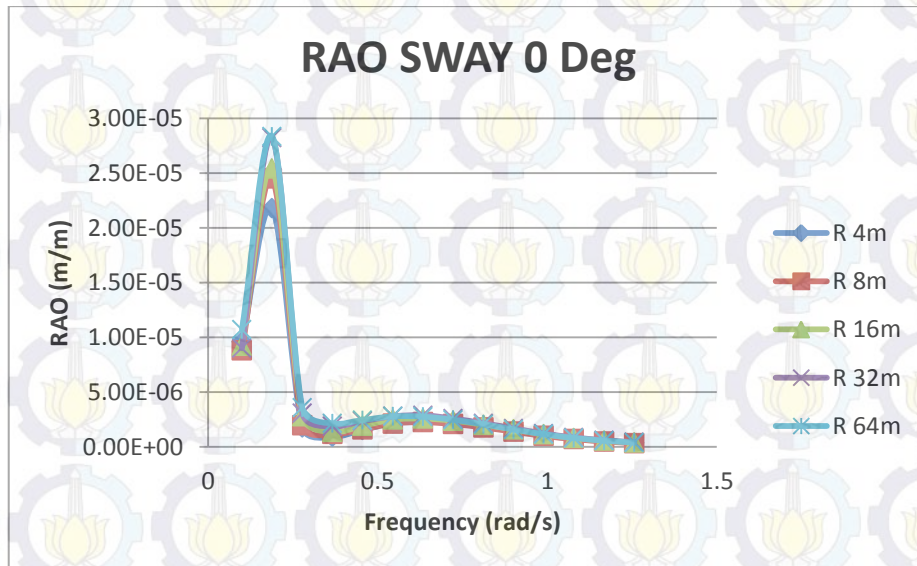
4.10 Komparasi RAO kondisi *free floating* Terhadap Pengaruh Variasi Jarak Antar *Heave plate*

Komparasi dilakukan untuk membandingkan kualitas gerakan pada masing – masing model pada setiap motion gerakan. Hasil komparasi adalah sebagai berikut :



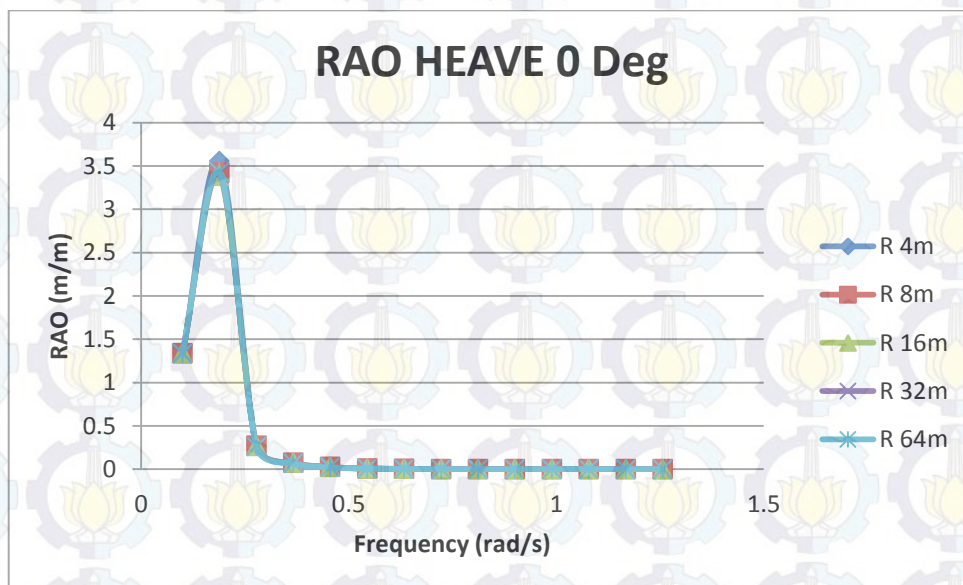
Gambar 4.23 Komparasi RAO pada motion surge *heading* 0^0 kondisi *free floating* variasi jarak

Pada gambar 4.23 komparasi dihasilkan jarak antar *heave plate* pada SPAR tidak mempengaruhi gerakan surge. Pada variasi jarak 4 – 64 meter tidak ada perbedaan yang signifikan dari gerakan SPAR.



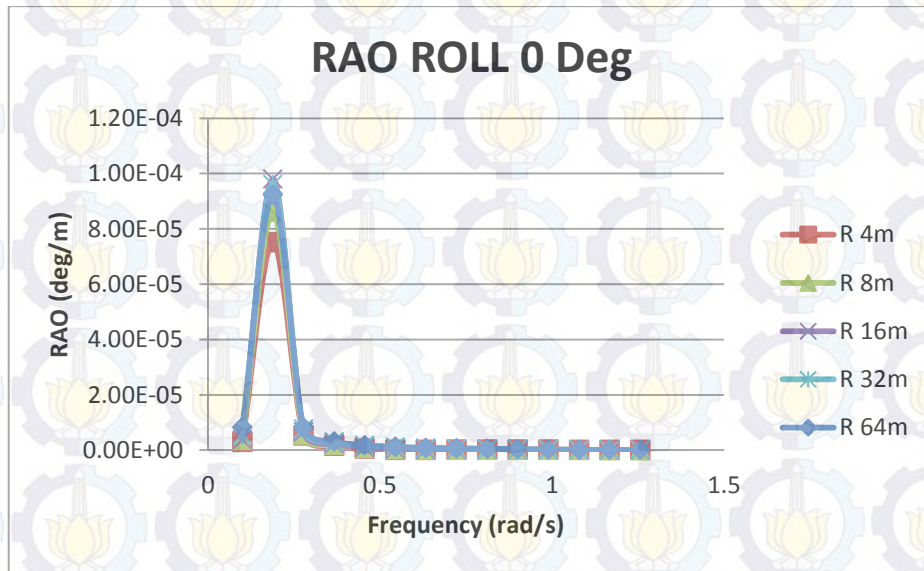
Gambar 4.24 Komparasi RAO pada motion sway heading 0^0 kondisi free floating variasi jarak

Pada gambar 4.24 komparasi pada gerakan sway pengaruh akibat jarak antar *heave plate* dengan kualitas terbaik pada jarak 4 m dengan nilai $2.18E-05$ m. Untuk nilai dengan kualitas terendah pada variasi jarak 64 m.



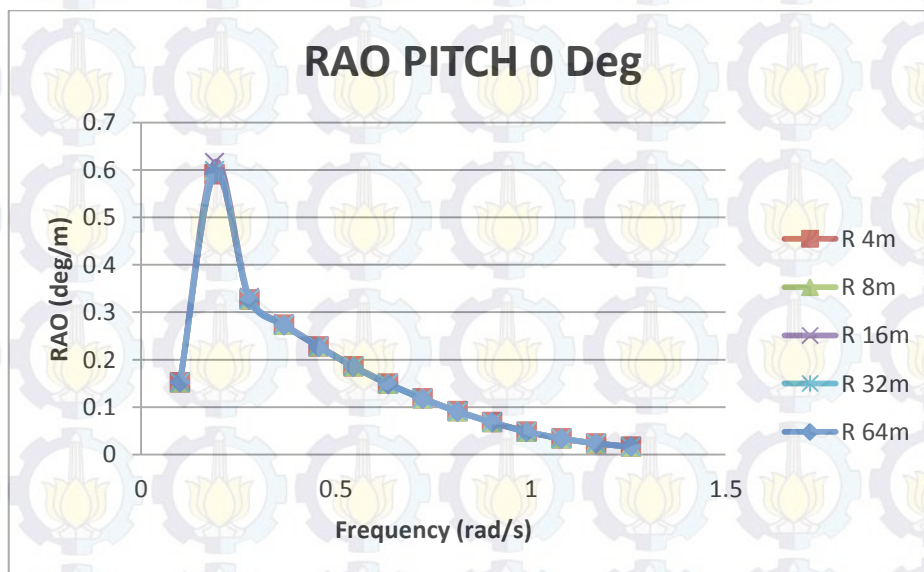
Gambar 4.25 Komparasi RAO pada motion heave heading 0^0 kondisi free floating variasi jarak

Pada gambar 4.25 komparasi pada gerakan heave pengaruh akibat jarak antar *heave plate* dengan kualitas terbaik pada jarak 16 m dengan nilai 3.38 m. Untuk nilai dengan kualitas terendah pada variasi jarak 4 m dengan nilai 3.55 m.



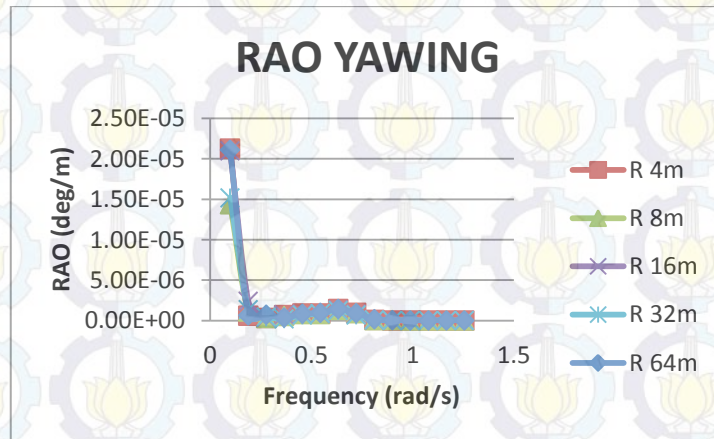
Gambar 4.26 Komparasi RAO pada motion roll *heading 0⁰ kondisi free floating* variasi jarak

Pada gambar 4.26 komparasi pada gerakan roll pengaruh akibat jarak antar *heave plate* dengan kualitas terbaik pada jarak 4 m dengan nilai 7.52E-05 m. Untuk nilai dengan kualitas terendah pada variasi jarak 16 m dengan nilai 9.80E-05 m.



Gambar 4.27 Komparasi RAO pada motion pitch *heading 0⁰ kondisi free floating* variasi jarak

Pada gambar 4.27 komparasi dihasilkan jarak antar *heave plate* pada SPAR tidak mempengaruhi gerakan pitch. Pada variasi jarak 4 – 64 meter tidak ada perbedaan yang signifikan dari gerakan SPAR..

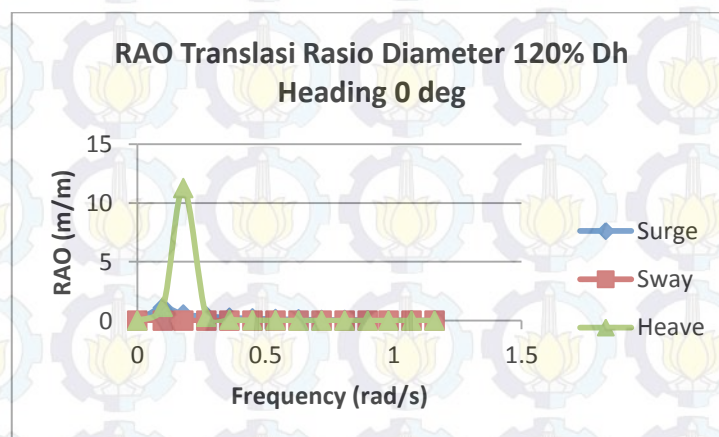


Gambar 4.28 Komparasi RAO pada motion yaw heading 0° kondisi free floating variasi jarak

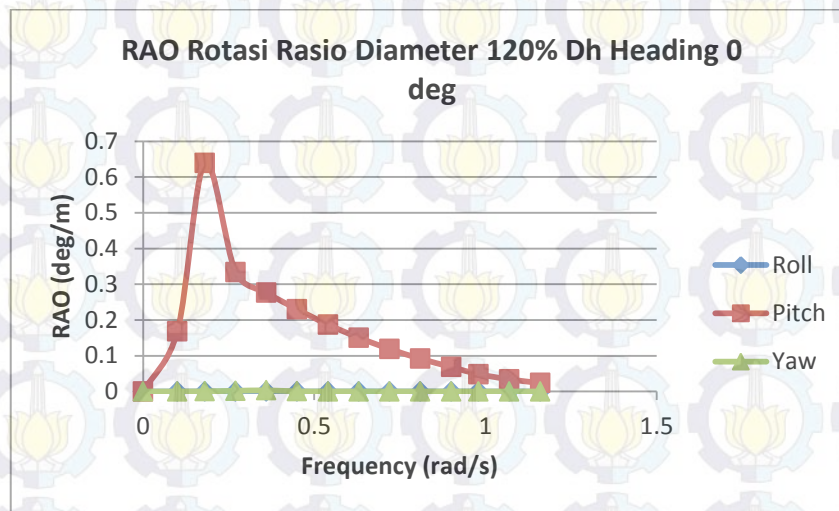
Pada gambar 4.28 komparasi pada gerakan heave pengaruh akibat jarak antar *heave plate* dengan kualitas terbaik pada jarak 8 m dengan nilai 1.44E-5 m. Untuk nilai dengan kualitas terendah pada variasi jarak 64 m dengan nilai 2.11 E-5 m.

4.11 Analisa Model Variasi 120% Diameter Hull kondisi tertambat

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada heading 0°, 45°, 90°. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 120% Diameter Hull :



Gambar 4.29 RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada heading 0° kondisi tertambat

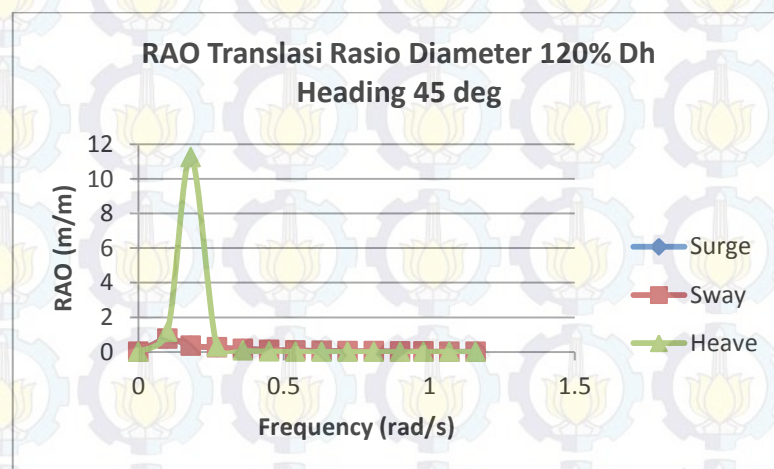


Gambar 4.30 RAO pada motion rotasi SPAR 120% Dh pada heading 0⁰ kondisi tertambat

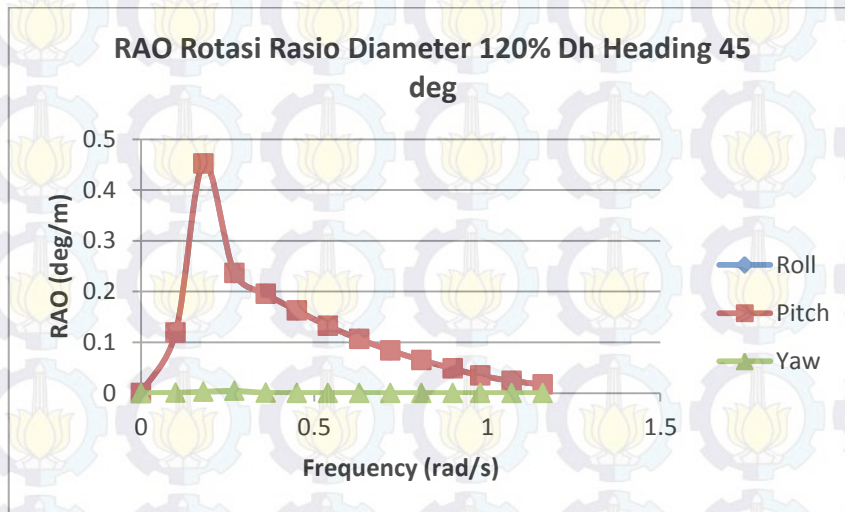
Pada gambar 4.29 dan 4.30 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.12 berikut :

Tabel 4.12. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% Dh heading 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
120 % Dh	1.154	0.00019	11.24	0.002	0.63	0.00032



Gambar 4.31 RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

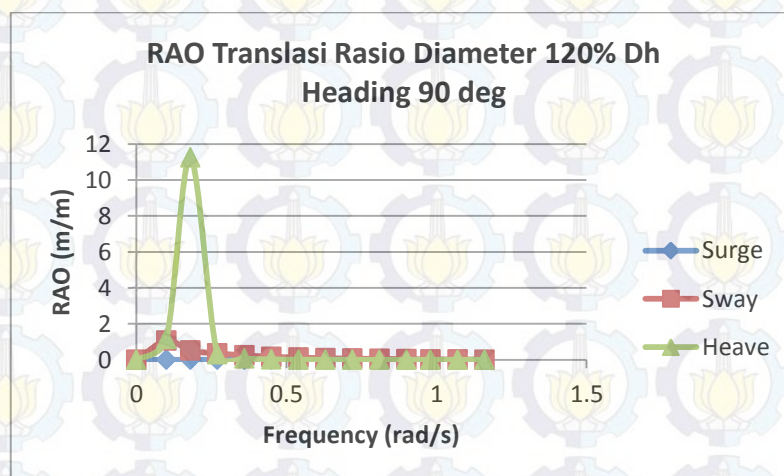


Gambar 4.32 RAO pada motion rotasi SPAR 120% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

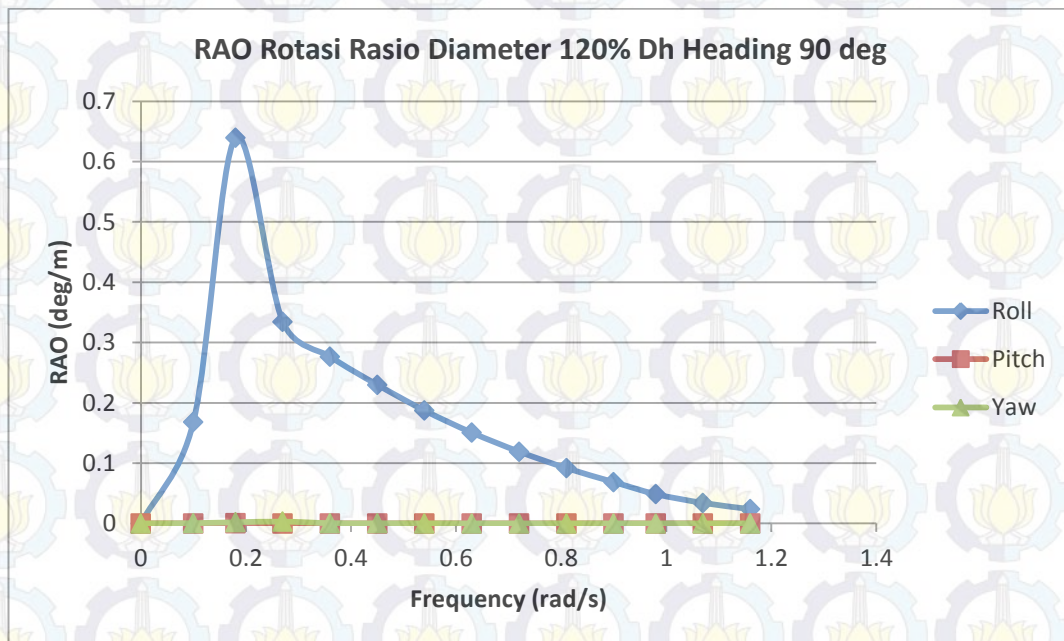
Pada gambar 4.31 dan 4.32 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.13 berikut :

Tabel 4.13. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% Dh heading 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
122 % Dh	0.750	0.756	11.24	0.44	0.45	0.0027



Gambar 4.33 RAO pada motion translasi SPAR 120% Dh pada heading 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.34 RAO pada motion rotasi SPAR 120% Dh pada heading 90° kondisi tertambat

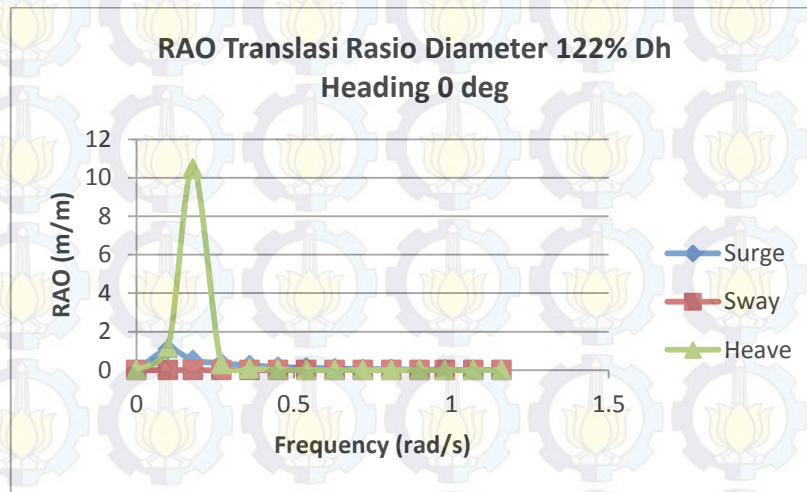
Pada gambar 4.33 dan 4.34 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.14 berikut :

Tabel 4.14. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% Dh heading 90° kondisi tertambat

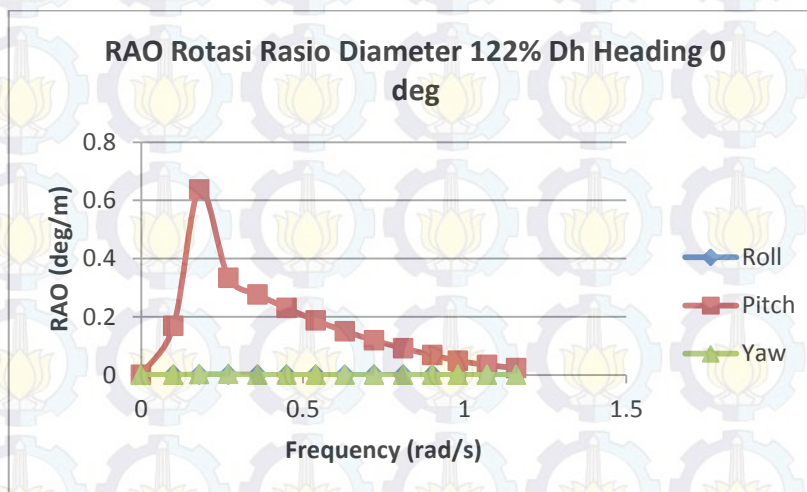
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
122 % Dh	0	1.069	11.24	0.64	0.0002	0.0019

4.12 Analisa Model Variasi 122% Diameter Hull kondisi tertambat

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada heading 0°, 45°, 90°. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 122% Diameter Hull :



Gambar 4.35 RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada heading 0⁰ kondisi tertambat

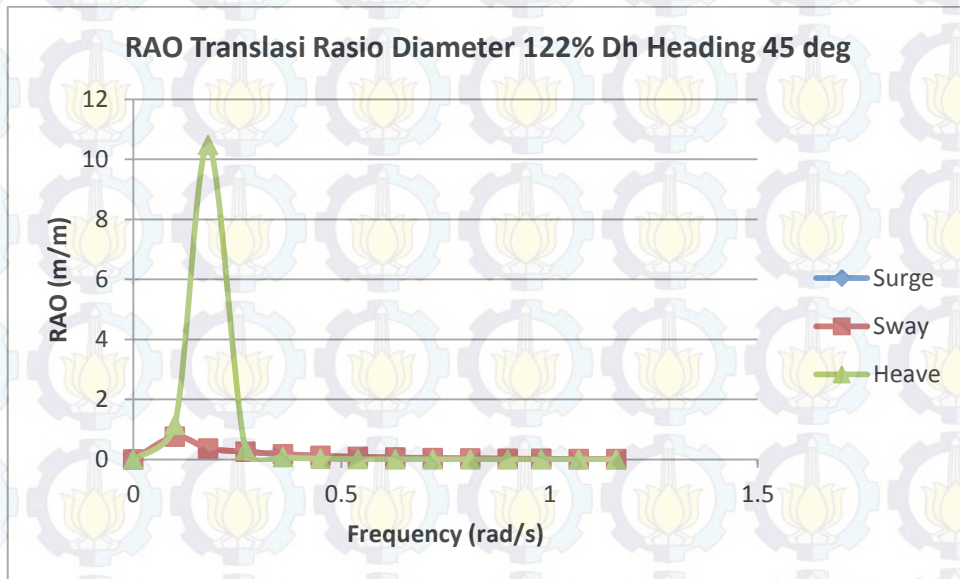


Gambar 4.36 RAO pada motion rotasi SPAR 122% Dh pada heading 0⁰ kondisi free floating

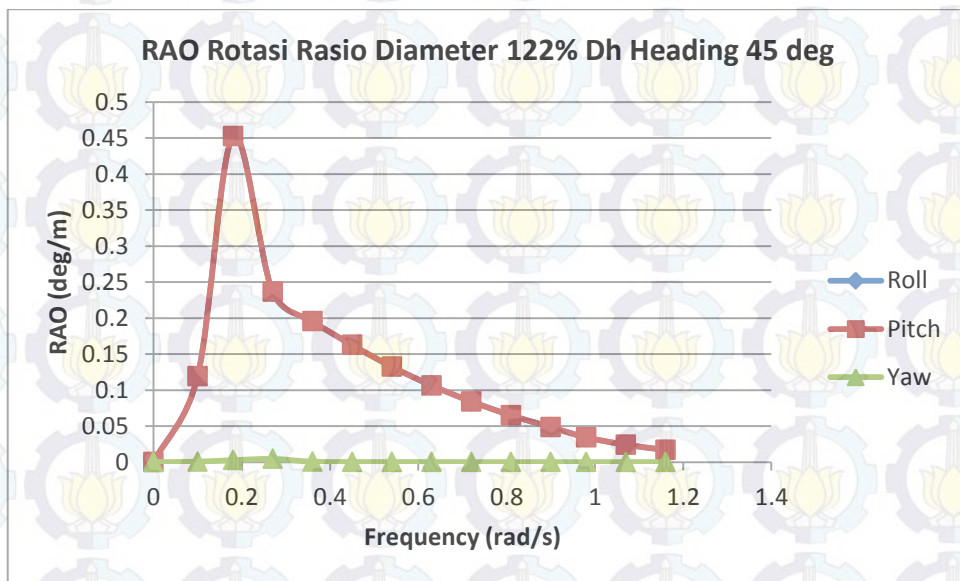
Pada gambar 4.35 dan 4.36 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.15 berikut :

Tabel 4.15. Hasil RAO maksimum pada variasi 122% Dh heading 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
122 % Dh	1.07	0.0001	10.47	0.002	0.63	0.0019



Gambar 4.37 RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

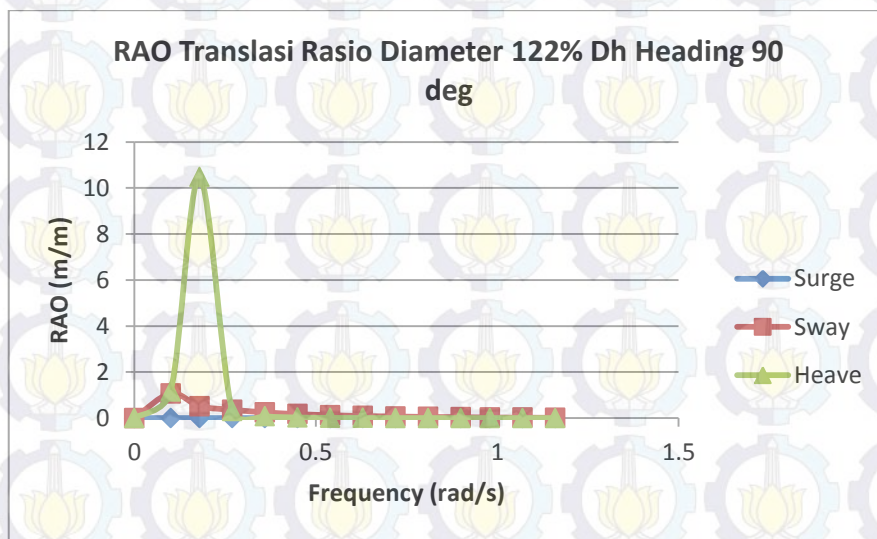


Gambar 4.38 RAO pada motion rotasi SPAR 122% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

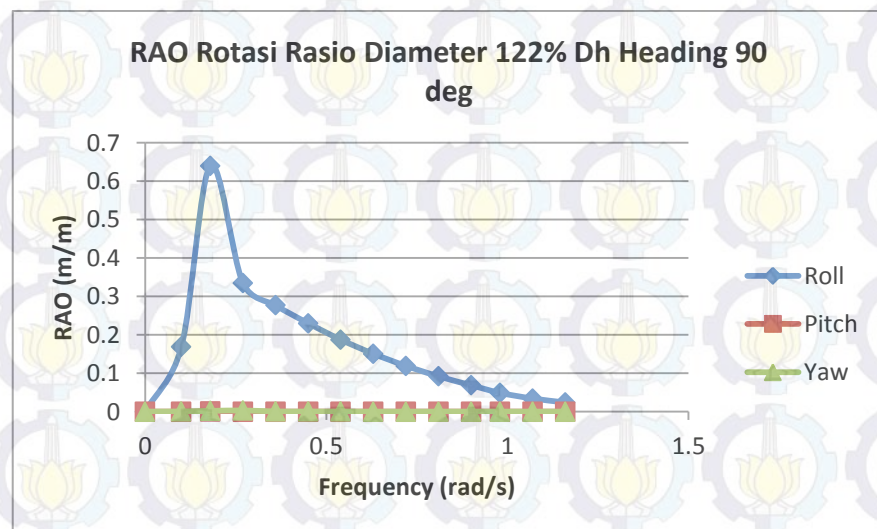
Pada gambar 4.37 dan 4.38 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.16 berikut :

Tabel 4.16. Hasil RAO maksimum pada variasi 122% Dh *heading* 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
122 % Dh	0.750	0.756	10.47	0.44	0.45	0.0027



Gambar 4.39 RAO pada motion translasi SPAR 122% Dh pada *heading* 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.40 RAO pada motion rotasi SPAR 120% Dh pada *heading* 90⁰ kondisi tertambat

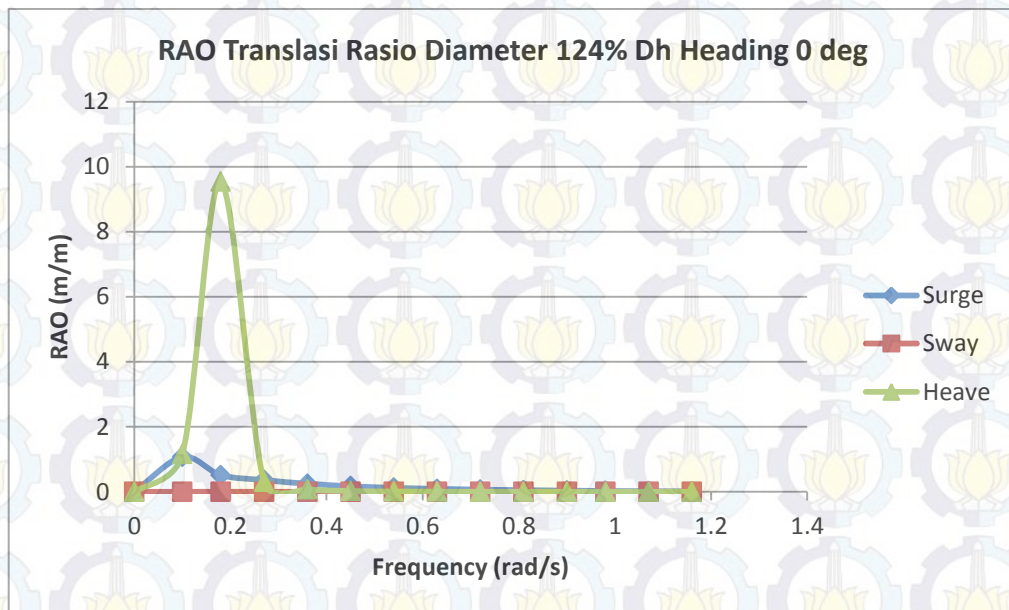
Pada gambar 4.39 dan 4.40 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.17 berikut :

Tabel 4.17. Hasil RAO maksimum pada variasi 120% Dh *heading* 90⁰ kondisi tertambat

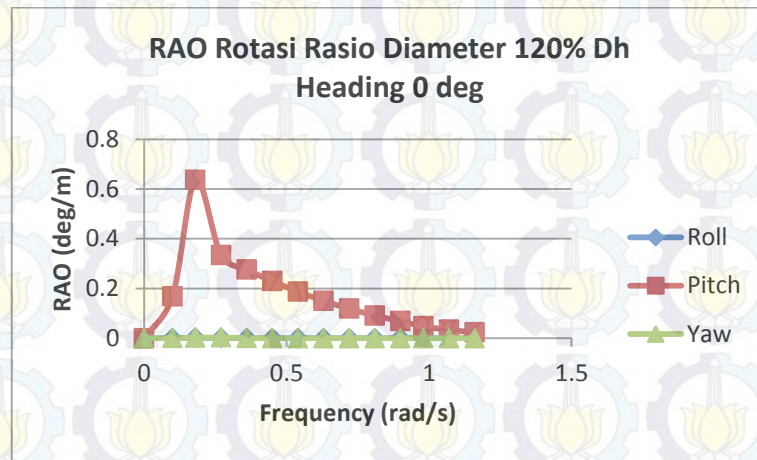
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
124 % Dh	0	1.069	10.47	0.64	0.0002	0.0019

4.13 Analisa Model Variasi 124% Diameter Hull kondisi tertambat

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada heading 0°, 45°, 90°. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 124% Diameter Hull :



Gambar 4.41 RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada *heading* 0⁰ kondisi tertambat

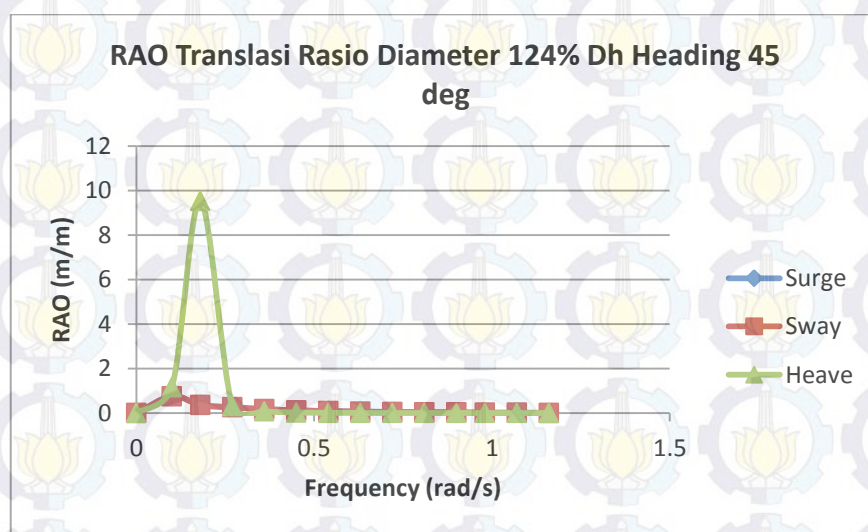


Gambar 4.42 RAO pada motion rotasi SPAR 124% Dh pada heading 0⁰ kondisi *free floating*

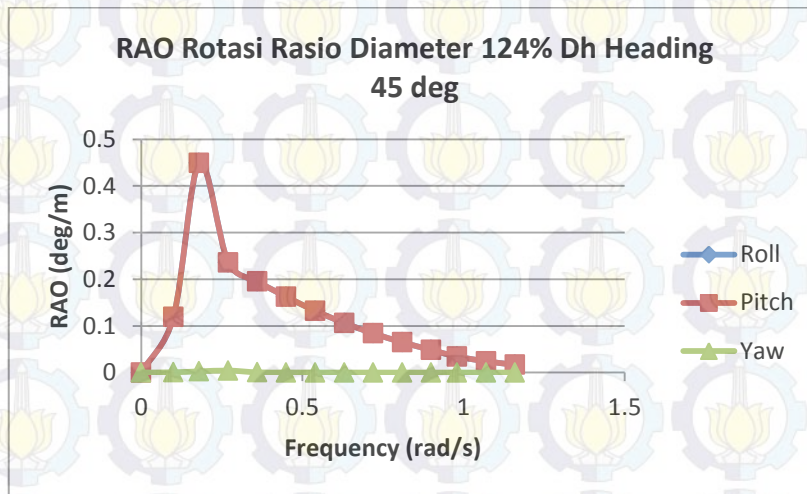
Pada gambar 4.41 dan 4.42 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.18 berikut :

Tabel 4.18. Hasil RAO maksimum pada variasi 124% Dh heading 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
124 % Dh	1.069	0.0002	9.53	0.002	0.63	0.0019



Gambar 4.43 RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

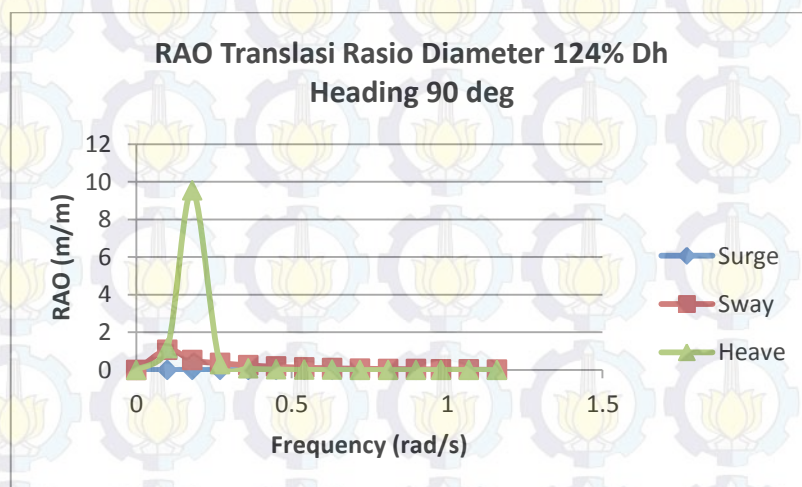


Gambar 4.44. RAO pada motion rotasi SPAR 124% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

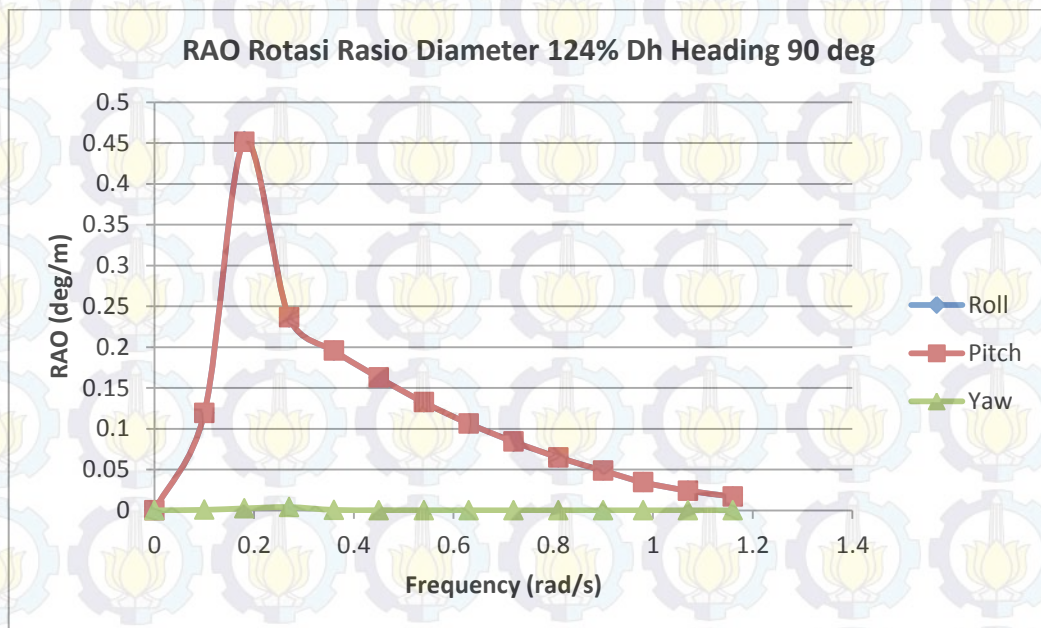
Pada gambar 4.43 dan 4.44 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.19 berikut :

Tabel 4.19. Hasil RAO maksimum pada variasi 124% Dh heading 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
124 % Dh	0.750	0.756	9.53	0.44	0.45	0.0027



Gambar 4.45. RAO pada motion translasi SPAR 124% Dh pada heading 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.46. RAO pada motion rotasi SPAR 124% Dh pada heading 90⁰ kondisi tertambat

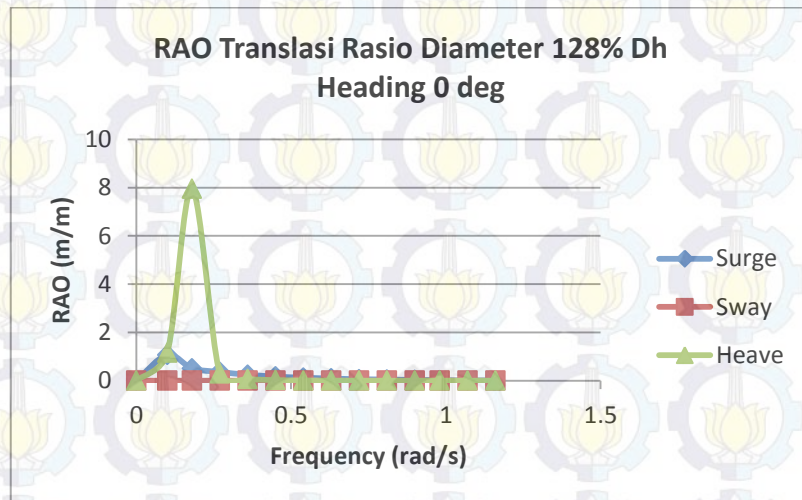
Pada gambar 4.45 dan 4.46 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.20 berikut :

Tabel 4.20. Hasil RAO maksimum pada variasi 124% Dh heading 90⁰ kondisi tertambat

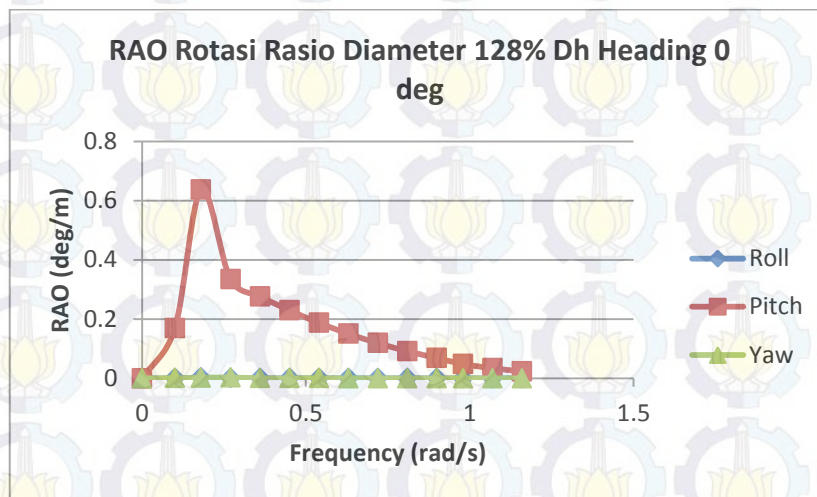
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
124 % Dh	0.0013	1.069	9.53	0.639	0.0001	0.0019

4.14 Analisa Model Variasi 128% Diameter Hull kondisi tertambat

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada heading 0°, 45°, 90°. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 128% Diameter Hull :



Gambar 4.47 RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada heading 0⁰ kondisi tertambat

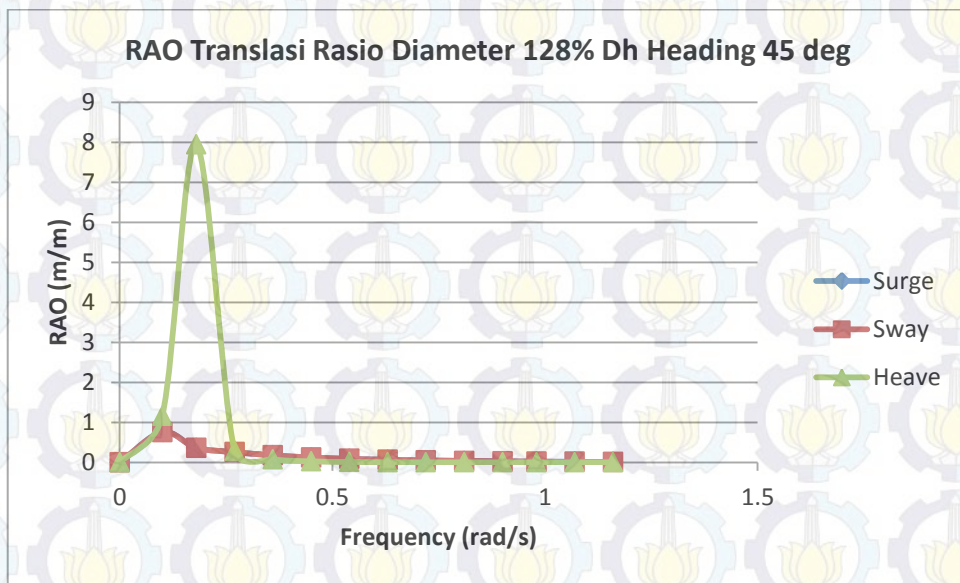


Gambar 4.48 RAO pada motion rotasi SPAR 128% Dh pada heading 0⁰ kondisi free floating

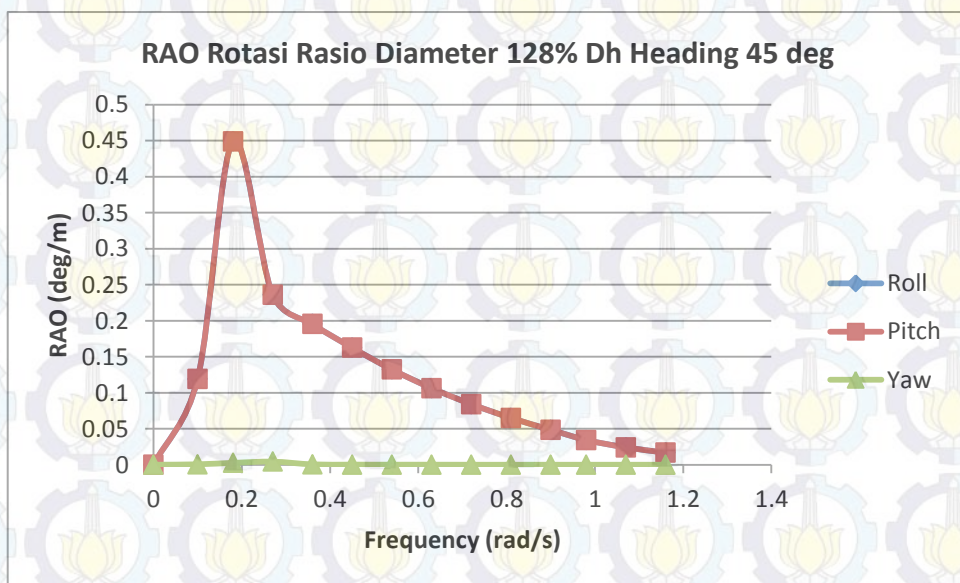
Pada gambar 4.47 dan 4.48 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.21 berikut :

Tabel 4.21. Hasil RAO maksimum pada variasi 128% Dh heading 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
128 % Dh	1.069	0.0002	7.94	0.002	0.63	0.0019



Gambar 4.49 RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

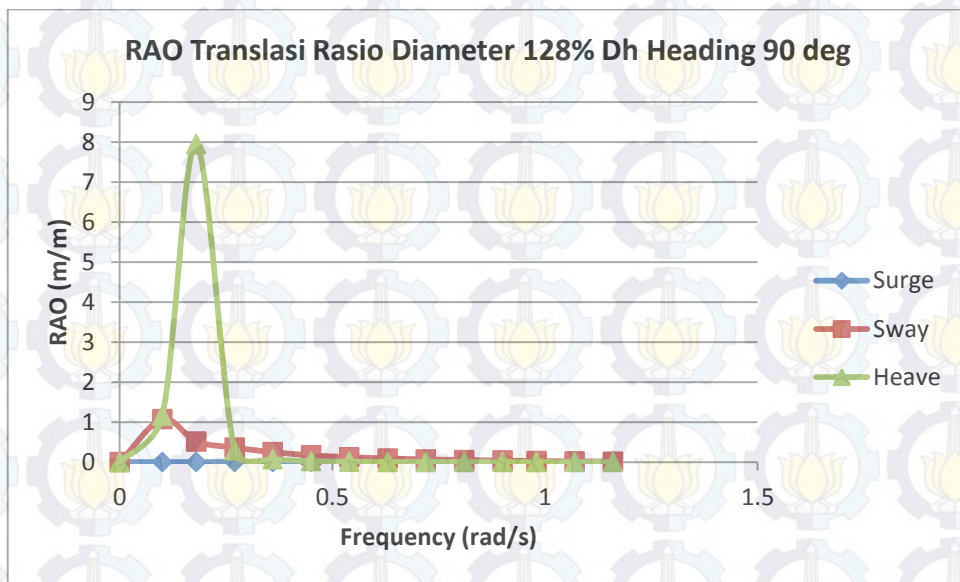


Gambar 4.50 RAO pada motion rotasi SPAR 128% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

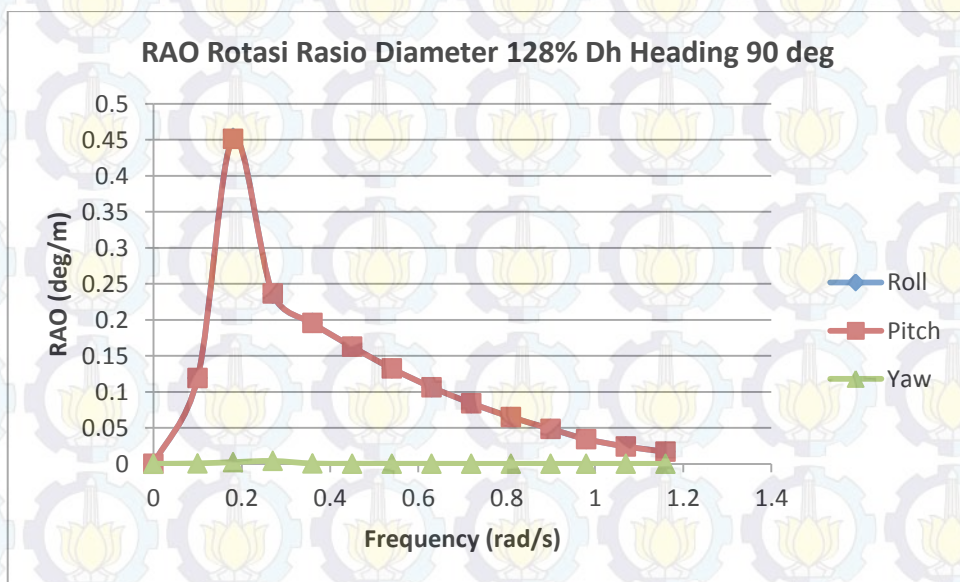
Pada gambar 4.49 dan 4.50 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.22 berikut :

Tabel 4.22. Hasil RAO maksimum pada variasi 128% Dh heading 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
128 % Dh	0.750	0.756	7.94	0.0001	0.44	0.0019



Gambar 4.51 RAO pada motion translasi SPAR 128% Dh pada heading 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.52 RAO pada motion rotasi SPAR 128% Dh pada heading 90⁰ kondisi tertambat

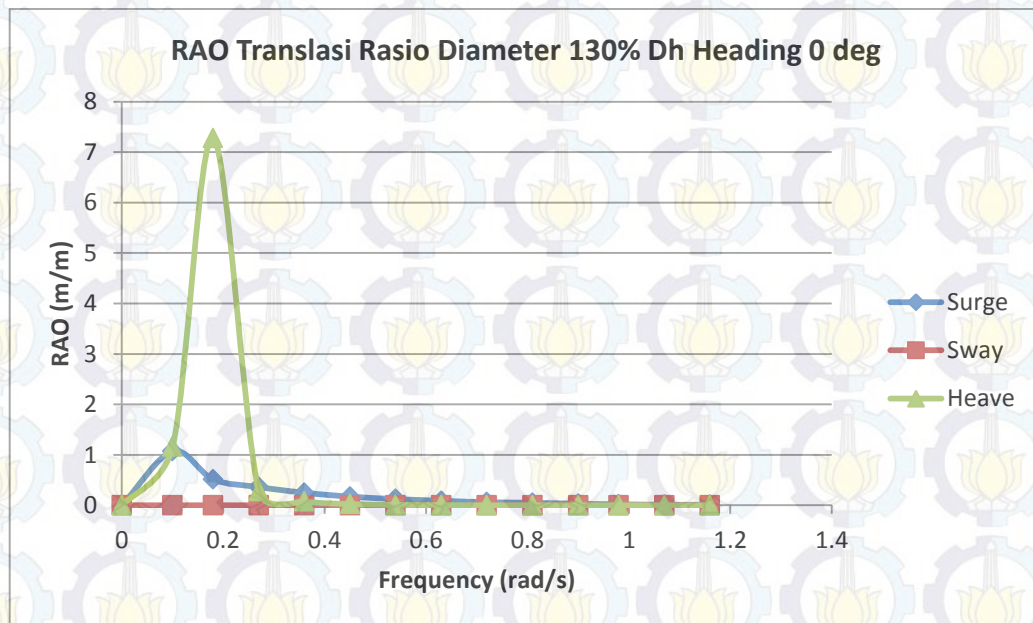
Pada gambar 4.51 dan 4.52 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.23 berikut :

Tabel 4.23. Hasil RAO maksimum pada variasi 128% Dh *heading* 90⁰ kondisi tertambat

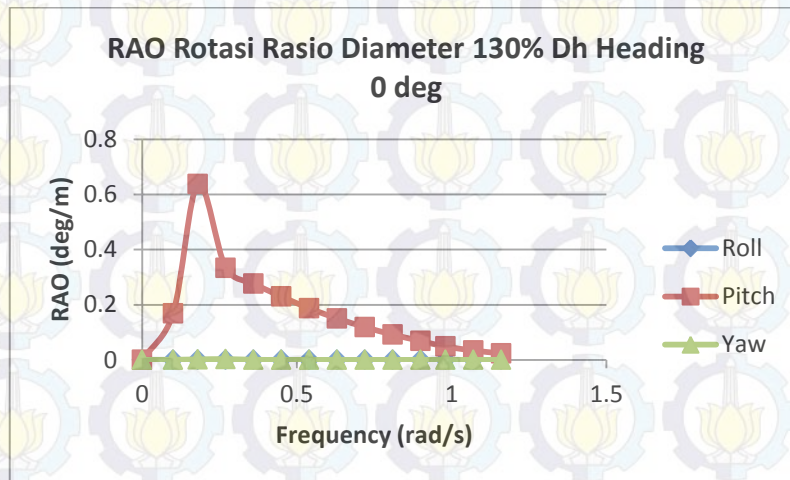
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
128 % Dh	0.0002	1.069	7.94	0.0002	0.451	0.0019

4.15 Analisa Model Variasi 130% Diameter Hull kondisi tertambat

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada *heading* 0⁰, 45⁰, 90⁰ . RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 130% Diameter Hull :



Gambar 4.53 RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada *heading* 0⁰ kondisi tertambat

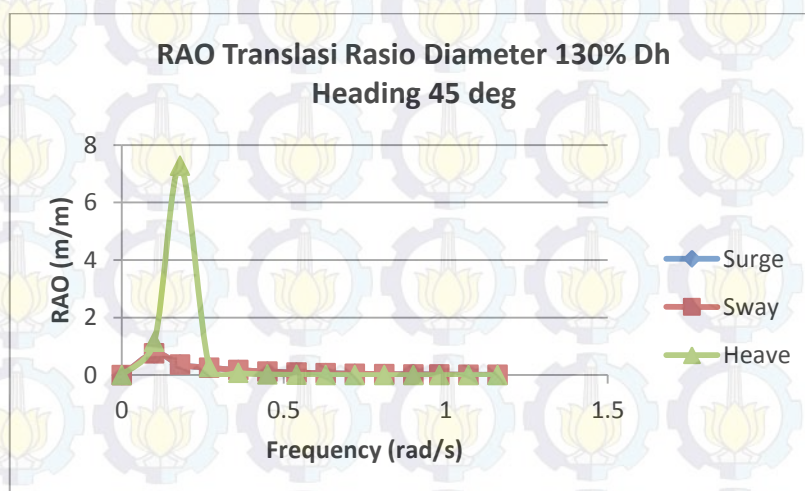


Gambar 4.54 RAO pada motion rotasi SPAR 130% Dh pada heading 0⁰ kondisi *free floating*

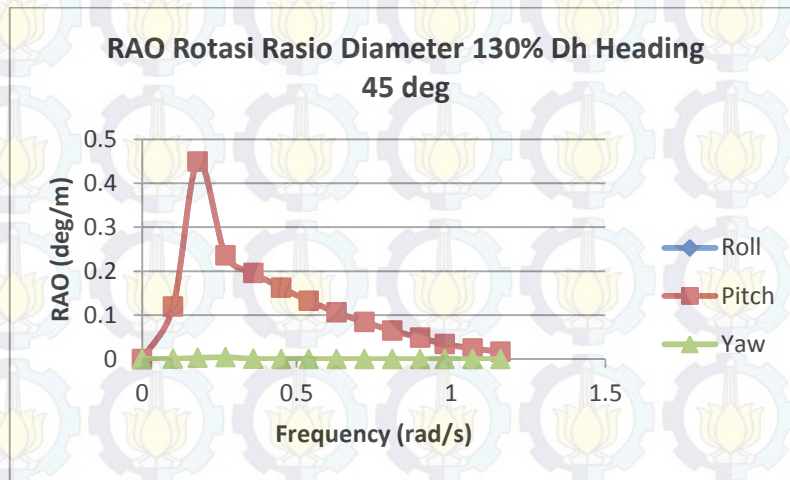
Pada gambar 4.53 dan 4.54 diketahui RAO maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.24 berikut :

Tabel 4.24. Hasil RAO maksimum pada variasi 130% Dh heading 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
130 % Dh	1.069	0.0002	7.27	0.002	0.63	0.0019



Gambar 4.55 RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

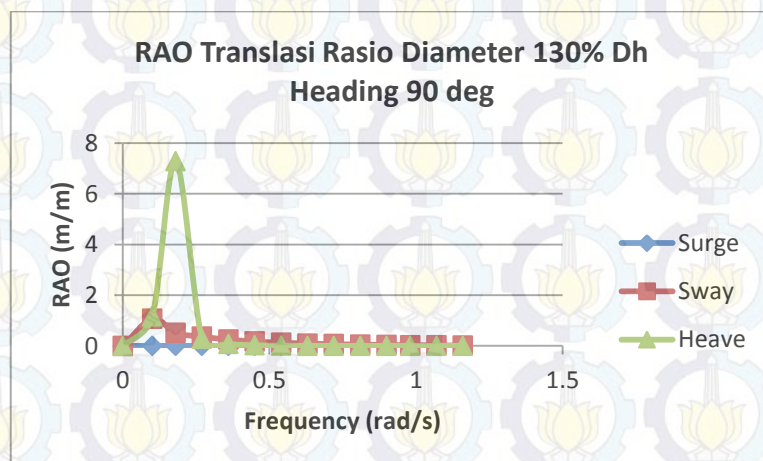


Gambar 4.56 RAO pada motion rotasi SPAR 130% Dh pada heading 45⁰ kondisi tertambat

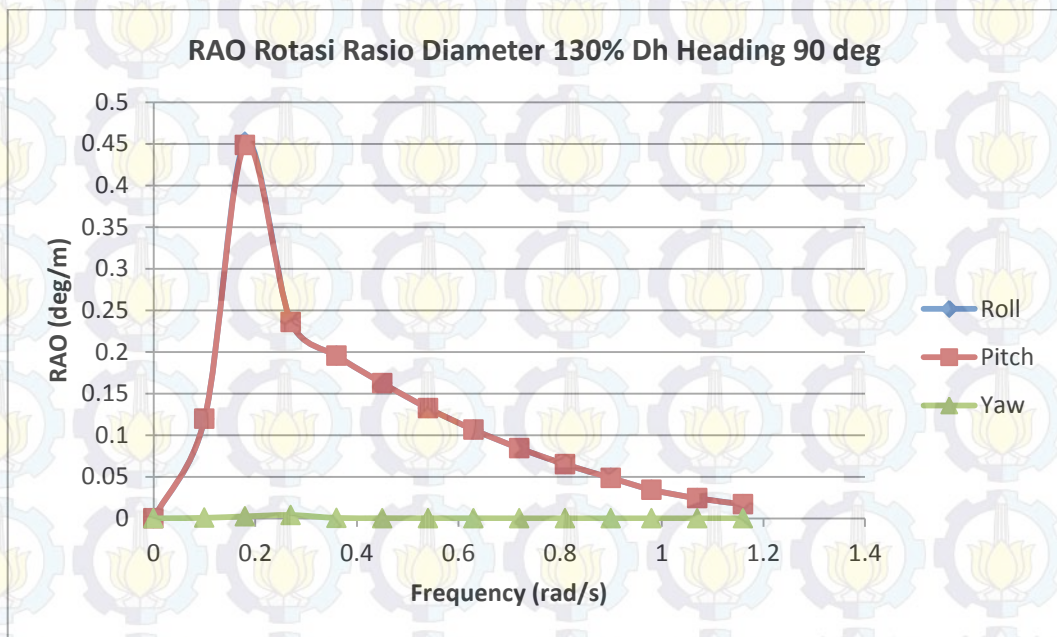
Pada gambar 4.55 dan 4.56 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.25 berikut :

Tabel 4.25. Hasil RAO maksimum pada variasi 130% Dh heading 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
130 % Dh	0.750	0.756	7.27	0.0001	0.44	0.0019



Gambar 4.57 RAO pada motion translasi SPAR 130% Dh pada heading 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.58 RAO pada motion rotasi SPAR 130% Dh pada heading 90⁰ kondisi tertambat

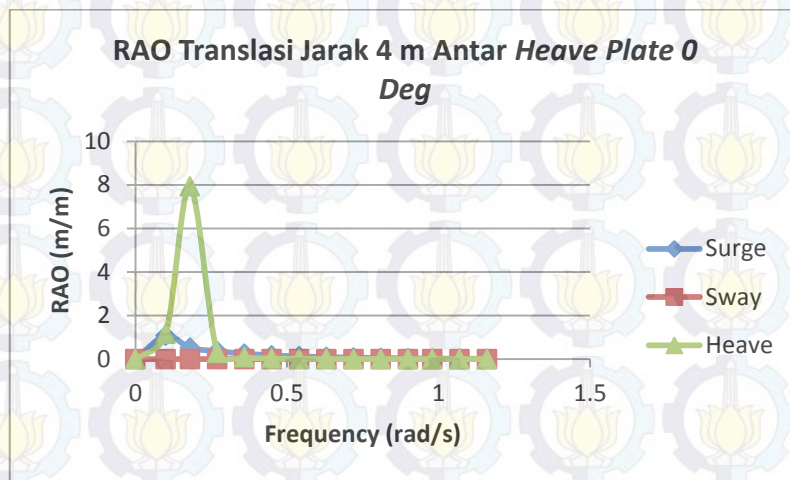
Pada gambar 4.57 dan 4.58 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.26 berikut :

Tabel 4.26. Hasil RAO maksimum pada variasi 130% Dh heading 90⁰ kondisi tertambat

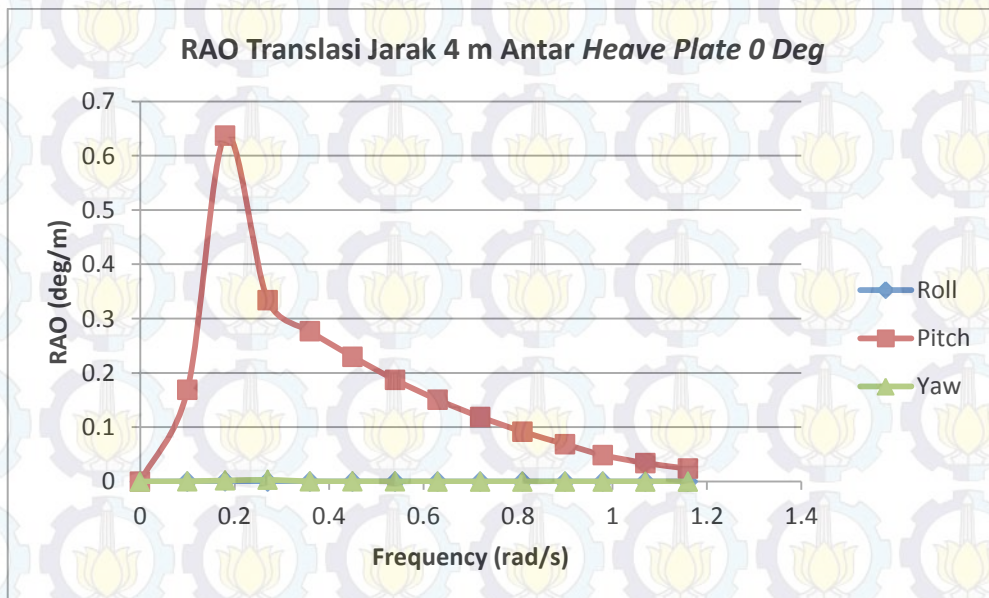
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
130 % Dh	0.0002	1.069	7.27	0.0002	0.451	0.0019

4.16 Analisa Model Variasi jarak 4m Antar Heave Plate

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada heading 0⁰, 45⁰, 90⁰ . RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 4m antar heave plate :



Gambar 4.59 RAO pada motion translasi jarak 4 m pada heading 0⁰ kondisi tertambat

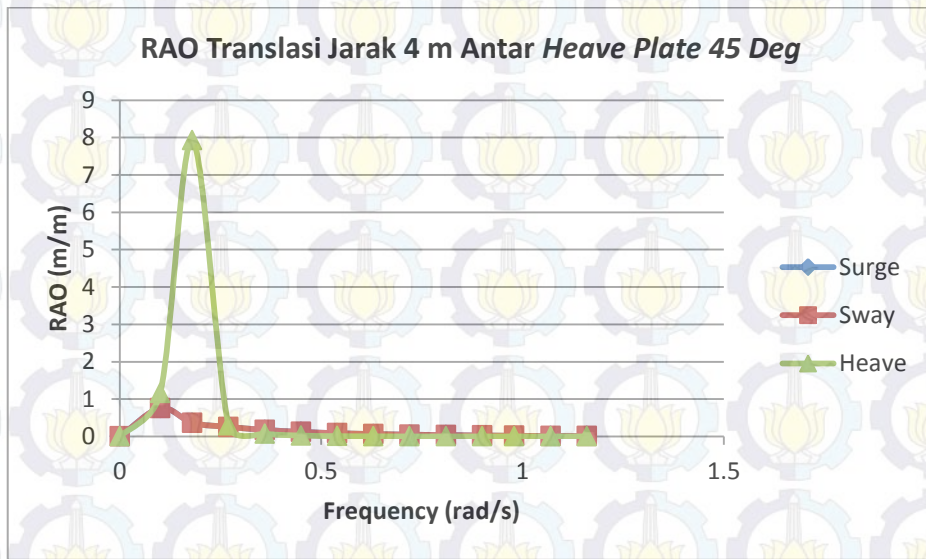


Gambar 4.60 RAO pada motion rotasi jarak 4 m pada heading 0⁰ kondisi tertambat

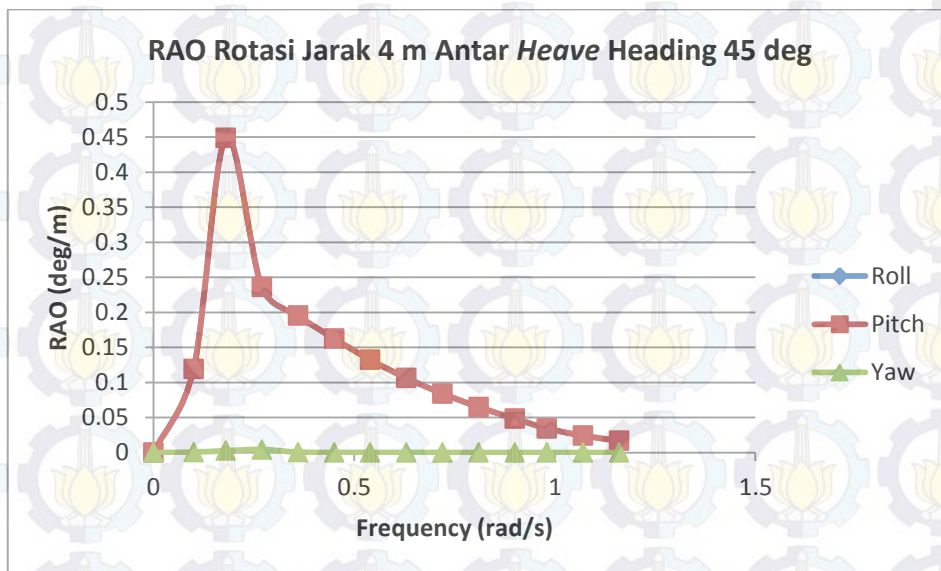
Pada gambar 4.59 dan 4.60 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.27 berikut :

Tabel 4.27. Hasil RAO maksimum pada variasi R 4 m heading 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 4m	1.069	0.0002	7.92	0.002	0.63	0.0019



Gambar 4.61 RAO pada motion translasi jarak 4 m pada heading 45⁰ kondisi tertambat

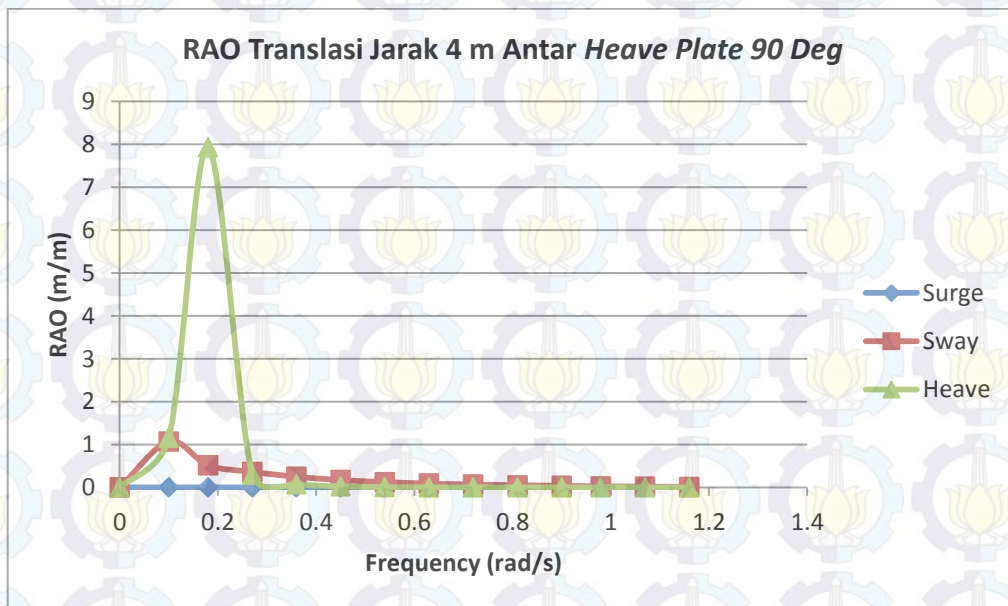


Gambar 4.62 RAO pada motion rotasi jarak 4 m pada heading 45⁰ kondisi tertambat

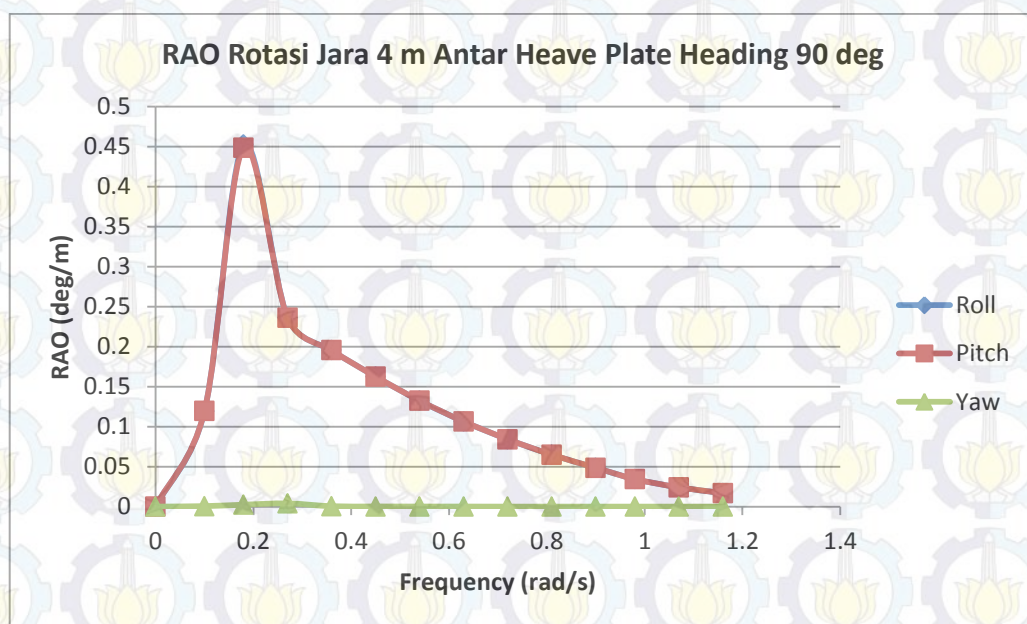
Pada gambar 4.61 dan 4.62 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.28 berikut :

Tabel 4.28. Hasil RAO maksimum pada variasi R 4 m heading 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 4m	0.750	0.756	7.92	0.0001	0.44	0.0019



Gambar 4.63 RAO pada motion translasi jarak 4 m pada heading 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.64 RAO pada motion rotasi jarak 4 m pada heading 90⁰ kondisi tertambat

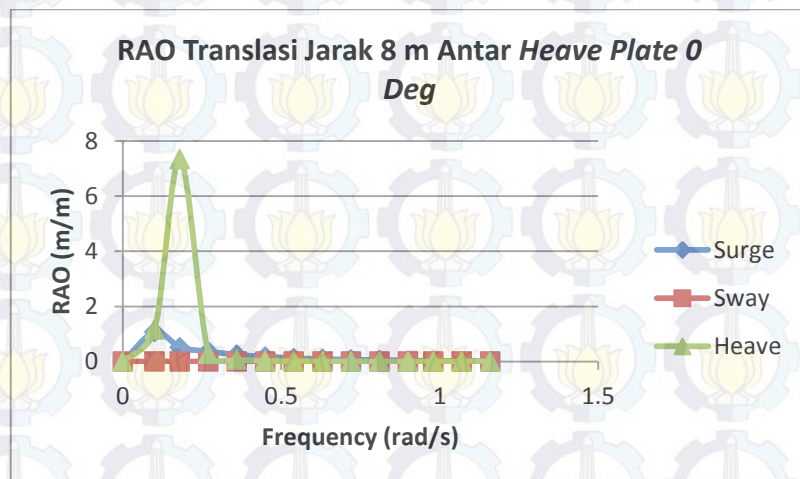
Pada gambar 4.63 dan 4.64 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.29 berikut :

Tabel 4.29. Hasil RAO maksimum pada variasi R 4 m *heading* 90° kondisi tertambat

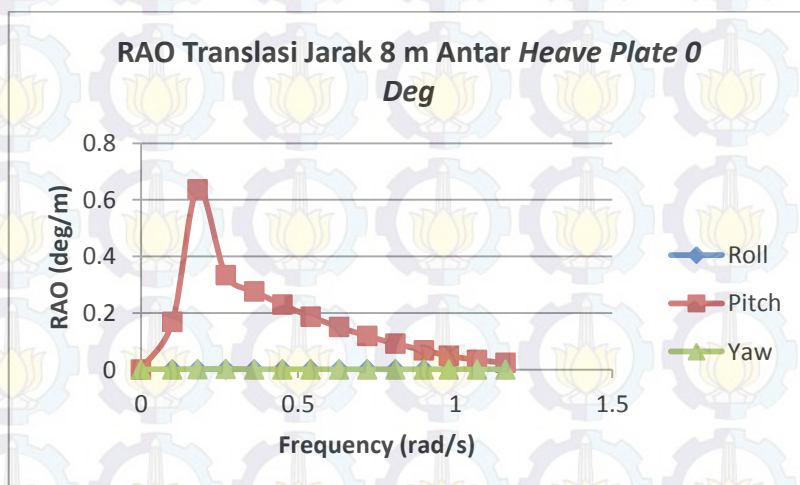
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 4m	0.0002	1.069	7.92	0.0002	0.451	0.0019

4.17 Analisa Model Variasi jarak 8m Antar Heave Plate

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada heading 0°, 45°, 90°. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 8m antar heave plate :



Gambar 4.65 RAO pada motion translasi jarak 8 m pada *heading* 0° kondisi tertambat

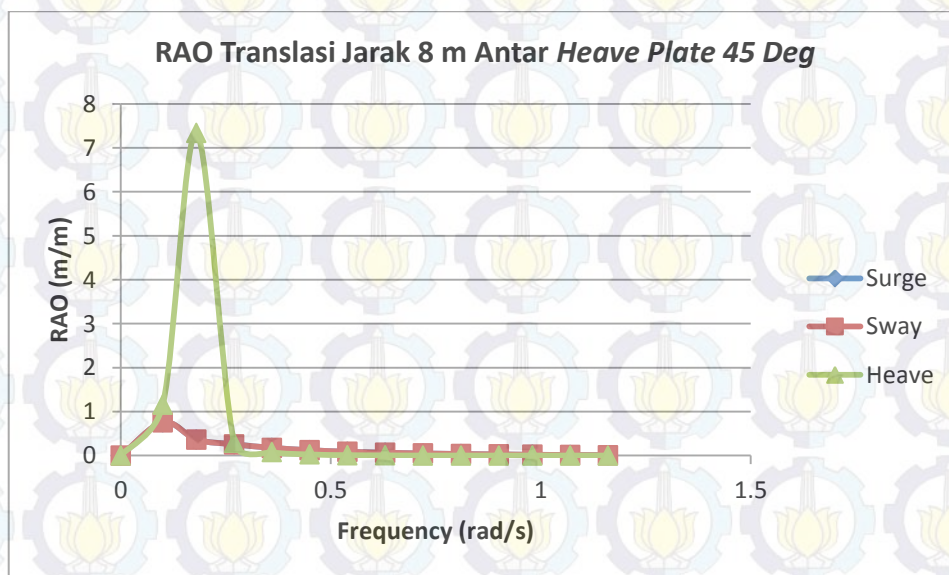


Gambar 4.66 RAO pada motion rotasi jarak 8 m pada *heading* 0° kondisi tertambat

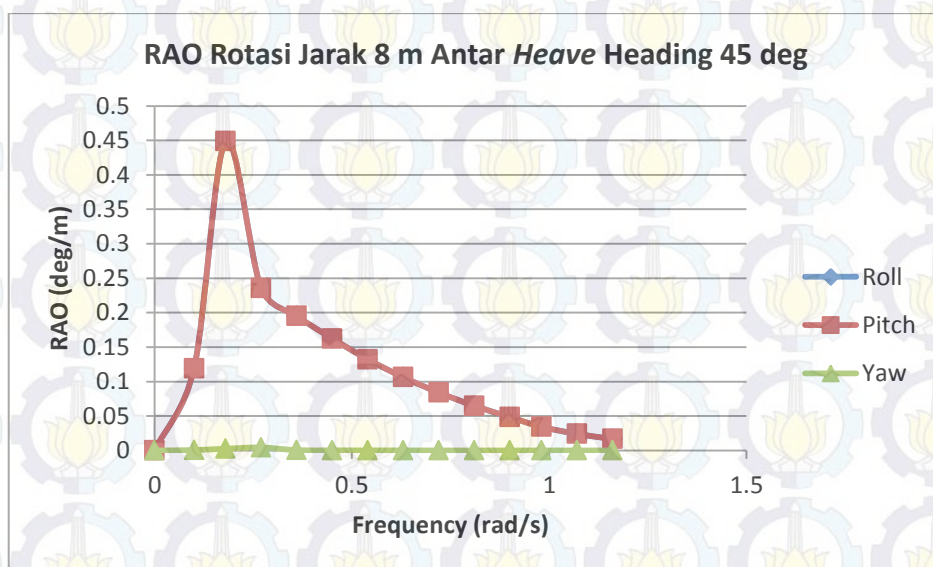
Pada gambar 4.65 dan 4.66 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.30 berikut :

Tabel 4.30. Hasil RAO maksimum pada variasi R 8 m *heading* 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 8m	1.069	0.0002	7.33	0.002	0.63	0.0019



Gambar 4.67 RAO pada motion translasi jarak 8 m pada *heading* 45⁰ kondisi tertambat

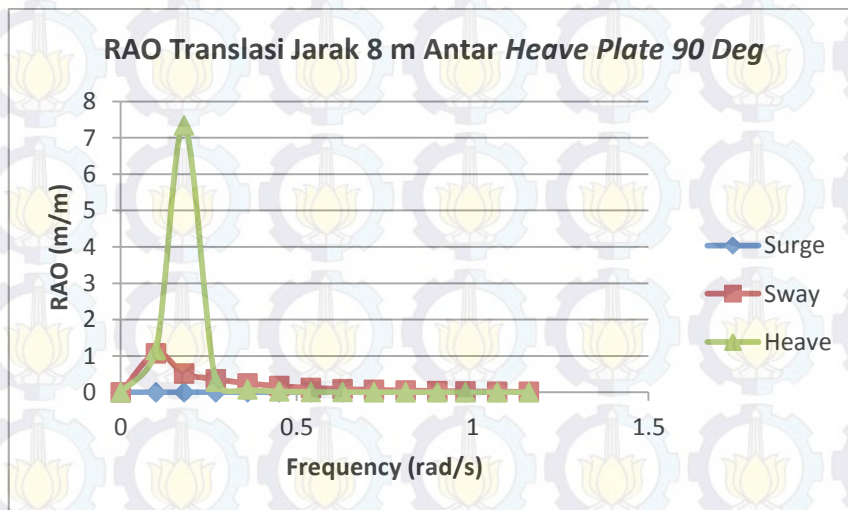


Gambar 4.68 RAO pada motion rotasi jarak 8 m pada *heading* 45⁰ kondisi tertambat

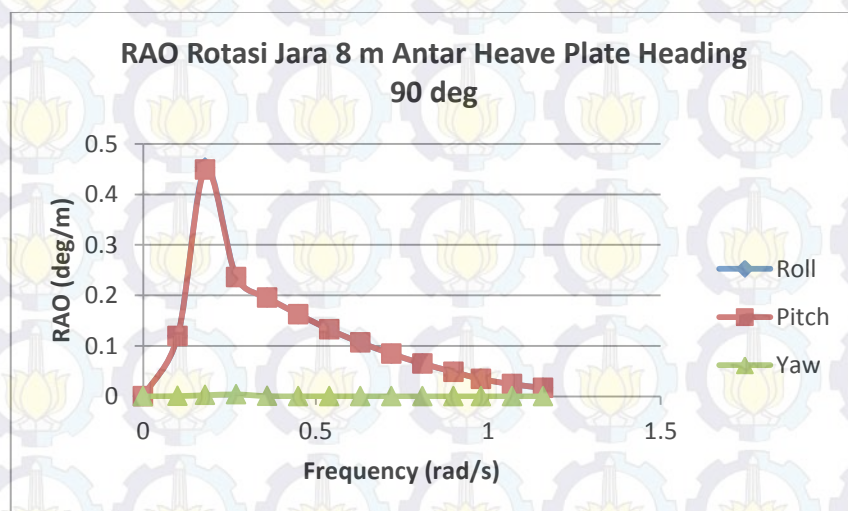
Pada gambar 4.67 dan 4.68 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.31 berikut :

Tabel 4.31. Hasil RAO maksimum pada variasi R 8 m *heading* 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 8m	0.750	0.756	7.33	0.0001	0.44	0.0019



Gambar 4.69 RAO pada motion translasi jarak 8 m pada *heading* 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.70 RAO pada motion rotasi jarak 8 m pada *heading* 90⁰ kondisi tertambat

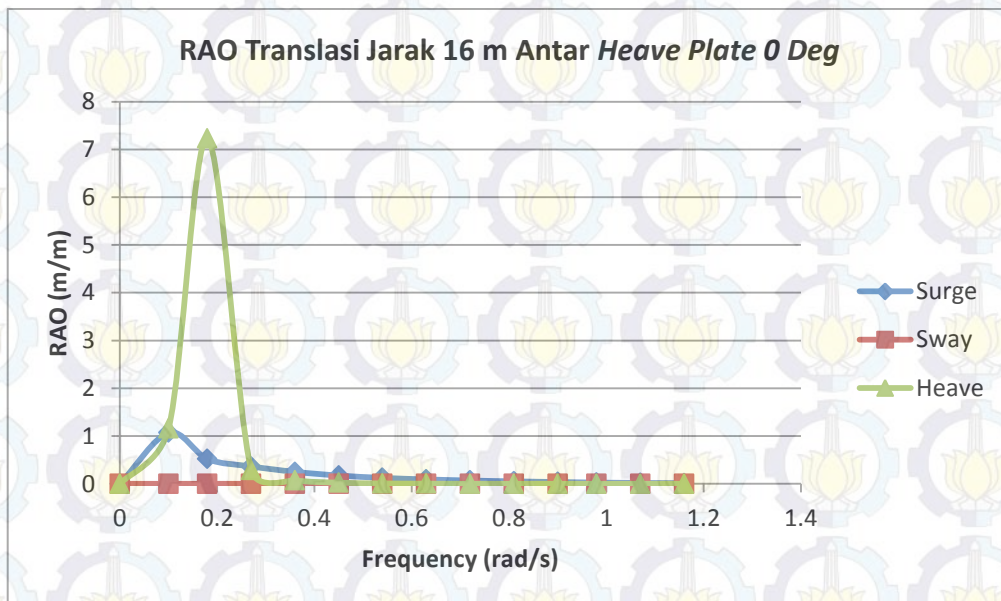
Pada gambar 4.69 dan 4.70 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.32 berikut :

Tabel 4.32. Hasil RAO maksimum pada variasi R 8 m *heading* 90⁰ kondisi tertambat

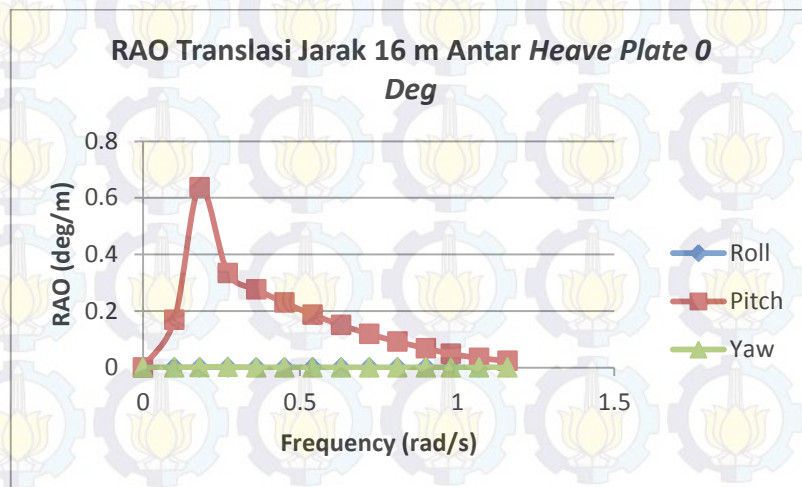
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 8m	0.0002	1.069	7.33	0.0002	0.451	0.0019

4.18 Analisa Model Variasi jarak 16m Antar *Heave Plate*

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada heading 0°, 45°, 90°. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 16m antar *heave plate* :



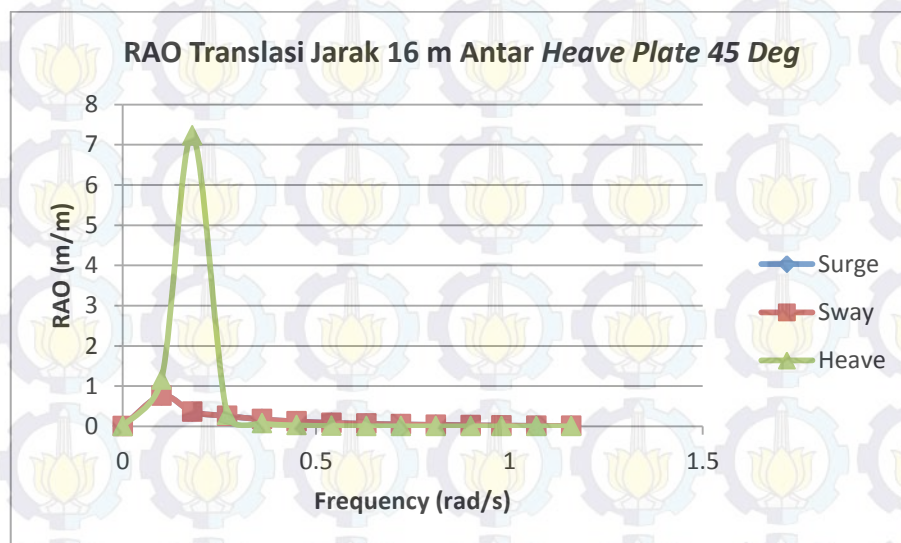
Gambar 4.71 RAO pada motion translasi jarak 16 m pada *heading* 0⁰ kondisi tertambat



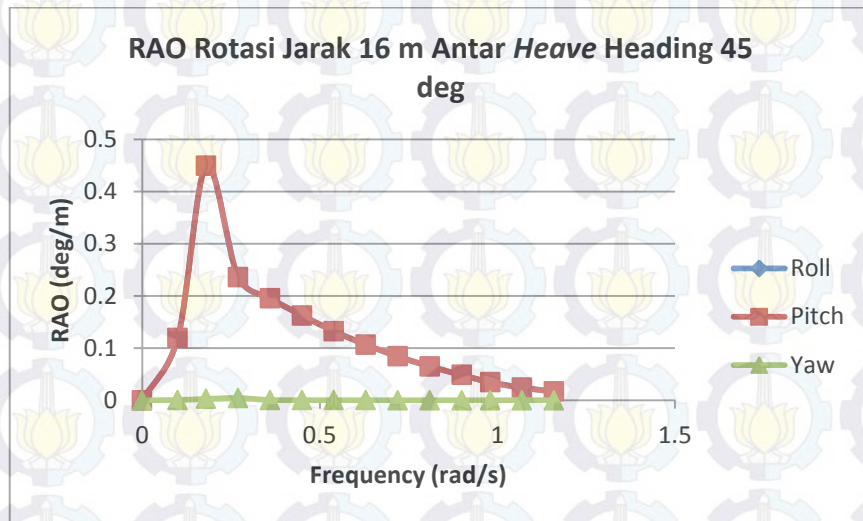
Gambar 4.72 RAO pada motion rotasi jarak 16 m pada *heading* 0^0 kondisi tertambat
 Pada gambar 4.71 dan 4.72 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.33 berikut :

Tabel 4.33. Hasil RAO maksimum pada variasi R 16 m *heading* 0^0 kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 16m	1.069	0.0002	7.22	0.002	0.63	0.0019



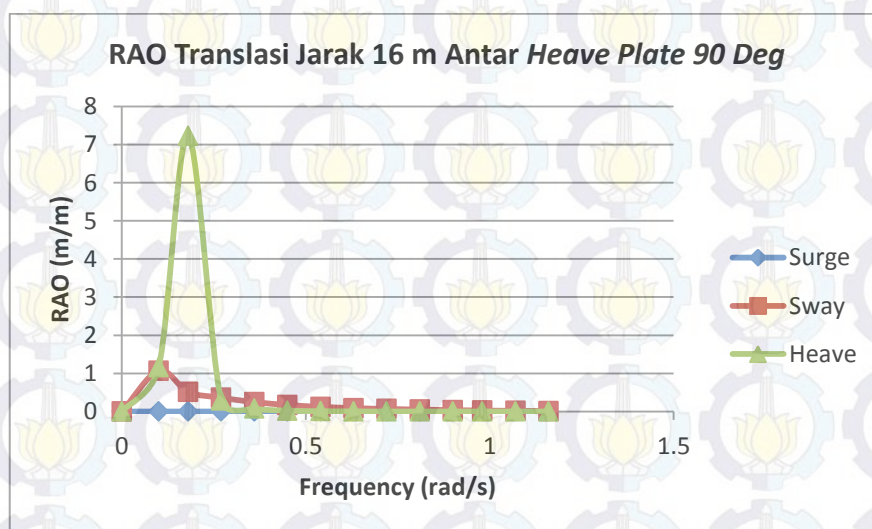
Gambar 4.73 RAO pada motion translasi jarak 16 m pada *heading* 45^0 kondisi tertambat



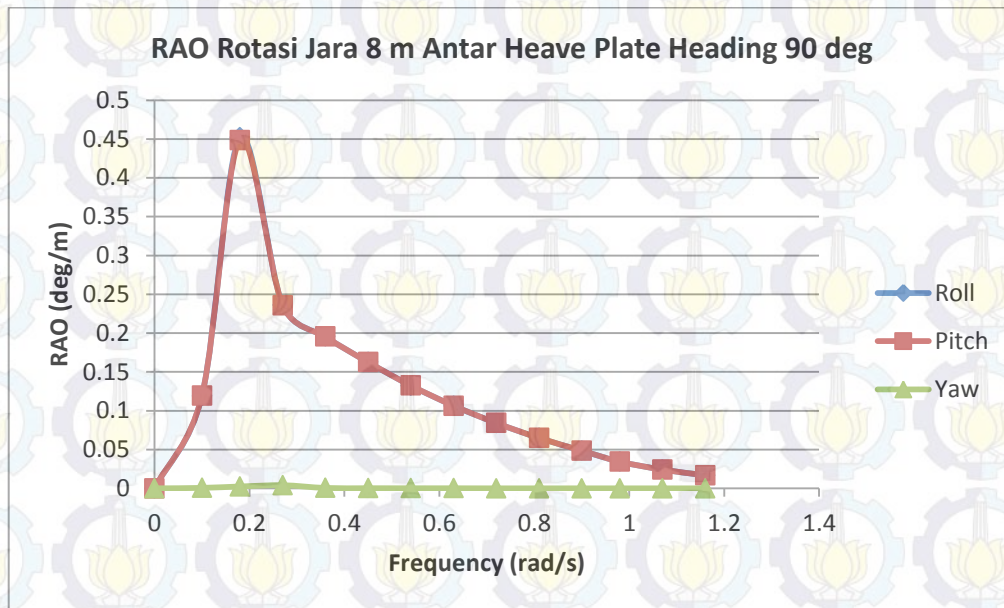
Gambar 4.74 RAO pada motion rotasi jarak 16 m pada heading 45⁰ kondisi tertambat. Pada gambar 4.73 dan 4.74 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.34 berikut :

Tabel 4.34. Hasil RAO maksimum pada variasi R 16 m heading 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 16m	0.750	0.756	7.22	0.0001	0.44	0.0019



Gambar 4.75 RAO pada motion translasi jarak 16 m pada heading 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.76 RAO pada motion rotasi jarak 16 m pada heading 90° kondisi tertambat

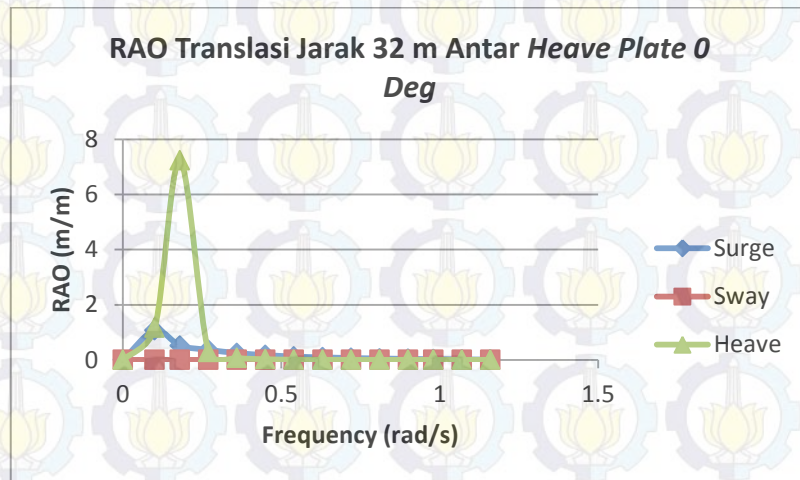
Pada gambar 4.75 dan 4.76 diketahui RAO maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.35 berikut :

Tabel 4.35. Hasil RAO maksimum pada variasi R 16 m heading 90° kondisi tertambat

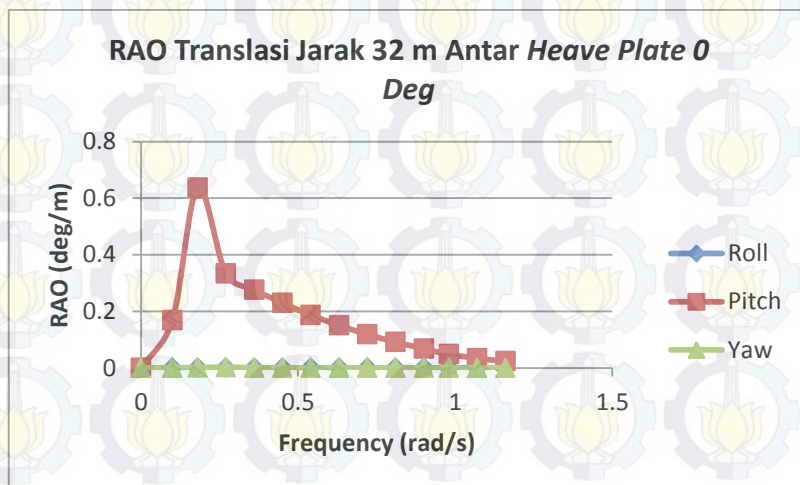
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 16m	0.0002	1.069	7.22	0.0002	0.451	0.0019

4.19 Analisa Model Variasi jarak 32m Antar Heave Plate

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada heading 0°, 45°, 90°. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 32m antar heave plate :



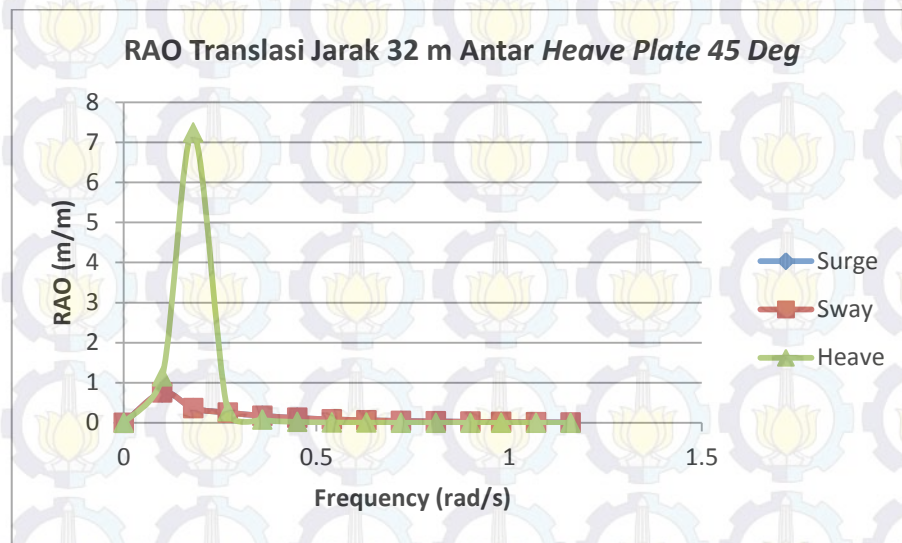
Gambar 4.77 RAO pada motion translasi jarak 32 m pada heading 0⁰ kondisi tertambat



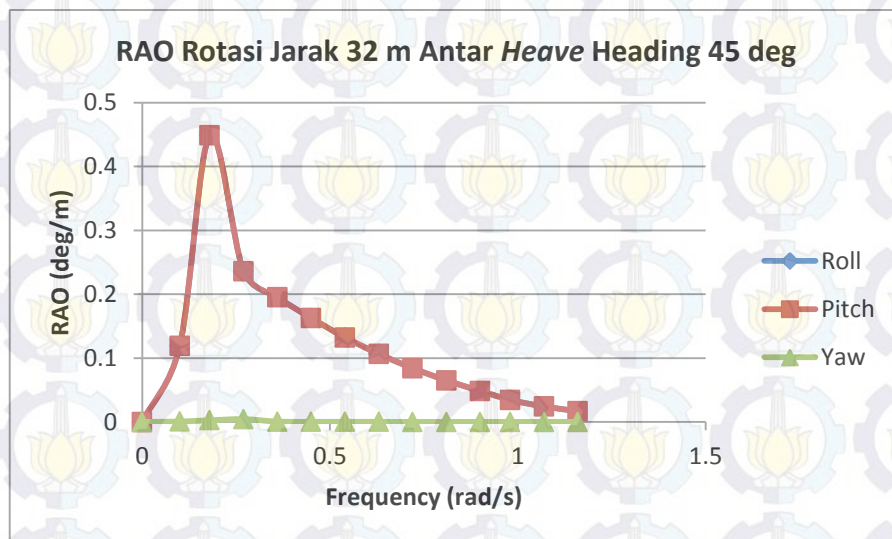
Gambar 4.78 RAO pada motion rotasi jarak 32 m pada heading 0⁰ kondisi tertambat
 Pada gambar 4.77 dan 4.78 diketahui RAO maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.36 berikut :

Tabel 4.36. Hasil RAO maksimum pada variasi R 32 m heading 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 32m	1.069	0.0002	7.23	0.002	0.63	0.0019



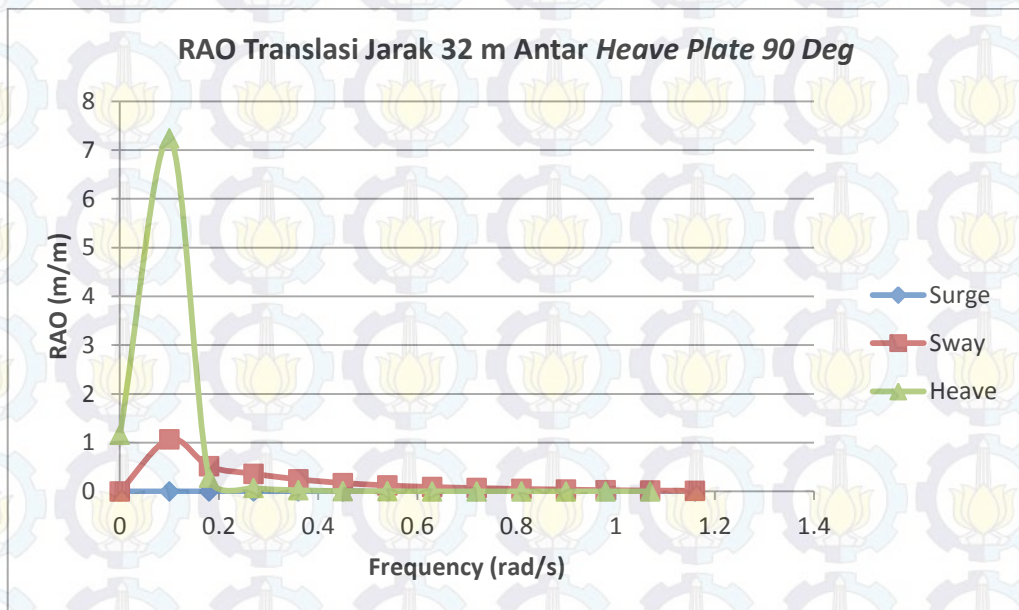
Gambar 4.79 RAO pada motion translasi jarak 32 m pada heading 45⁰ kondisi tertambat



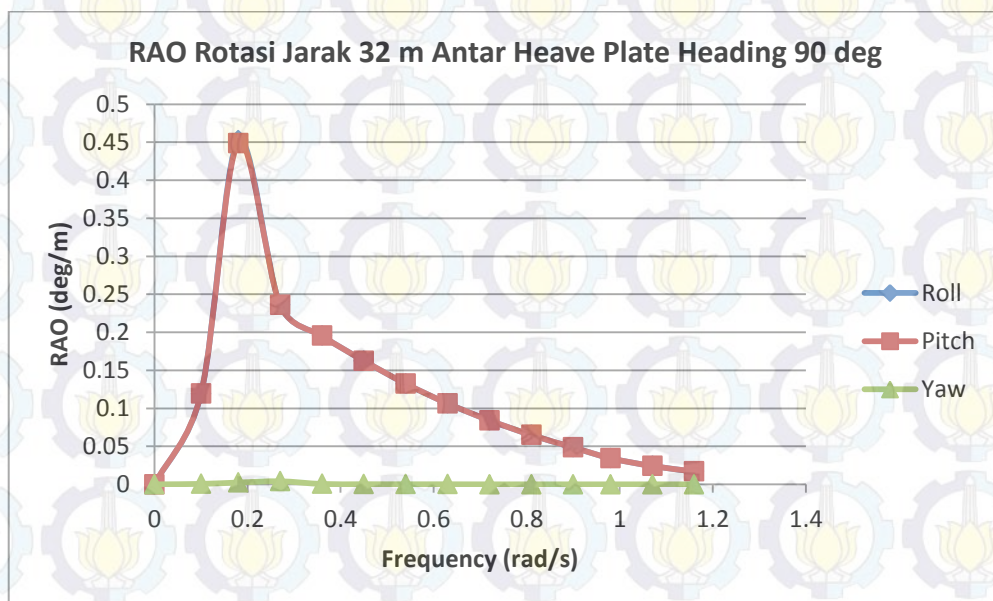
Gambar 4.80 RAO pada motion rotasi jarak 32 m pada heading 45⁰ kondisi tertambat
 Pada gambar 4.79 dan 4.80 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.37 berikut :

Tabel 4.37. Hasil RAO maksimum pada variasi R 32 m heading 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 32m	0.750	0.756	7.23	0.0001	0.44	0.0019



Gambar 4.81 RAO pada motion translasi jarak 32 m pada heading 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.82 RAO pada motion rotasi jarak 32 m pada heading 90⁰ kondisi tertambat

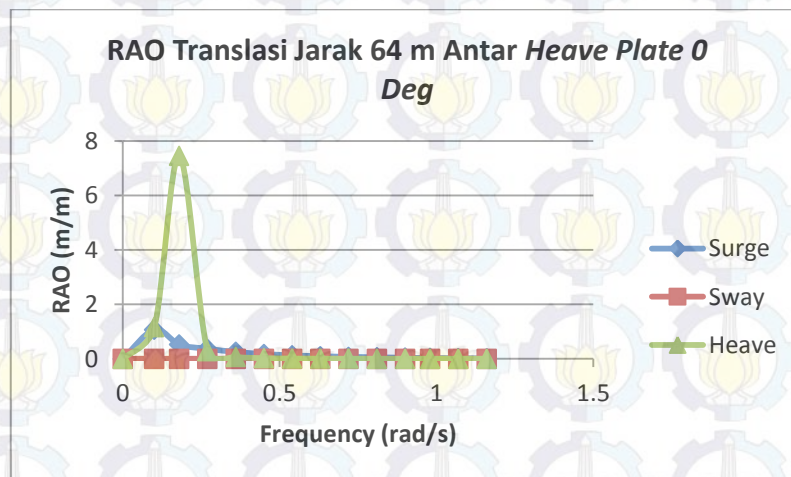
Pada gambar 4.81 dan 4.82 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.38 berikut :

Tabel 4.38. Hasil RAO maksimum pada variasi R 32 m *heading* 90⁰ kondisi tertambat

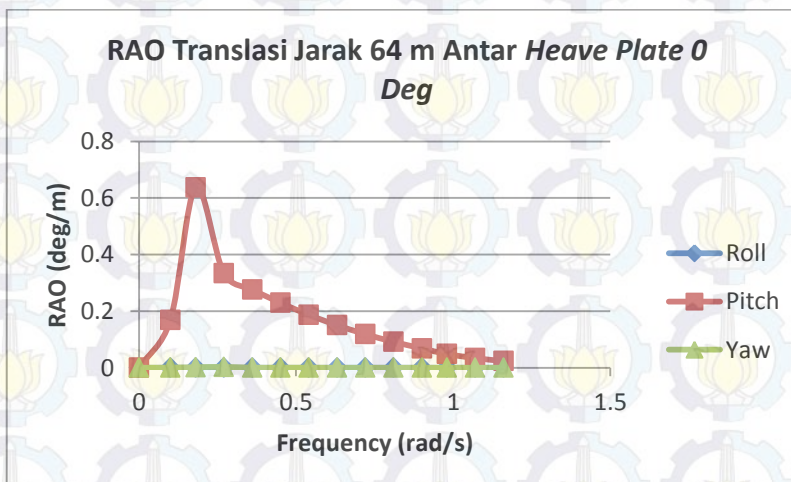
Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 32m	0.0002	1.069	7.23	0.0002	0.451	0.0019

4.20 Analisa Model Variasi jarak 64m Antar *Heave Plate*

Analisa menggunakan ANSYS AQWA untuk mengetahui respon gerakan pada kondisi tertambat pada *heading* 0⁰, 45⁰, 90⁰. RAO yang didapatkan untuk melakukan komparasi pada tahapan selanjutnya. Berikut RAO pada model dengan variasi 64m antar *heave plate* :



Gambar 4.83 RAO pada motion translasi jarak 64 m pada *heading* 0⁰ kondisi tertambat

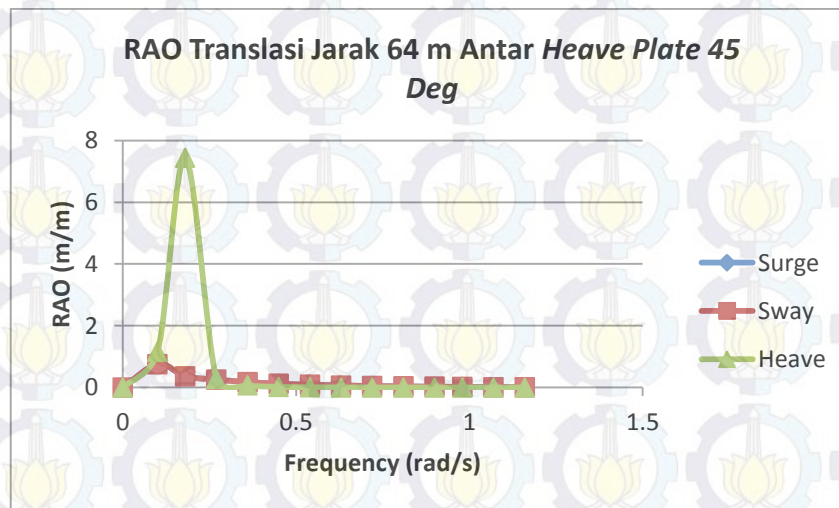


Gambar 4.84 RAO pada motion rotasi jarak 64 m pada *heading* 0⁰ kondisi tertambat

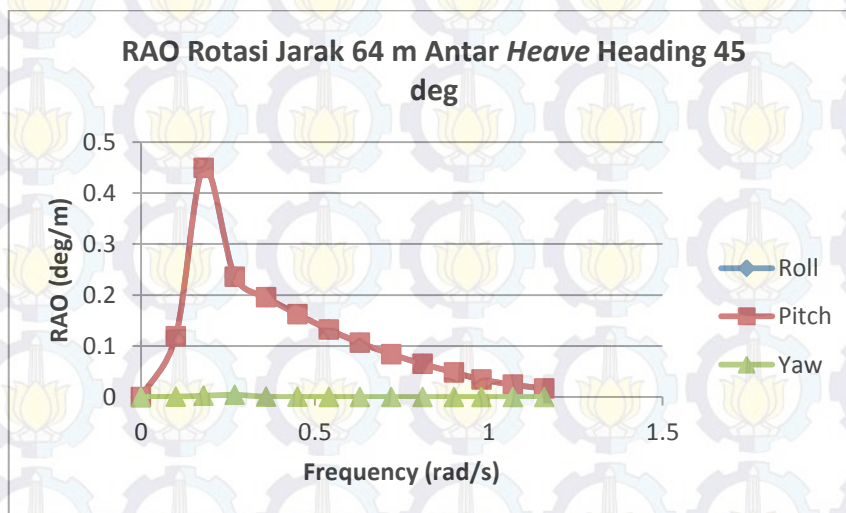
Pada gambar 4.83 dan 4.84 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.39 berikut :

Tabel 4.39. Hasil RAO maksimum pada variasi R 64 m *heading* 0⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 64m	1.069	0.0002	7.44	0.002	0.63	0.0019



Gambar 4.85 RAO pada motion translasi jarak 64 m pada *heading* 45⁰ kondisi tertambat

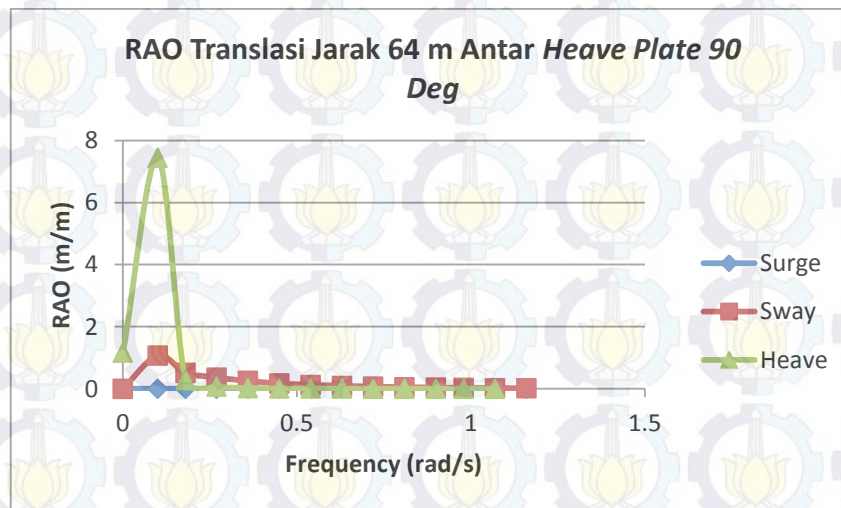


Gambar 4.86 RAO pada motion rotasi jarak 64 m pada *heading* 45⁰ kondisi tertambat

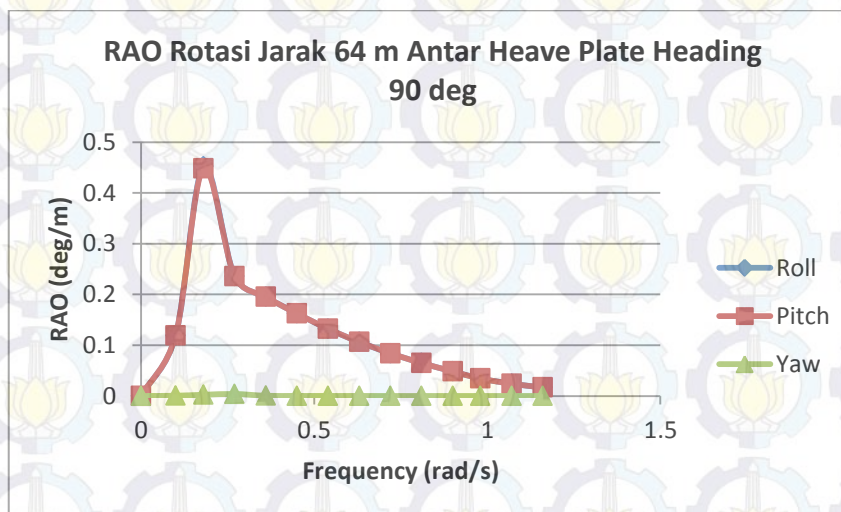
Pada gambar 4.85 dan 4.86 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.40 berikut :

Tabel 4.40. Hasil RAO maksimum pada variasi R 64 m *heading* 45⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 64m	0.750	0.756	7.44	0.0001	0.44	0.0019



Gambar 4.87 RAO pada motion translasi jarak 64 m pada *heading* 90⁰ kondisi tertambat



Gambar 4.88 RAO pada motion rotasi jarak 64 m pada *heading* 90⁰ kondisi tertambat

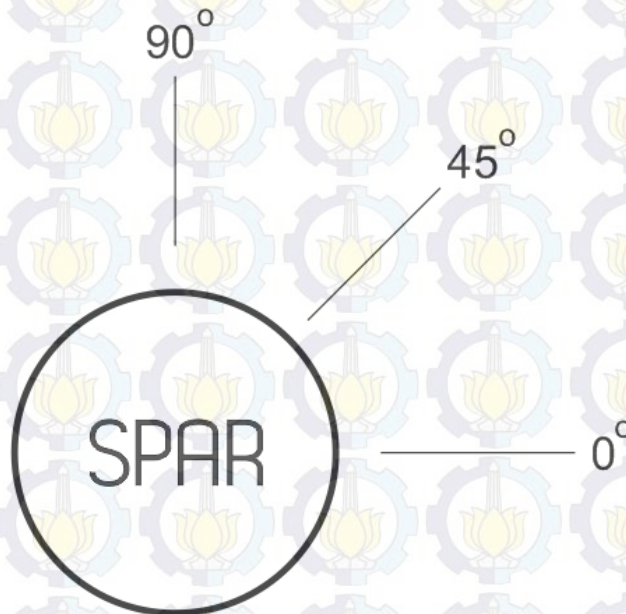
Pada gambar 4.87 dan 4.88 diketahui RAO nilai maksimum pada setiap gerakan pada kondisi gelombang regular. Nilai maksimum tersebut di jelaskan dalam tabel 4.41 berikut :

Tabel 4.41. Hasil RAO maksimum pada variasi R 64 m *heading* 90⁰ kondisi tertambat

Model	Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Roll (deg)	Pitch (deg)	Yaw (deg)
R 64m	0.0002	1.069	7.44	0.0002	0.451	0.0019

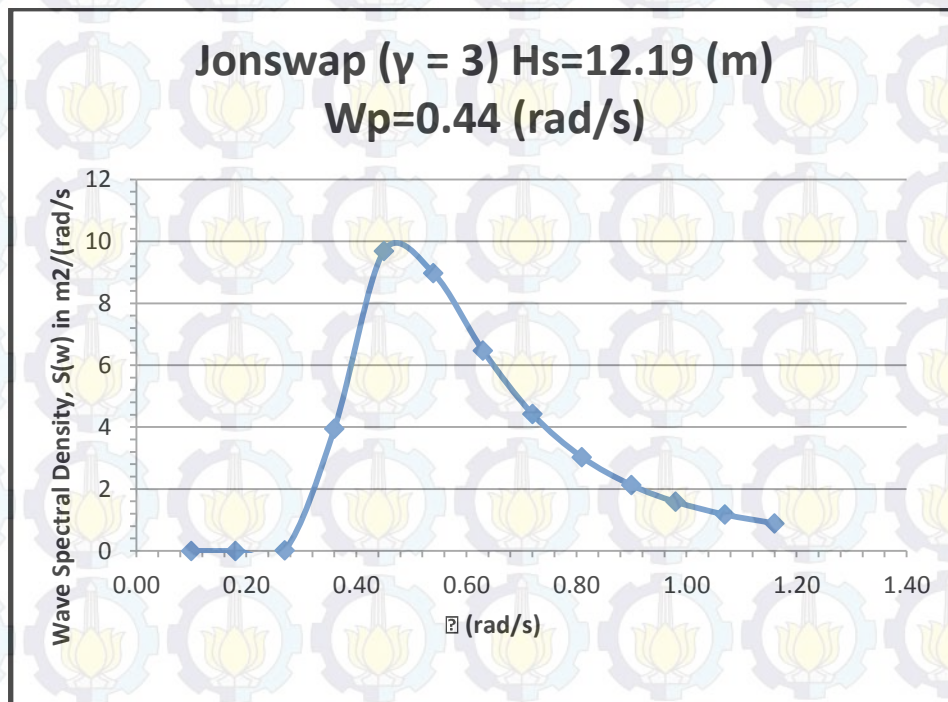
4.21 Perhitungan Spektre JONSWAP

Beban lingkungan yang akan digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah beban gelombang dan angin . Data yang digunakan (tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan) menggunakan data lingkungan Teluk Meksiko. Dari data tersebut dapat digambarkan orientasi semua model SPAR terhadap pembebanan lingkungan, yaitu:



Gambar 4.89 *Heading* pada SPAR kondisi tertambat

Untuk penggunaan spektra pada analisa ini adalah dengan spektra JONSWAP ($\gamma = 3$). Berikut grafik spektra JONSWAP yang digunakan dalam mengitung spektra respon struktur SPAR yang di variasikan pada gambar 4.90 sebagai berikut :

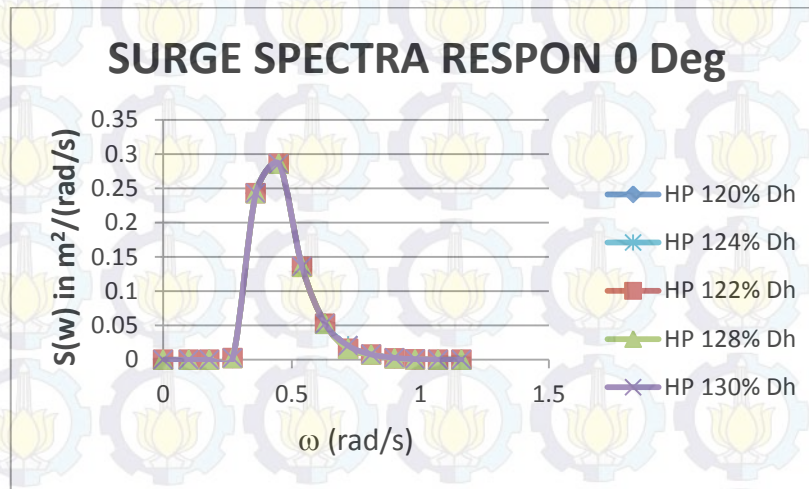


Gambar 4.90 Grafik spektra JONSWAP

Dengan mengetahui grafik spektra, dapat menghasilkan respon struktur dengan persamaan (2.19) sehingga mengetahui respon struktur pada kondisi gelombang acak.

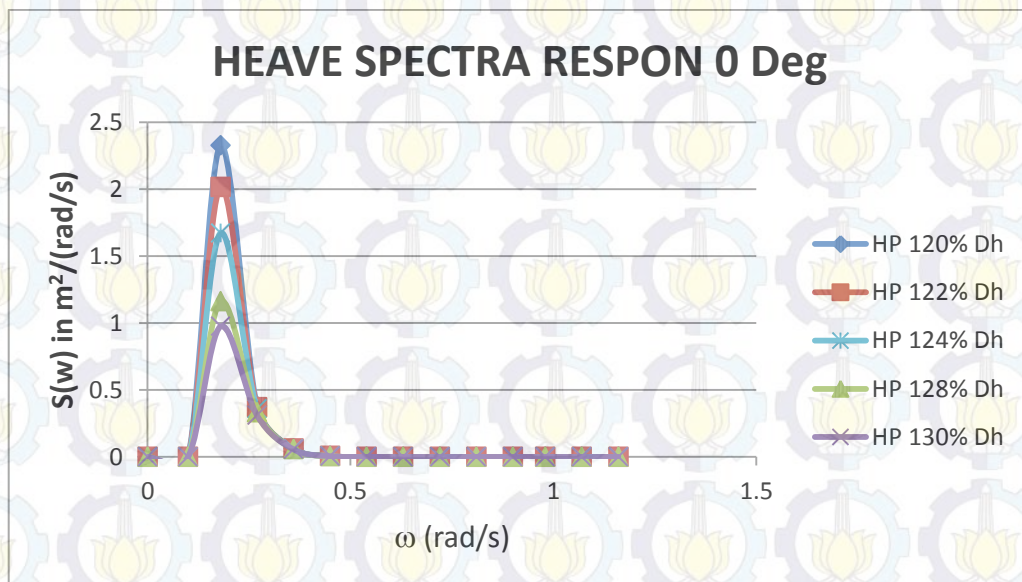
4.22 Komparasi Spektra Respon Kondisi Tertambat Pengaruh Variasi Ratio Diameter *Heave Plate*

Komparasi pada spektra respon dimana dalam kondisi H_s yang maksimum akan mengetahui respon struktur ketika beroperasi pada daerah Teluk Meksiko. Komparasi dilakukan pada heading 0° , 45° , 90° sementara untuk gerakan yang dikomparasikan adalah pada gerakan surge, heave, dan pitch :



Gambar 4.91 Grafik komparasi spektra respon motion surge heading 0^0 variasi rasio diameter

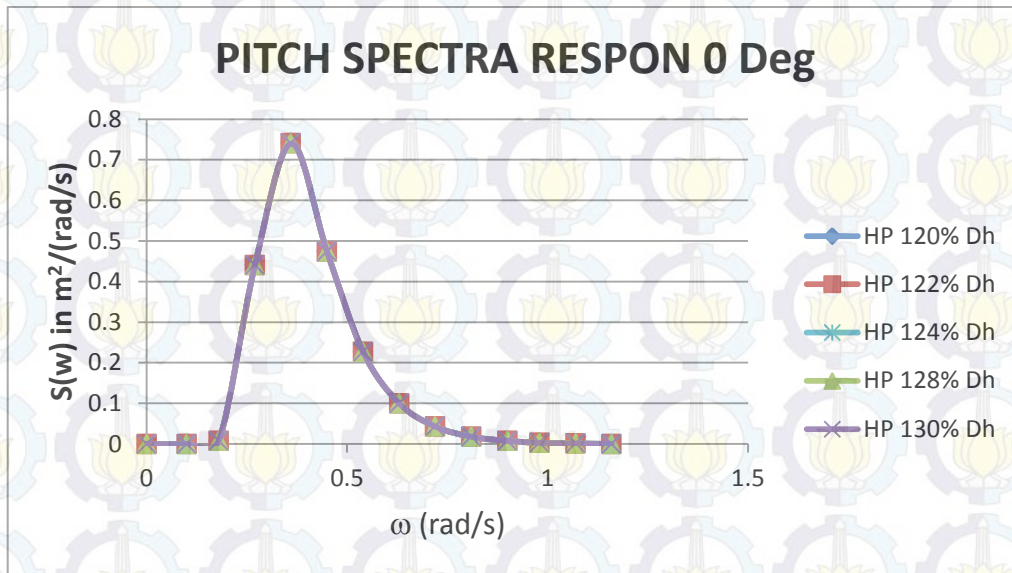
Dari hasil komparasi motion surge pada gambar 4.91 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum surge pada frekuensi natural pada frekuensi 0.45 rad/s dengan nilai sebesar 0.28 m. Dari gerakan surge tidak ada perbedaan signifikan dari kelima model variasi.



Gambar 4.92 Grafik komparasi spektra respon motion pitch heading 0^0 variasi rasio diameter

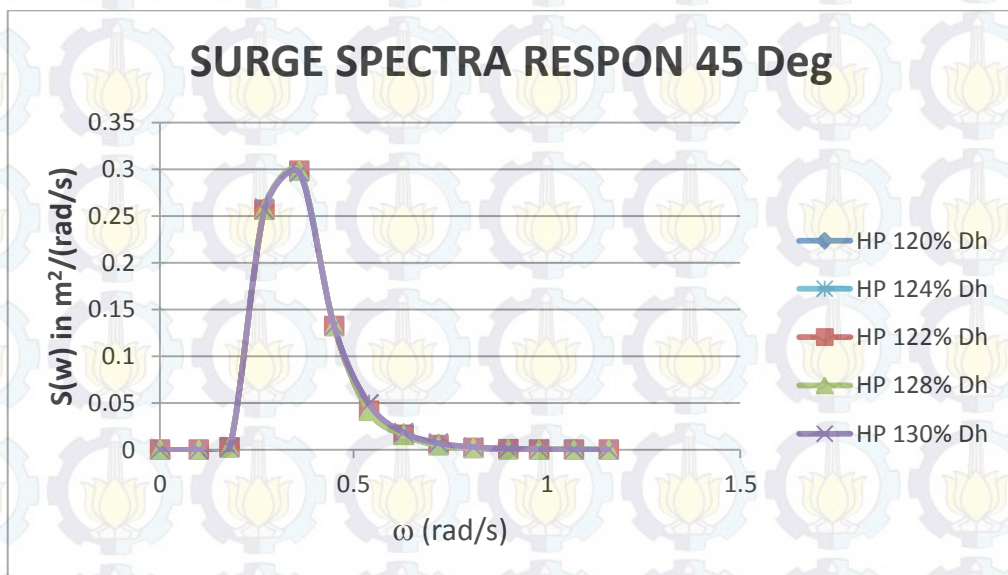
Dari hasil komparasi motion heave pada gambar 4.92 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum heave pada frekuensi natural pada frekuensi 0.18 rad/s, pada gerakan heave komparasi performance

terbaik pada variasi 130% Dh dengan nilai 0.97 jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya.



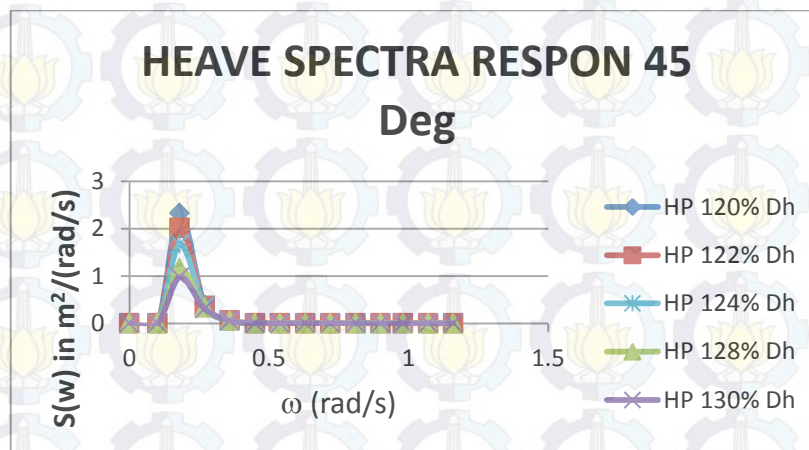
Gambar 4.93 Grafik komparasi spektra respon motion pitch heading 0^0 variasi rasio diameter

Dari hasil komparasi motion pitch pada gambar 4.93 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum pitch pada frekuensi natural pada frekuensi 0.36 rad/s dengan nilai sebesar 0.73 deg. Dari gerakan pitch tidak ada perbedaan signifikan dari kelima model variasi.



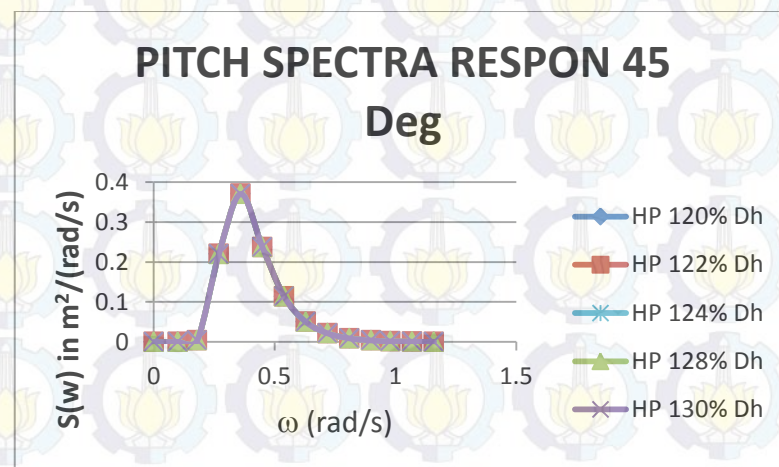
Gambar 4.94 Grafik komparasi spektra respon motion surge heading 45^0 variasi rasio diameter

Dari hasil komparasi motion surge pada gambar 4.94 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum surge pada frekuensi natural pada frekuensi 0.36 rad/s dengan nilai sebesar 0.29 m. Dari gerakan surge tidak ada perbedaan signifikan dari kelima model variasi.



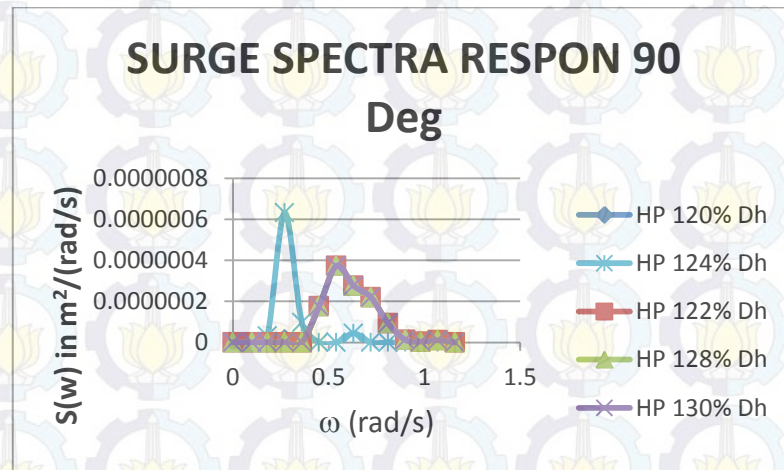
Gambar 4.95. Grafik komparasi spektra respon motion heave heading 45⁰ variasi rasio diameter

Dari hasil komparasi motion heave pada gambar 4.95 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum heave pada frekuensi natural pada frekuensi 0.18 rad/s, pada gerakan heave komparasi performance terbaik pada variasi 130% Dh dengan nilai 0.97 jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya.



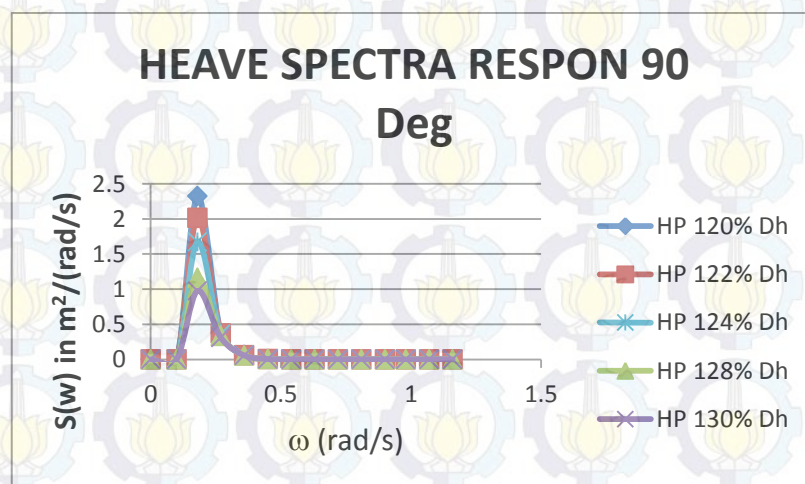
Gambar 4.96. Grafik komparasi spektra respon motion pitch heading 45⁰ variasi rasio diameter

Dari hasil komparasi motion pitch pada gambar 4.96 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum pitch pada frekuensi natural pada frekuensi 0.36 rad/s dengan nilai sebesar 0.37 deg. Dari gerakan pitch tidak ada perbedaan signifikan dari kelima model variasi.



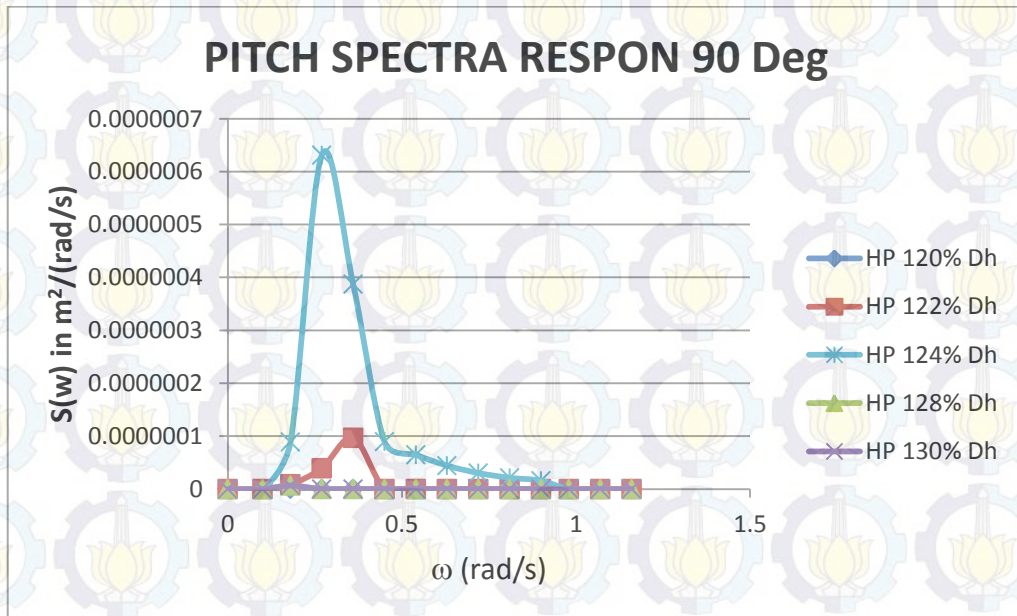
Gambar 4.97. Grafik komparasi spektra respon motion surge heading 90⁰ variasi rasio diameter

Dari hasil komparasi motion surge pada gambar 4.97 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR yang terbaik dari kelima variasi tersebut adalah 130% dh dengan frekuensi natural 0.54 rad/s dengan nilai 3.7E-7 m. Untuk gerakan terburuk pada variasi model 124% dh dengan frekuensi natural 0.18 rad/s dengan nilai 6.31E-7.



Gambar 4.98. Grafik komparasi spektra respon motion heave heading 90⁰ variasi rasio diameter

Dari hasil komparasi motion heave pada gambar 4.98 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum heave pada frekuensi natural pada frekuensi 0.18 rad/s, pada gerakan heave komparasi performance terbaik pada variasi 130% Dh dengan nilai 0.97 jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya.

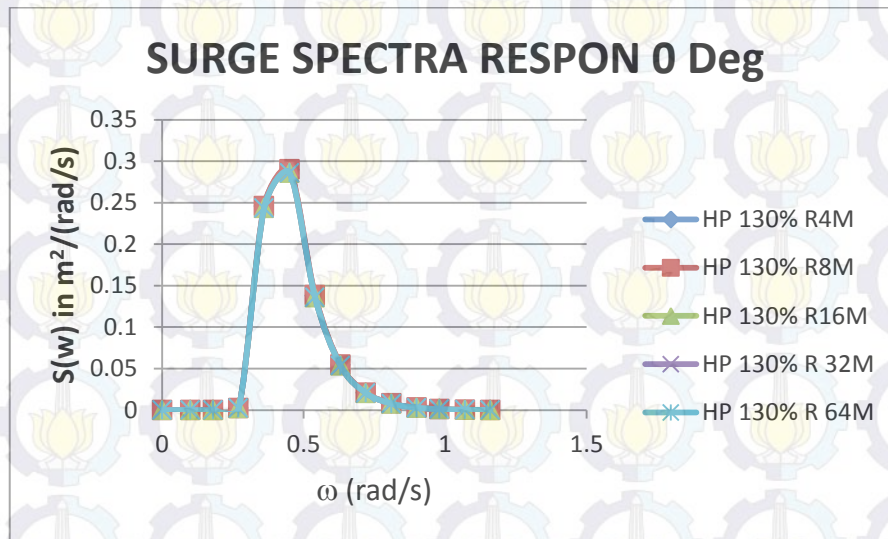


Gambar 4.99. Grafik komparasi spektra respon motion pitch heading 90° variasi rasio diameter

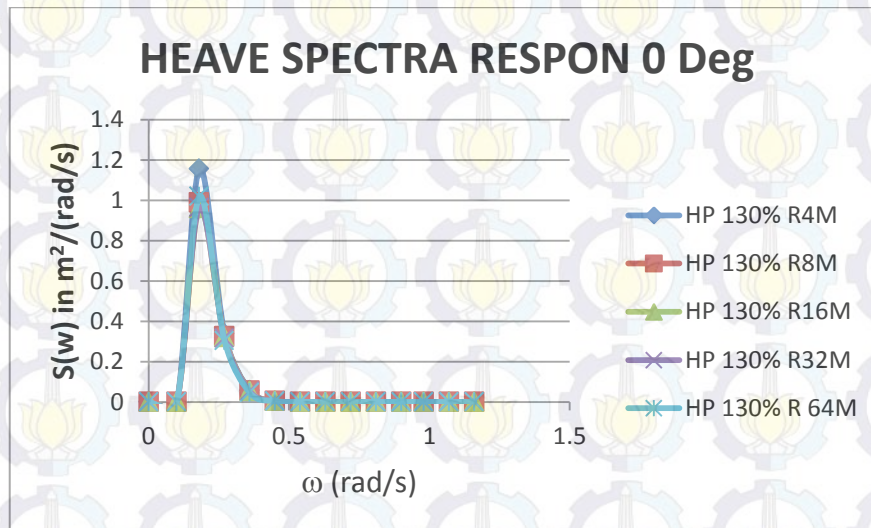
Dari hasil komparasi motion pitch pada gambar 4.99 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR yang terbaik dari kelima variasi tersebut adalah 130% dh dengan nilai 0 deg. Untuk gerakan terburuk pada variasi model 124% dh dengan frekuensi natural 0.27 rad/s dengan nilai 6.31E-7 deg.

4.23 Komparasi Spektra Respon Kondisi Tertambat Pengaruh Variasi Jarak antar *Heave Plate*

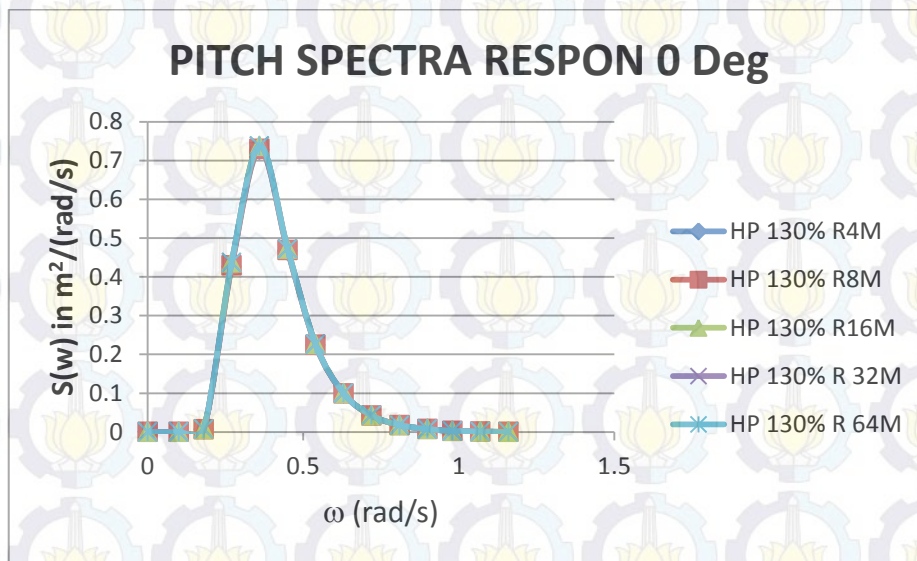
Komparasi pada spektra respon dimana dalam kondisi H_s yang maksimum akan mengetahui respon struktur ketika beroperasi pada daerah Teluk Meksiko. Komparasi dilakukan pada heading 0°, 45°, 90° sementara untuk gerakan yang dikomparasikan adalah pada gerakan surge, heave, dan pitch :



Gambar 4.100 Grafik komparasi spektra respon motion surge heading 0^0 variasi jarak. Dari hasil komparasi motion surge pada gambar 4.100 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum surge pada frekuensi natural pada frekuensi 0.45 rad/s dengan nilai sebesar 0.28 m. Dari gerakan surge tidak ada perbedaan signifikan dari kelima model variasi.

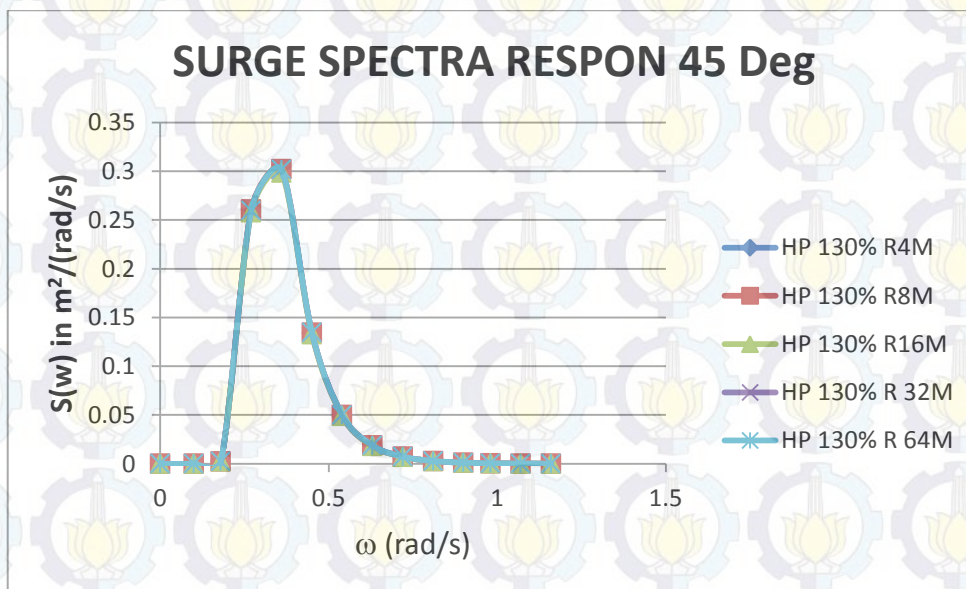


Gambar 4.101 Grafik komparasi spektra respon motion heave heading 0^0 variasi jarak. Dari hasil komparasi motion heave pada gambar 4.101 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum heave pada frekuensi natural pada frekuensi 0.18 rad/s, pada gerakan heave komparasi performance terbaik pada variasi 16 meter dengan nilai 0.96m jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya.



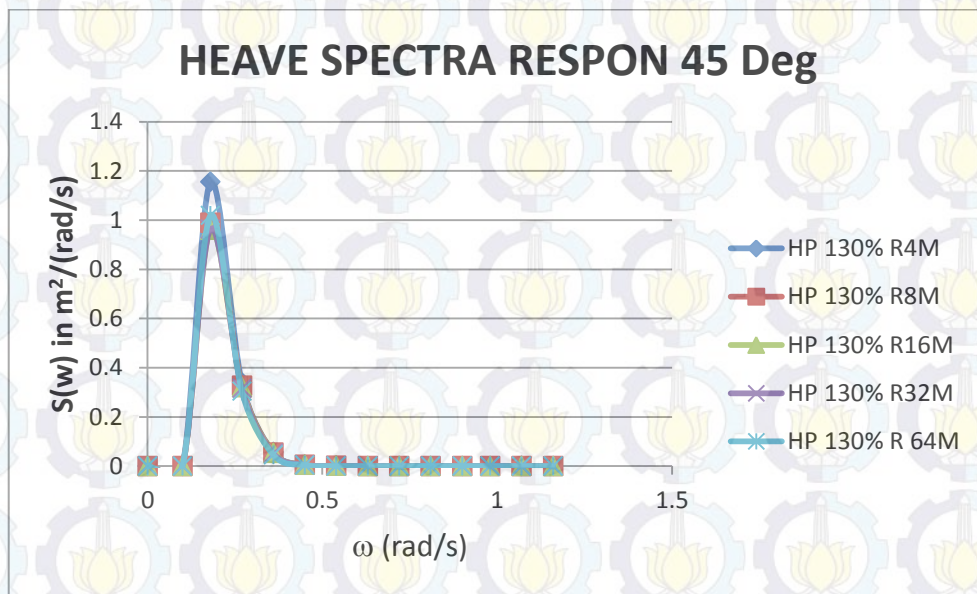
Gambar 4.102 Grafik komparasi spektra respon motion pitch heading 0^0 variasi jarak

Dari hasil komparasi motion pitch pada gambar 4.102 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum pitch pada frekuensi natural pada frekuensi 0.36 rad/s dengan nilai sebesar 0.73 deg. Dari gerakan pitch tidak ada perbedaan signifikan dari kelima model variasi.

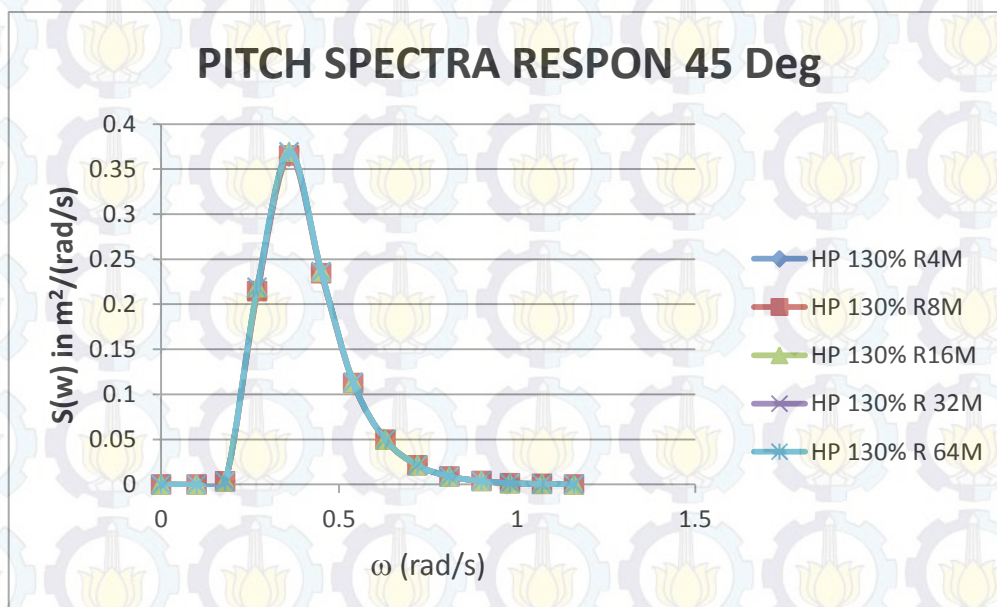


Gambar 4.103 Grafik komparasi spektra respon motion surge heading 45^0 variasi jarak

Dari hasil komparasi motion surge pada gambar 4.103 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum surge pada frekuensi natural pada frekuensi 0.36 rad/s dengan nilai sebesar 0.301 m. Dari gerakan surge tidak ada perbedaan signifikan dari kelima model variasi.

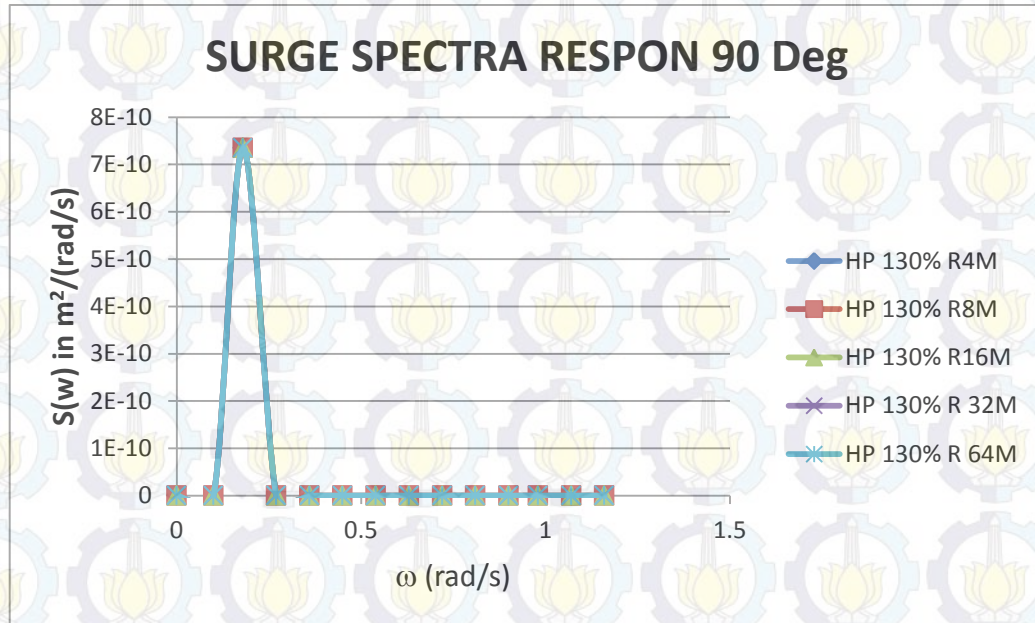


Gambar 4.104. Grafik komparasi spektra respon motion heave heading 45^0 variasi jarak. Dari hasil komparasi motion heave pada gambar 4.104 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum heave pada frekuensi natural pada frekuensi 0.18 rad/s, pada gerakan heave komparasi performance terbaik pada variasi 16 meter dengan nilai 0.96m jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya.

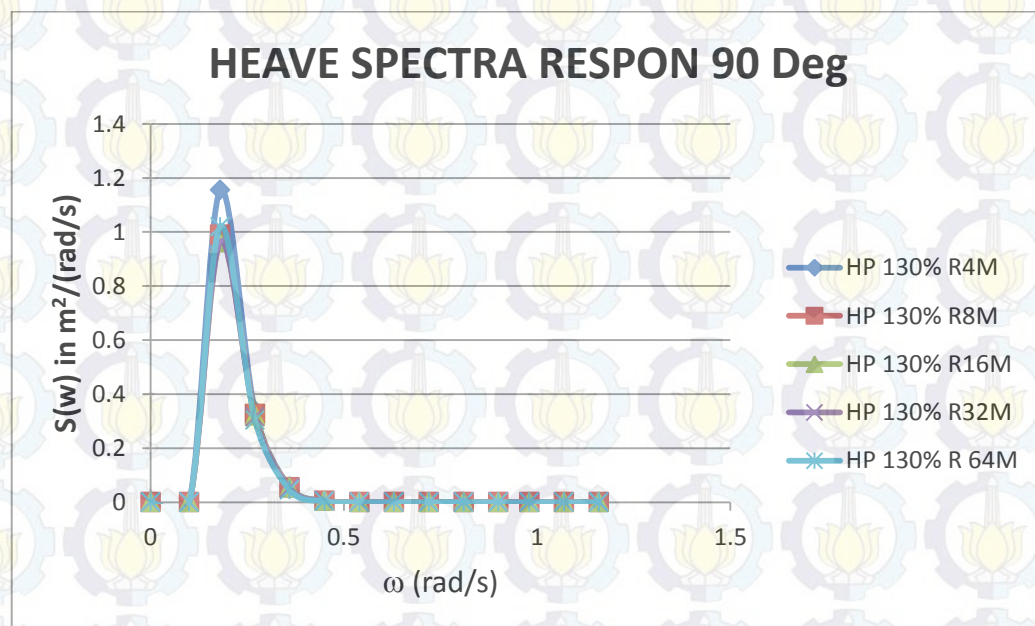


Gambar 4.105. Grafik komparasi spektra respon motion pitch heading 45^0 variasi jarak. Dari hasil komparasi motion pitch pada gambar 4.105 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum pitch pada frekuensi natural

pada frekuensi 0.36 rad/s dengan nilai sebesar 0.36 deg. Dari gerakan pitch tidak ada perbedaan signifikan dari kelima model variasi.

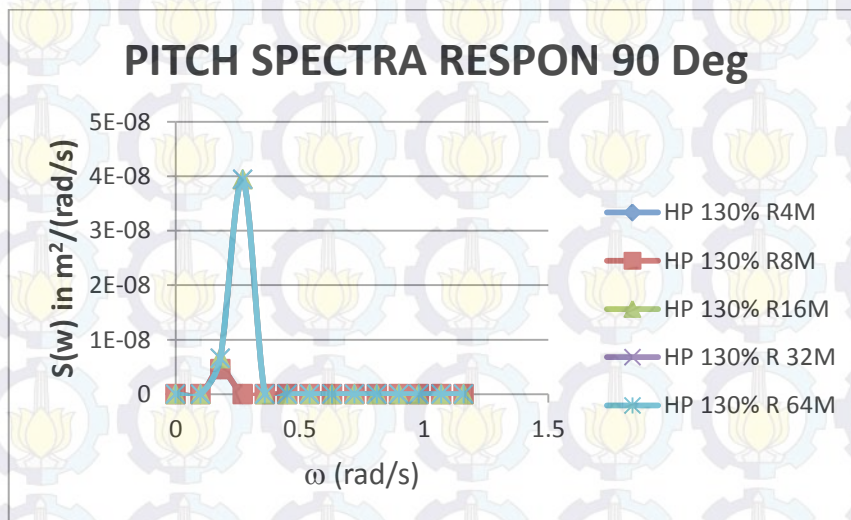


Gambar 4.106. Grafik komparasi spektra respon motion surge heading 90⁰ variasi jarak. Dari hasil komparasi motion surge pada gambar 4.106 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR tidak terjadi perbedaan signifikan dari kelima variasi tersebut dengan frekuensi natural 0.18 rad/s dengan nilai 7.35E-10 meter.



Gambar 4.107. Grafik komparasi spektra respon motion heave heading 90⁰ variasi jarak

Dari hasil komparasi motion heave pada gambar 4.107 dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR mengurangi nilai maksimum heave pada frekuensi natural pada frekuensi 0.18 rad/s, pada gerakan heave komparasi performance terbaik pada variasi 16 meter dengan nilai 0.96m jika dibandingkan dengan variasi yang lainnya.



Gambar 4.108. Grafik komparasi spektra respon motion pitch heading 90⁰ variasi jarak. Dari hasil komparasi motion surge dihasilkan penambahan *heave plate* pada SPAR yang terbaik dari kelima variasi tersebut adalah jarak 8 meter dengan nilai 6.61 E-9deg. Untuk gerakan terburuk pada variasi model 124% dh dengan frekuensi natural 0.27 rad/s dengan nilai 3.94E-7 deg.

4.24 Pemilihan Model

Dari hasil analisa dinamis yang telah diuraikan sebelumnya, respon gerak struktur SPAR akibat pengaruh variasi ratio diameter dan jarak heave plate dapat ditabulasikan pada tabel 4.35 sebagai berikut :

Tabel 4.35. Amplitude maksimum gerakan heave untuk masing-masing variasi

Model	Heave (m)	Model	Heave(m)
120% Dh	2.32	R 4m	1.15
122% Dh	2.01	R 8m	0.98
124% Dh	1.67	R 16m	0.96
128% Dh	1.16	R 32m	0.97
130% Dh	0.97	R 64m	1.01

Dalam pemilihan model kali ini kriteria yang digunakan adalah minimum *heave*. Kriteria ini dipilih karena konfigurasi SPAR sangat berpengaruh signifikan terhadap gerakan *heave* struktur.

Dari tabel *amplitude maksimum* tiap variasi diatas, dapat diketahui nilai *amplitude maksimum* untuk *heave* terkecil diperoleh pada SPAR dengan ratio diameter 130% Diameter hull. Untuk jarak nilai *amplitude maksimum* untuk *heave* terkecil diperoleh pada SPAR dengan jarak antar *heave plate* 16 meter.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Perilaku gerak struktur SPAR dengan variasi rasio diameter dan jarak berdampak terdiri dari gerakan translasi *surge*, *sway* dan *heave* serta gerakan rotasional *roll* dan *pitch*, sedangkan untuk gerakan rotasional *yaw* sangat kecil. Gerakan *yaw* yang kecil atau mendekati nol.
2. Hasil analisis variasi rasio diameter *heave plate* dan variasi jarak antar *heave plate* menunjukkan bahwa penambahan rasio diameter *heave plate* dan jarak antar *heave plate* pada struktur SPAR secara umum akan memperkecil respon gerakan *heave*. Akan tetapi tidak berpengaruh terhadap gerakan *surge*.
3. Nilai *amplitude maksimum* untuk *heave* terkecil diperoleh pada SPAR dengan ratio diameter 130% Diameter hull dengan nilai 0.97 meter. Untuk jarak nilai *amplitude maksimum* untuk *heave* terkecil diperoleh pada SPAR dengan jarak antar *heave plate* 16 meter dengan nilai 0.96 meter.

5.2 Saran

Dari Tugas Akhir yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya :

1. Dapat dilakukan studi tentang *stress* pada mooring dan dilakukan variasi konfigurasi mooring pada model.
2. Dapat dilakukan studi tentang variasi bentuk *heave plate* pada SPAR dan jumlah pada *heave plate* terhadap pengaruh gerakan SPAR.
3. Pengkajian lebih mendalam tentang respon gerak hidrodinamis dengan adanya efek free surface dengan sample lebih banyak pada struktur tipe SPAR

1. Perhitungan COG dan COB

a. Posisi COG awal

titik berat polosan	
berat	kg
84973181.82	-105

b. Posisi COB awal

titik apung polosan	
volume	kb
55085.8	-99

c. Perubahan COG dan COB

	VARIASI	JARI-JARI (m)	LUAS HP (m ²)	THICKNESS (m)	VOLUME (m ³)	WEIGHT (kg)	Berat Total (kg)	KG (m)	Volume Gabungan (m ³)	KB (m)
RASIO DIAMETER HEAVE PLATE	120% Dh	13.167	166.34	0.3	49.90	1175.18	84974357.00	-	55135.70	-99.09
	122% Dh	13.386	184.64	0.3	55.39	1304.45	84974486.27	-	55141.19	-99.08
	124% Dh	13.606	203.24	0.3	60.97	1435.86	84974617.68	-	55146.77	-99.07
	128% Dh	14.045	241.34	0.3	72.40	1705.08	84974886.90	-	55158.20	-99.05
	130% Dh	14.264	260.85	0.3	78.25	1842.90	84975024.72	-	55164.05	-99.04

2. Perhitungan Spektra JONSWAP

ω	$S(\omega)$	SM	RAO	RAO ²	$S_r(\omega)$	$S_r(\omega)*SM$	$\omega*S_r(\omega)*SM$	$\omega^2*S_r(\omega)*SM$	$\omega^4*S_r(\omega)*SM$
(rad/s)	(m ² /rad/s)		m/m	m ² /m ²	m ² /(rad/s)	m ² /(rad/s)	m ²	m ² (rad/s)	m ² (rad ³ /s ³)
0.10	0	1	1.07	1.143	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.18	1.457E-18	4	0.51	0.260	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.27	0.0183833	2	0.36	0.130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.36	3.9452577	4	0.24	0.058	0.23	0.91	0.33	0.12	0.02
0.45	9.684354	2	0.17	0.029	0.28	0.56	0.25	0.11	0.02
0.54	8.9720297	4	0.12	0.014	0.13	0.52	0.28	0.15	0.04
0.63	6.4747617	2	0.09	0.008	0.05	0.10	0.07	0.04	0.02
0.72	4.4198504	4	0.06	0.004	0.02	0.06	0.05	0.03	0.02
0.81	3.0291405	2	0.05	0.003	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
0.90	2.1239186	4	0.03	0.001	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
0.98	1.5857831	2	0.02	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.07	1.1722915	4	0.01	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.16	0.8900976	1	0.07	0.005	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
						2.19	1.00	0.48	0.14
						$\Sigma 0$	$\Sigma 1$	$\Sigma 2$	$\Sigma 4$

1. RAO Free Floating Variasi 120 % Diameter hull

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	X		Y		Z		RX		RY		RZ	
			AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	0.9329	90	0	-123.24	1.3284	0	0	-28.15	0.1524	-90	0	-0.01
33.25	0.189		0.491	90.01	0	37.92	4.1394	179.83	0.0001	40.47	0.6239	90	0	20.33
22.61	0.278		0.3545	90.04	0	60.48	0.289	179.62	0	68.97	0.3322	90.04	0	36.6
17.12	0.367		0.2453	90.12	0	68.22	0.0776	178.86	0	80.24	0.276	90.12	0	104.57
13.78	0.456		0.1704	90.41	0	87.15	0.025	177.37	0	83.7	0.2296	90.41	0	130.39
11.53	0.545		0.1222	91.28	0	88.83	0.0085	174.35	0	92.27	0.1871	91.28	0	142.59
9.91	0.634		0.0904	93.11	0	93.05	0.0035	168.19	0	95.83	0.1504	93.11	0	153.6
8.69	0.723		0.0678	95.99	0	95.55	0.0001	3.53	0	99.33	0.1189	95.99	0	21.55
7.74	0.812		0.0503	99.48	0	99.4	0.0001	161	0	110.69	0.0917	99.49	0	80.51
6.98	0.901		0.0368	102.49	0	101.41	0	168.02	0	109.89	0.0686	102.49	0	91.84
6.35	0.99		0.0255	102.88	0	102.09	0	129.22	0	109.61	0.0486	102.88	0	100.56
5.82	1.079		0.0176	101.17	0	100.73	0	155.34	0	107.94	0.034	101.18	0	100.71
5.38	1.168		0.0121	96.71	0	96.09	0	151.82	0	101.04	0.0237	96.72	0	102.15
5	1.257		0.0084	89.51	0	89.19	0	-175.8	0	91.7	0.0166	89.52	0	94.98

2. RAO Free Floating Variasi 122 % Diameter hull

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X		Y		Z	RX		RY		RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	0.933	90	0	-93.35	1.3296	0	0	64.1	0.1524	-90	0	179.48		
33.25	0.189		0.4912	90.01	0.0001	-90.02	4.0209	179.84	0.0005	-89.62	0.622	90	0	48.48		
22.61	0.278		0.3546	90.05	0.0001	-90.14	0.2858	179.62	0.0001	-90.6	0.3319	90.04	0	69.17		
17.12	0.367		0.2454	90.12	0	-89.14	0.0769	178.86	0.0001	-90.17	0.2759	90.12	0	112.67		
13.78	0.456		0.1704	90.41	0	-88.71	0.0249	177.37	0	-90.42	0.2295	90.41	0	129.53		
11.53	0.545		0.1222	91.28	0	-87.32	0.0084	174.34	0	-89.99	0.187	91.28	0	137.59		
9.91	0.634		0.0904	93.11	0	-84.36	0.0035	168.19	0	-89.21	0.1503	93.11	0	153.64		
8.69	0.723		0.0678	95.99	0	-80.65	0.0001	3.65	0	-87.6	0.1189	96	0	21.41		
7.74	0.812		0.0504	99.49	0	-76.19	0.0001	160.89	0	-84.84	0.0917	99.49	0	79.8		
6.98	0.901		0.0368	102.49	0	-72.84	0	167.61	0	-82.19	0.0686	102.49	0	92.49		
6.35	0.99		0.0255	102.88	0	-73.12	0	137.15	0	-80.93	0.0485	102.89	0	104.66		
5.82	1.079		0.0176	101.17	0	-75.45	0	155.56	0	-81.99	0.034	101.18	0	101.46		
5.38	1.168		0.0121	96.71	0	-80.63	0	155.14	0	-85.8	0.0237	96.72	0	99.66		
5	1.257		0.0084	89.51	0	-88.46	0	-175.4	0	-92.47	0.0166	89.52	0	93.27		

3. RAO Free Floating Variasi 124 % Diameter hull

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X		Y		Z	RX		RY		RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	0.9336	90	0	-69.75	1.3355	0	0	-71.79	0.1522	-89.99	0	-179.7		
33.25	0.189		0.498	90.02	0	9.15	3.5528	179.77	0.0001	11.19	0.5909	89.98	0	165.55		
22.61	0.278		0.3568	90.05	0	-0.6	0.2735	179.59	0	34.89	0.3266	90.04	0	153.85		
17.12	0.367		0.2468	90.13	0	40.49	0.0743	178.82	0	49.82	0.2734	90.13	0	170.98		
13.78	0.456		0.1715	90.42	0	85.3	0.0243	177.29	0	60.99	0.228	90.42	0	173.55		
11.53	0.545		0.1232	91.3	0	90.58	0.0083	174.16	0	73.91	0.1859	91.3	0	169.07		
9.91	0.634		0.0913	93.13	0	91.79	0.0035	167.68	0	-53.4	0.1494	93.14	0	166.67		
8.69	0.723		0.0685	96.03	0	93.29	0.0001	7.44	0	-153.7	0.1182	96.04	0	-2.47		
7.74	0.812		0.0509	99.54	0	96.68	0.0001	156.77	0	-135.3	0.0911	99.55	0	-1		
6.98	0.901		0.0372	102.57	0	99.17	0	148.36	0	-116.8	0.0681	102.57	0	0.53		
6.35	0.99		0.0258	102.97	0	100.37	0	127.17	0	-106.5	0.0482	102.97	0	177.43		
5.82	1.079		0.0178	101.25	0	99.2	0	147.89	0	-102.1	0.0337	101.26	0	162.54		
5.38	1.168		0.0122	96.79	0	95.61	0	145	0	-101.2	0.0235	96.79	0	152.87		
5	1.257		0.0085	89.61	0	88.63	0	168.97	0	-102.6	0.0164	89.61	0	-165.5		

4. RAO Free Floating Variasi 128 % Diameter hull

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX		RY	RZ			
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE		
62.83	0.1	0	0.9329	90	0	-99.7	1.3351	0	0	-14.54	0.153	-89.99	0	179.48
33.25	0.189		0.4904	90.02	0	17.23	3.5554	179.85	0.0001	18.8	0.6189	89.98	0	171.11
22.61	0.278		0.3543	90.05	0	26.87	0.2723	179.62	0	53.16	0.3315	90.04	0	154.49
17.12	0.367		0.2453	90.12	0	58.59	0.0737	178.85	0	60.51	0.2757	90.12	0	167.67
13.78	0.456		0.1704	90.42	0	84.39	0.024	177.33	0	82.15	0.2295	90.42	0	172.51
11.53	0.545		0.1223	91.29	0	90.78	0.0082	174.21	0	87.24	0.187	91.29	0	170.95
9.91	0.634		0.0905	93.12	0	92.47	0.0034	167.81	0	89.92	0.1504	93.12	0	165.32
8.69	0.723		0.0678	96.02	0	94.82	0.0001	4.31	0	121.45	0.1189	96.02	0	-1.85
7.74	0.812		0.0504	99.52	0	98.02	0.0001	160.06	0	134.82	0.0917	99.53	0	0.84
6.98	0.901		0.0368	102.55	0	100.62	0	163.33	0	146.4	0.0686	102.55	0	31.92
6.35	0.99		0.0255	102.95	0	101.37	0	135.94	0	143.68	0.0485	102.95	0	132.25
5.82	1.079		0.0176	101.24	0	99.65	0	157.32	0	150.33	0.034	101.24	0	131.69
5.38	1.168		0.0121	96.78	0	95.95	0	151.02	0	133.46	0.0237	96.78	0	149.45
5	1.257		0.0084	89.6	0	88.83	0	-175.8	0	113.64	0.0166	89.61	0	157.5

5. RAO Free Floating Variasi 130 % Diameter hull

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX		RY	RZ			
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE		
62.83	0.1	0	0.933	90	0	-125.4	1.3371	-0.01	0	-16.98	0.153	-89.99	0	179.13
33.25	0.189		0.4906	90.02	0	15.72	3.4049	179.85	0.0001	17.03	0.6171	89.98	0	172.51
22.61	0.278		0.3544	90.05	0	24.85	0.2674	179.61	0	48.47	0.3312	90.04	0	160.47
17.12	0.367		0.2453	90.12	0	58.09	0.0726	178.83	0	57.27	0.2755	90.12	0	170.5
13.78	0.456		0.1704	90.42	0	84.87	0.0237	177.29	0	79.52	0.2294	90.42	0	174.68
11.53	0.545		0.1223	91.29	0	90.25	0.0081	174.17	0	84.02	0.187	91.29	0	170.58
9.91	0.634		0.0905	93.12	0	92.51	0.0034	167.7	0	88.5	0.1503	93.12	0	165.37
8.69	0.723		0.0678	96.02	0	94.96	0.0001	6.73	0	125.12	0.1189	96.02	0	-1.35
7.74	0.812		0.0504	99.53	0	97.92	0.0001	157.22	0	141.77	0.0917	99.53	0	5.47
6.98	0.901		0.0368	102.55	0	100.57	0	149.58	0	152.23	0.0686	102.55	0	20.82
6.35	0.99		0.0255	102.95	0	101.11	0	127.03	0	156.12	0.0485	102.95	0	128.66
5.82	1.079		0.0176	101.24	0	99.53	0	148.82	0	165.12	0.034	101.24	0	153.26
5.38	1.168		0.0121	96.78	0	95.93	0	145.78	0	150.14	0.0237	96.78	0	143.96
5	1.257		0.0084	89.6	0	88.92	0	169.78	0	123.55	0.0166	89.61	0	159.08

6. RAO Free Floating Variasi jarak 4 meter

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX		RY	RZ			
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE		
62.83	0.1	0	0.9336	90	0	-69.75	1.3355	0	0	-71.79	0.1522	-89.99	0	-179.7
33.25	0.189		0.498	90.02	0	9.15	3.5528	179.77	0.0001	11.19	0.5909	89.98	0	165.55
22.61	0.278		0.3568	90.05	0	-0.6	0.2735	179.59	0	34.89	0.3266	90.04	0	153.85
17.12	0.367		0.2468	90.13	0	40.49	0.0743	178.82	0	49.82	0.2734	90.13	0	170.98
13.78	0.456		0.1715	90.42	0	85.3	0.0243	177.29	0	60.99	0.228	90.42	0	173.55
11.53	0.545		0.1232	91.3	0	90.58	0.0083	174.16	0	73.91	0.1859	91.3	0	169.07
9.91	0.634		0.0913	93.13	0	91.79	0.0035	167.68	0	-53.4	0.1494	93.14	0	166.67
8.69	0.723		0.0685	96.03	0	93.29	0.0001	7.44	0	-153.7	0.1182	96.04	0	-2.47
7.74	0.812		0.0509	99.54	0	96.68	0.0001	156.77	0	-135.3	0.0911	99.55	0	-1
6.98	0.901		0.0372	102.57	0	99.17	0	148.36	0	-116.8	0.0681	102.57	0	0.53
6.35	0.99		0.0258	102.97	0	100.37	0	127.17	0	-106.5	0.0482	102.97	0	177.43
5.82	1.079		0.0178	101.25	0	99.2	0	147.89	0	-102.1	0.0337	101.26	0	162.54
5.38	1.168		0.0122	96.79	0	95.61	0	145	0	-101.2	0.0235	96.79	0	152.87
5	1.257		0.0085	89.61	0	88.63	0	168.97	0	-102.6	0.0164	89.61	0	-165.5

7. RAO Free Floating Variasi jarak 8 meter

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX		RY	RZ			
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE		
62.83	0.1	0	0.9319	90	0	-62.36	1.3372	0	0	-43.23	0.1521	-89.99	0	178.1
33.25	0.189		0.4966	90.02	0	11.18	3.4201	179.81	0.0001	12.73	0.598	89.98	0	31.49
22.61	0.278		0.3563	90.05	0	14.54	0.2688	179.6	0	38.56	0.3277	90.04	0	41.62
17.12	0.367		0.2467	90.13	0	43.85	0.0732	178.83	0	47.69	0.2739	90.13	0	169.54
13.78	0.456		0.1717	90.43	0	84.46	0.0241	177.3	0	69.64	0.2283	90.43	0	172.77
11.53	0.545		0.1235	91.3	0	88.17	0.0083	174.17	0	73.64	0.1862	91.3	0	167.52
9.91	0.634		0.0916	93.13	0	92.76	0.0035	167.7	0	89.98	0.1497	93.13	0	167.82
8.69	0.723		0.0687	96.02	0	94.2	0.0001	5.73	0	144.14	0.1184	96.02	0	-0.3
7.74	0.812		0.0513	99.56	0	97.18	0.0001	155.65	0	167.43	0.0916	99.56	0	4.74
6.98	0.901		0.0373	102.54	0	100.29	0	149.31	0	-151.2	0.0683	102.54	0	18.05
6.35	0.99		0.0259	102.94	0	101.64	0	127.83	0	-125.9	0.0483	102.94	0	152.03
5.82	1.079		0.0178	101.23	0	99.4	0	148.28	0	-135.1	0.0338	101.23	0	122.65
5.38	1.168		0.0123	96.77	0	95.71	0	145.32	0	-132.6	0.0236	96.77	0	123.08
5	1.257		0.0085	89.59	0	88.62	0	170.29	0	-133.1	0.0165	89.59	0	153.93

8. RAO Free Floating Variasi jarak 16 meter

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX		RY	RZ			
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE		
62.83	0.1	0	0.933	90	0	-105.25	1.3371	0	0	-53.18	0.1531	-89.99	0	179.44
33.25	0.189		0.4909	90.02	0	13.82	3.3919	179.82	0.0001	14.17	0.6156	89.98	0	172.57
22.61	0.278		0.3545	90.05	0	15.7	0.2666	179.6	0	42.29	0.3309	90.04	0	160.65
17.12	0.367		0.2454	90.12	0	46.45	0.0723	178.83	0	58.31	0.2753	90.12	0	166.59
13.78	0.456		0.1705	90.42	0	84.97	0.0236	177.29	0	78.79	0.2292	90.42	0	171.15
11.53	0.545		0.1224	91.29	0	88.23	0.0081	174.17	0	84.67	0.1868	91.29	0	170.49
9.91	0.634		0.0906	93.13	0	92.1	0.0034	167.7	0	100.66	0.1501	93.13	0	164.34
8.69	0.723		0.0679	96.02	0	94.54	0.0001	6.64	0	145.66	0.1188	96.02	0	0.53
7.74	0.812		0.0504	99.53	0	97.16	0.0001	157.22	0	172.9	0.0915	99.53	0	10.2
6.98	0.901		0.0368	102.55	0	100.5	0	149.66	0	-166.4	0.0685	102.56	0	55.64
6.35	0.99		0.0255	102.96	0	101.04	0	127.1	0	-136.1	0.0485	102.96	0	95.56
5.82	1.079		0.0176	101.24	0	99.14	0	148.88	0	-139.8	0.0339	101.25	0	121.16
5.38	1.168		0.0121	96.78	0	95.66	0	145.86	0	-141.6	0.0236	96.79	0	117.83
5	1.257		0.0084	89.61	0	88.95	0	169.87	0	-146.7	0.0165	89.61	0	172.9

9. RAO Free Floating Variasi jarak 32 meter

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X		Y		Z	RX		RY		RZ	
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP
62.83	0.1	0	0.9305	90	0	-113.2	1.3366	-0.01	0	-33.92	0.1524	-89.99	0	179.47	
33.25	0.189		0.4945	90.02	0	17.74	3.4057	179.74	0.0001	20.72	0.5985	89.98	0	24.02	
22.61	0.278		0.3556	90.05	0	34.65	0.2647	179.6	0	55.43	0.3276	90.04	0	140.86	
17.12	0.367		0.2466	90.13	0	65.66	0.0713	178.87	0	75.04	0.2734	90.13	0	146.6	
13.78	0.456		0.1719	90.42	0	87.15	0.0233	177.24	0	80.96	0.2276	90.42	0	170.21	
11.53	0.545		0.1237	91.3	0	90.35	0.008	174.5	0	86.5	0.1855	91.3	0	171.39	
9.91	0.634		0.0917	93.14	0	92.6	0.0034	167.55	0	93.07	0.1491	93.14	0	165.66	
8.69	0.723		0.0688	96.04	0	95.17	0.0001	-4.83	0	106.86	0.1179	96.04	0	-2.58	
7.74	0.812		0.0512	99.54	0	97.74	0.0001	163.38	0	119.33	0.0909	99.55	0	-0.52	
6.98	0.901		0.0374	102.57	0	101.32	0	149.8	0	123.84	0.068	102.57	0	111.35	
6.35	0.99		0.0259	102.96	0	102.13	0	117.89	0	117.45	0.0481	102.97	0	165.06	
5.82	1.079		0.0179	101.25	0	99.89	0	115.17	0	119.89	0.0336	101.25	0	160.78	
5.38	1.168		0.0123	96.79	0	96.27	0	142.17	0	109	0.0234	96.79	0	91.63	
5	1.257		0.0085	89.6	0	89.13	0	164.21	0	97.24	0.0164	89.61	0	-170.7	

10. RAO Free Floating Variasi jarak 64 meter

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX		RY	RZ			
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE		
62.83	0.1	0	0.9348	90	0	-141.15	1.3345	-0.01	0	-160.9	0.1523	-89.99	0	179.67
33.25	0.189		0.5007	90.02	0	19.76	3.4278	179.83	0.0001	21.93	0.5915	89.98	0	23.46
22.61	0.278		0.3582	90.05	0	42.51	0.2596	179.66	0	49.09	0.3263	90.05	0	166.57
17.12	0.367		0.2478	90.13	0	71.2	0.0666	178.93	0	67.67	0.2724	90.13	0	166.69
13.78	0.456		0.1723	90.42	0	87.62	0.0201	177.28	0	79.99	0.2267	90.42	0	170.97
11.53	0.545		0.1237	91.3	0	88.91	0.0063	174.58	0	87.41	0.1845	91.3	0	170.15
9.91	0.634		0.0916	93.15	0	90.37	0.0025	167.5	0	101.77	0.1482	93.15	0	165.37
8.69	0.723		0.0687	96.07	0	96.52	0.0004	-5.23	0	99.56	0.1171	96.07	0	-5.42
7.74	0.812		0.0511	99.6	0	98.68	0	-11.72	0	111.3	0.0903	99.61	0	-10.54
6.98	0.901		0.0372	102.62	0	101.34	0	-20.69	0	116.99	0.0674	102.62	0	0.36
6.35	0.99		0.0258	103.01	0	102.63	0	-20.43	0	111.3	0.0477	103.02	0	-10.05
5.82	1.079		0.0178	101.31	0	100.55	0	106.87	0	111.47	0.0334	101.32	0	-171.3
5.38	1.168		0.0123	96.84	0	96.5	0	144.3	0	104.33	0.0232	96.84	0	51.15
5	1.257		0.0085	89.64	0	89.4	0	169.47	0	93.92	0.0163	89.65	0	-175.2

1. RAO Tertambat Variasi 120 % Diameter hull

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X		Y		Z	RX		RY		RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	1.0691	90	0	-88.96	1.1542	0	0	0	1.5	0.1684	-90	0.0005	90.4	
33.25	0.189		0.5141	90.01	0	24.25	11.2468	179.67	0.0002	19.27	0.6396	89.99	0.002	-90.06		
22.61	0.278		0.3617	90.04	0	63.52	0.3099	179.62	0	64.09	0.3343	90.04	0.0032	89.82		
17.12	0.367		0.2482	90.12	0	68.82	0.08	178.86	0	79.81	0.2767	90.12	0.0004	90.19		
13.78	0.456		0.1717	90.4	0	87.21	0.0255	177.37	0	83.57	0.2299	90.4	0.0002	90.73		
11.53	0.545		0.1229	91.27	0	88.82	0.0086	174.35	0	92.31	0.1872	91.27	0.0001	92.07		
9.91	0.634		0.0908	93.1	0	93.02	0.0035	168.19	0	95.89	0.1505	93.1	0	95.47		
8.69	0.723		0.068	95.98	0	95.53	0.0001	3.54	0	99.43	0.119	95.98	0	93.81		
7.74	0.812		0.0505	99.48	0	99.38	0.0001	160.99	0	110.8	0.0917	99.48	0	99.13		
6.98	0.901		0.0368	102.48	0	101.4	0	168.01	0	109.98	0.0686	102.48	0	102.22		
6.35	0.99		0.0255	102.88	0	102.08	0	129.22	0	109.68	0.0486	102.88	0	102.81		
5.82	1.079		0.0176	101.17	0	100.72	0	155.34	0	107.99	0.034	101.18	0	101.16		
5.38	1.168		0.0121	96.71	0	96.08	0	151.82	0	101.07	0.0237	96.72	0	96.95		
5	1.257		0.0084	89.51	0	89.19	0	-175.76	0	91.72	0.0166	89.52	0	89.76		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	Y PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	RY PHASE	RZ AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	45	0.756	90	0.756	90	1.1542	0	0.1191	90	0.1191	-90	0	109.12
33.25	0.189		0.3635	90.01	0.3635	90	11.2468	179.67	0.4522	-89.97	0.4523	89.99	0.0001	-90.48
22.61	0.278		0.2558	90.04	0.2558	90.04	0.3099	179.62	0.2364	-89.96	0.2364	90.04	0.0001	86.26
17.12	0.367		0.1755	90.12	0.1755	90.12	0.08	178.86	0.1957	-89.88	0.1957	90.11	0	91.21
13.78	0.456		0.1214	90.4	0.1214	90.4	0.0255	177.37	0.1626	-89.6	0.1626	90.4	0	97.38
11.53	0.545		0.0869	91.27	0.0869	91.27	0.0086	174.35	0.1324	-88.73	0.1324	91.27	0	106.06
9.91	0.634		0.0642	93.1	0.0642	93.1	0.0035	168.2	0.1064	-86.9	0.1064	93.1	0	122.07
8.69	0.723		0.0481	95.98	0.0481	95.98	0.0001	3.13	0.0842	-84.02	0.0842	95.98	0	56.82
7.74	0.812		0.0357	99.46	0.0357	99.46	0.0001	161.22	0.0649	-80.54	0.0649	99.46	0	90.91
6.98	0.901		0.0261	102.45	0.0261	102.45	0	168.93	0.0486	-77.54	0.0486	102.46	0	98.52
6.35	0.99		0.0181	102.82	0.0181	102.82	0	129.72	0.0344	-77.18	0.0344	102.82	0	101.39
5.82	1.079		0.0125	101.1	0.0125	101.1	0	156.11	0.0241	-78.9	0.0241	101.1	0	100.03
5.38	1.168		0.0086	96.64	0.0086	96.64	0	152.65	0.0169	-83.36	0.0169	96.64	0	95.98
5	1.257		0.006	89.51	0.006	89.51	0	-175.26	0.0118	-90.48	0.0118	89.52	0	85.32

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD	FREQ	DIRECTION	X	Y	Z	RX	RY	RZ						
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	90	0	94.52	1.0691	90	1.1542	0	0.1684	90	0	-30.79	0.0004	-90.41
33.25	0.189		0.0001	-166.13	0.5141	90	11.2467	179.67	0.6395	-89.98	0.0002	15.93	0.0019	90.08
22.61	0.278		0	-117.84	0.3617	90.04	0.3099	179.62	0.3343	-89.96	0	78.35	0.003	-89.74
17.12	0.367		0	-97.92	0.2483	90.12	0.08	178.86	0.2767	-89.88	0	82.57	0.0004	-89.96
13.78	0.456		0	-91.61	0.1717	90.4	0.0255	177.37	0.2299	-89.6	0	87.71	0.0002	-89.93
11.53	0.545		0	-89.93	0.1229	91.27	0.0086	174.36	0.1872	-88.73	0	88.97	0.0001	-89.51
9.91	0.634		0	-87.24	0.0908	93.1	0.0035	168.21	0.1505	-86.9	0	92.14	0	-89.26
8.69	0.723		0	-85.03	0.068	95.98	0.0001	2.81	0.119	-84.02	0	98.17	0	-81.74
7.74	0.812		0	-81.7	0.0505	99.48	0.0001	161.46	0.0917	-80.52	0	101.63	0	-80.07
6.98	0.901		0	-78.77	0.0368	102.48	0	169.83	0.0686	-77.52	0	108.91	0	-77.16
6.35	0.99		0	-77.93	0.0255	102.88	0	130.24	0.0486	-77.12	0	108.26	0	-76.89
5.82	1.079		0	-79.66	0.0176	101.17	0	156.35	0.034	-78.82	0	105.29	0	-78.52
5.38	1.168		0	-83.58	0.0121	96.71	0	152.76	0.0237	-83.28	0	99.63	0	-82.89
5	1.257		0	-90.69	0.0084	89.51	0	-174.84	0.0166	-90.48	0	92.15	0	-89.8

2. RAO Tertambat Variasi 122 % Diameter hull

*** HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1 ***

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX	RY	RZ				
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	1.0693	90	0	53.54	1.1548	0	0	-84.8	0.1685	-90	0.0004	89.65
33.25	0.189		0.5143	90.02	0.0001	-95.02	10.4709	179.72	0.0005	-89.21	0.6377	89.98	0.0019	-90.17
22.61	0.278		0.3618	90.04	0	-90.34	0.3064	179.62	0.0001	-90.62	0.334	90.04	0.003	89.97
17.12	0.367		0.2483	90.12	0	-89.19	0.0793	178.86	0.0001	-90.19	0.2766	90.11	0.0004	90.23
13.78	0.456		0.1718	90.4	0	-88.73	0.0253	177.37	0	-90.43	0.2298	90.4	0.0002	90.75
11.53	0.545		0.1229	91.27	0	-87.33	0.0085	174.34	0	-90	0.1872	91.27	0.0001	92.06
9.91	0.634		0.0908	93.1	0	-84.36	0.0035	168.19	0	-89.22	0.1504	93.1	0	95.42
8.69	0.723		0.068	95.98	0	-80.65	0.0001	3.66	0	-87.61	0.119	95.99	0	93.73
7.74	0.812		0.0505	99.48	0	-76.19	0.0001	160.89	0	-84.85	0.0917	99.48	0	99.1
6.98	0.901		0.0368	102.48	0	-72.84	0	167.6	0	-82.2	0.0686	102.49	0	102.24
6.35	0.99		0.0256	102.88	0	-73.12	0	137.14	0	-80.94	0.0486	102.88	0	102.94
5.82	1.079		0.0176	101.17	0	-75.45	0	155.55	0	-82	0.034	101.18	0	101.19
5.38	1.168		0.0121	96.71	0	-80.63	0	155.13	0	-85.8	0.0237	96.72	0	96.85
5	1.257		0.0084	89.51	0	-88.45	0	-175.36	0	-92.47	0.0166	89.52	0	89.69

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX	RY	RZ	PERIOD		FREQ	DIRECTION		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	45	0.7561	90	0.7561	90	1.1548	0	0.1192	90	0.1192	-89.99	0	86.64		
33.25	0.189		0.3636	90.02	0.3636	90.01	10.4709	179.72	0.4513	-89.99	0.4513	89.96	0.0002	-91.07		
22.61	0.278		0.2558	90.04	0.2558	90.04	0.3064	179.62	0.2363	-89.96	0.2363	90.04	0.0003	90.89		
17.12	0.367		0.1755	90.12	0.1755	90.12	0.0793	178.86	0.1956	-89.88	0.1956	90.11	0	91.69		
13.78	0.456		0.1214	90.4	0.1214	90.4	0.0253	177.37	0.1626	-89.6	0.1626	90.4	0	94.52		
11.53	0.545		0.0869	91.27	0.0869	91.27	0.0085	174.35	0.1324	-88.73	0.1324	91.27	0	99.83		
9.91	0.634		0.0642	93.1	0.0642	93.1	0.0035	168.2	0.1064	-86.9	0.1064	93.1	0	113.97		
8.69	0.723		0.0481	95.98	0.0481	95.98	0.0001	3.18	0.0842	-84.02	0.0842	95.98	0	74.63		
7.74	0.812		0.0357	99.46	0.0357	99.46	0.0001	161.17	0.0649	-80.54	0.0649	99.46	0	94.84		
6.98	0.901		0.0261	102.45	0.0261	102.45	0	168.68	0.0486	-77.54	0.0486	102.46	0	101.58		
6.35	0.99		0.0181	102.82	0.0181	102.82	0	137.82	0.0344	-77.18	0.0344	102.82	0	102.61		
5.82	1.079		0.0125	101.1	0.0125	101.1	0	156.42	0.0241	-78.9	0.0241	101.1	0	101.3		
5.38	1.168		0.0086	96.64	0.0086	96.64	0	155.93	0.0169	-83.36	0.0169	96.64	0	98.02		
5	1.257		0.006	89.51	0.006	89.51	0	-174.78	0.0118	-90.48	0.0118	89.52	0	89.79		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	PHASE	Y AMP	PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	PHASE	RY AMP	PHASE	RZ AMP	PHASE
62.83	0.1	90	0	79.84	1.0693	90	1.1548	0	0.1685	90	0	92.13	0.0004	-89.59		
33.25	0.189		0.0002	-122.12	0.5143	90.01	10.4709	179.72	0.6377	-89.99	0.0007	62.52	0.0016	90.17		
22.61	0.278		0.0001	-94.86	0.3618	90.04	0.3064	179.62	0.334	-89.96	0.0001	86.17	0.0026	-90.04		
17.12	0.367		0	-90.99	0.2483	90.12	0.0793	178.86	0.2766	-89.88	0.0001	87.95	0.0003	-90.23		
13.78	0.456		0	-89.4	0.1718	90.4	0.0253	177.38	0.2298	-89.6	0	88.94	0.0001	-90.11		
11.53	0.545		0	-87.78	0.1229	91.27	0.0085	174.36	0.1872	-88.73	0	89.67	0.0001	-89.68		
9.91	0.634		0	-85.32	0.0908	93.1	0.0035	168.21	0.1504	-86.9	0	90.9	0	-89.74		
8.69	0.723		0	-81.97	0.068	95.98	0.0001	2.75	0.119	-84.01	0	93.15	0	-80.85		
7.74	0.812		0	-77.98	0.0505	99.48	0.0001	161.48	0.0917	-80.52	0	96.3	0	-80.06		
6.98	0.901		0	-74.85	0.0368	102.48	0	169.88	0.0686	-77.51	0	98.82	0	-77.12		
6.35	0.99		0	-74.9	0.0256	102.88	0	138.58	0.0486	-77.12	0	99.79	0	-76.85		
5.82	1.079		0	-77	0.0176	101.17	0	156.84	0.034	-78.82	0	98.58	0	-78.51		
5.38	1.168		0	-81.84	0.0121	96.71	0	156.21	0.0237	-83.28	0	94.73	0	-82.97		
5	1.257		0	-89.35	0.0084	89.51	0	-174.21	0.0166	-90.48	0	87.83	0	-89.91		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	Y AMP	Z AMP	RX AMP	RY AMP	RZ AMP	PHASE	PHASE	PHASE	PHASE	PHASE
62.83	0.1	45	0.7559	90	0.7559	90	1.156	0	0.1194	89.99	0.1194	-90	0	82.47	
33.25	0.189		0.3623	90.02	0.3623	89.95	9.5354	179.73	0.452	-89.83	0.4521	89.98	0.0001	-87.75	
22.61	0.278		0.2554	90.04	0.2554	90.03	0.3017	179.62	0.2365	-89.95	0.2365	90.04	0.0001	91.4	
17.12	0.367		0.1754	90.12	0.1754	90.11	0.0782	178.86	0.1957	-89.88	0.1957	90.11	0	93.56	
13.78	0.456		0.1214	90.41	0.1215	90.41	0.0251	177.36	0.1627	-89.59	0.1627	90.41	0	98.13	
11.53	0.545		0.087	91.28	0.087	91.28	0.0085	174.32	0.1325	-88.72	0.1325	91.28	0	110.22	
9.91	0.634		0.0643	93.11	0.0643	93.11	0.0035	168.07	0.1065	-86.89	0.1065	93.11	0	129.24	
8.69	0.723		0.0481	95.99	0.0481	95.99	0.0001	1.39	0.0843	-84.01	0.0843	95.99	0	51.21	
7.74	0.812		0.0358	99.49	0.0358	99.49	0.0001	162.82	0.065	-80.51	0.065	99.49	0	91.69	
6.98	0.901		0.0261	102.5	0.0261	102.5	0	173.36	0.0486	-77.5	0.0486	102.5	0	101.9	
6.35	0.99		0.0181	102.87	0.0181	102.87	0	140.12	0.0345	-77.13	0.0345	102.87	0	111.63	
5.82	1.079		0.0125	101.14	0.0125	101.14	0	160.14	0.0241	-78.86	0.0241	101.14	0	107.71	
5.38	1.168		0.0086	96.67	0.0086	96.67	0	157.09	0.0169	-83.32	0.0169	96.68	0	105.73	
5	1.257		0.006	89.58	0.006	89.58	0	-175.13	0.0119	-90.41	0.0119	89.59	0	99.93	

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION	X		Y		Z	RX		RY	RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	90	0.0003	-91.36	1.0693	90	1.156	0	0.1687	89.99	0.0001	-87.67	0.0004	-89.7
33.25	0.189		0.0013	-92.61	0.5137	89.97	9.5353	179.73	0.6371	-89.88	0.0022	84.91	0.0018	89.95
22.61	0.278		0.0004	-89.98	0.3616	90.04	0.3016	179.62	0.334	-89.96	0.0004	89.18	0.0029	-89.94
17.12	0.367		0.0001	-89.62	0.2482	90.11	0.0782	178.86	0.2766	-89.88	0.0002	89.54	0.0004	-90.03
13.78	0.456		0	-169.34	0.1717	90.4	0.0251	177.37	0.2299	-89.59	0.0001	91.09	0.0001	-90.01
11.53	0.545		0	95.5	0.1229	91.28	0.0085	174.33	0.1872	-88.72	0.0001	93.49	0.0001	-89.46
9.91	0.634		0.0001	97.21	0.0908	93.11	0.0035	168.09	0.1505	-86.89	0.0001	96.66	0	-88.7
8.69	0.723		0	102.87	0.068	95.99	0.0001	0.42	0.119	-84	0.0001	102.19	0	-81.78
7.74	0.812		0	113.19	0.0505	99.5	0.0001	163.38	0.0917	-80.5	0.0001	111.14	0	-80.25
6.98	0.901		0	120.03	0.0369	102.51	0	175.72	0.0686	-77.49	0.0001	117.67	0	-76.59
6.35	0.99		0	134.26	0.0256	102.91	0	141.1	0.0486	-77.09	0	127.33	0	-44.56
5.82	1.079		0	135.3	0.0176	101.2	0	161.35	0.034	-78.8	0	124.64	0	-87.65
5.38	1.168		0	144.93	0.0121	96.74	0	158.22	0.0237	-83.25	0	125.64	0	-92.78
5	1.257		0	154.08	0.0084	89.56	0	-173.99	0.0166	-90.44	0	129.26	0	-79.89

4. RAO Tertambat Variasi 128 % Diameter hull

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION	X		Y		Z		RX		RY		RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	1.0694	90	0	-58.79	1.1582	0	0	-1.22	0.1689	-90	0.0005	89.66		
33.25	0.189		0.5134	90.03	0	10.94	7.9477	179.77	0.0002	10.58	0.6343	89.95	0.0019	-89.77		
22.61	0.278		0.3615	90.04	0	32.54	0.2913	179.62	0	41.07	0.3336	90.04	0.0032	90.11		
17.12	0.367		0.2482	90.12	0	60	0.076	178.85	0	58.63	0.2764	90.11	0.0004	90.31		
13.78	0.456		0.1718	90.41	0	84.5	0.0245	177.33	0	81.79	0.2298	90.41	0.0002	90.85		
11.53	0.545		0.123	91.28	0	90.77	0.0083	174.21	0	87.18	0.1872	91.28	0.0001	92.09		
9.91	0.634		0.0909	93.11	0	92.45	0.0035	167.81	0	89.98	0.1504	93.11	0	95.09		
8.69	0.723		0.068	96.01	0	94.8	0.0001	4.31	0	122.02	0.119	96.01	0	93.38		
7.74	0.812		0.0505	99.51	0	98	0.0001	160.06	0	135.43	0.0917	99.52	0	99.19		
6.98	0.901		0.0369	102.54	0	100.6	0	163.32	0	147.12	0.0686	102.54	0	102.42		
6.35	0.99		0.0256	102.94	0	101.35	0	135.94	0	144.54	0.0486	102.95	0	103.06		
5.82	1.079		0.0176	101.23	0	99.64	0	157.32	0	150.99	0.034	101.24	0	101.48		
5.38	1.168		0.0121	96.77	0	95.94	0	151.02	0	134.09	0.0237	96.78	0	97.06		
5	1.257		0.0084	89.6	0	88.83	0	-175.77	0	113.9	0.0166	89.61	0	89.89		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX	RY	RZ				
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE				
62.83	0.1	45	0.7562	90	0.7562	90	1.1582	0	0.1195	90	0.1195	-90	0	81.84
33.25	0.189		0.363	90.03	0.363	90	7.9477	179.77	0.4486	-89.97	0.4486	89.93	0.0001	-84.97
22.61	0.278		0.2556	90.04	0.2556	90.04	0.2913	179.62	0.2359	-89.96	0.2359	90.04	0.0002	92.73
17.12	0.367		0.1755	90.12	0.1755	90.12	0.076	178.85	0.1955	-89.88	0.1955	90.11	0	93.73
13.78	0.456		0.1215	90.41	0.1215	90.41	0.0245	177.34	0.1625	-89.59	0.1625	90.41	0	97.86
11.53	0.545		0.087	91.28	0.087	91.28	0.0083	174.23	0.1324	-88.72	0.1324	91.28	0	106.38
9.91	0.634		0.0643	93.11	0.0643	93.11	0.0035	167.85	0.1064	-86.89	0.1064	93.11	0	124.77
8.69	0.723		0.0481	96	0.0481	96	0.0001	2.84	0.0842	-84	0.0842	96	0	53.8
7.74	0.812		0.0357	99.5	0.0357	99.5	0.0001	161.16	0.0649	-80.5	0.0649	99.5	0	89.47
6.98	0.901		0.0261	102.51	0.0261	102.51	0	168.6	0.0486	-77.49	0.0486	102.51	0	100.12
6.35	0.99		0.0181	102.88	0.0181	102.88	0	138.61	0.0344	-77.11	0.0344	102.89	0	105.23
5.82	1.079		0.0125	101.15	0.0125	101.15	0	159.79	0.0241	-78.84	0.0241	101.16	0	102.64
5.38	1.168		0.0086	96.7	0.0086	96.7	0	153.67	0.0168	-83.3	0.0168	96.7	0	101.69
5	1.257		0.006	89.61	0.006	89.61	0	-173.15	0.0118	-90.38	0.0118	89.62	0	95.35

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	Y PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	RY PHASE	RZ AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	90	0	18.98	1.0694	90	1.1582	0	0.1689	90	0	-8.54	0.0004	-89.64
33.25	0.189		0.0002	-173.81	0.5134	90	7.9477	179.77	0.6344	-89.98	0.0006	6.12	0.0018	89.77
22.61	0.278		0	-149.34	0.3615	90.04	0.2913	179.62	0.3336	-89.96	0	40.32	0.003	-90.02
17.12	0.367		0	-120.44	0.2482	90.12	0.076	178.86	0.2764	-89.88	0	60.55	0.0004	-90.1
13.78	0.456		0	-98.64	0.1718	90.41	0.0245	177.35	0.2298	-89.59	0	73.15	0.0001	-90.05
11.53	0.545		0	-91.47	0.123	91.28	0.0083	174.27	0.1872	-88.72	0	86.29	0.0001	-89.56
9.91	0.634		0	-88.13	0.0909	93.11	0.0035	167.92	0.1504	-86.89	0	94.17	0	-88.84
8.69	0.723		0	-83.32	0.068	96.01	0.0001	0.75	0.119	-83.99	0	96.73	0	-81.78
7.74	0.812		0	-80.16	0.0505	99.51	0.0001	162.89	0.0917	-80.48	0	102.97	0	-80.08
6.98	0.901		0	-77.87	0.0369	102.54	0	177.41	0.0686	-77.46	0	105.31	0	-77.18
6.35	0.99		0	-77.3	0.0256	102.94	0	143.64	0.0486	-77.05	0	104.57	0	-76.78
5.82	1.079		0	-78.95	0.0176	101.23	0	163.16	0.034	-78.76	0	101.89	0	-78.54
5.38	1.168		0	-83.42	0.0121	96.77	0	156.91	0.0237	-83.22	0	97.65	0	-82.96
5	1.257		0	-90.54	0.0084	89.6	0	-169.31	0.0166	-90.39	0	90.31	0	-89.75

5. RAO tertambat Variasi 130 % Diameter hull

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX	RY	RZ				
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE				
62.83	0.1	0	1.0696	90	0	-95.17	1.1595	-0.01	0	-2.51	0.169	-90	0.0004	89.36
33.25	0.189		0.5137	90.03	0	10.04	7.2798	179.78	0.0002	9.89	0.6325	89.95	0.0018	-90.54
22.61	0.278		0.3616	90.04	0	29.82	0.2859	179.61	0	36.68	0.3332	90.04	0.003	90.06
17.12	0.367		0.2483	90.12	0	59.49	0.0748	178.83	0	55.17	0.2762	90.12	0.0004	90.31
13.78	0.456		0.1718	90.41	0	84.96	0.0242	177.29	0	79.03	0.2297	90.41	0.0001	90.88
11.53	0.545		0.123	91.28	0	90.24	0.0082	174.17	0	83.86	0.1871	91.28	0.0001	92.12
9.91	0.634		0.0909	93.11	0	92.49	0.0034	167.7	0	88.52	0.1504	93.11	0	95.14
8.69	0.723		0.0681	96.01	0	94.93	0.0001	6.73	0	125.75	0.119	96.01	0	93.32
7.74	0.812		0.0505	99.52	0	97.9	0.0001	157.22	0	142.5	0.0917	99.52	0	99.13
6.98	0.901		0.0369	102.54	0	100.56	0	149.58	0	153.09	0.0686	102.54	0	102.42
6.35	0.99		0.0256	102.95	0	101.1	0	127.03	0	157.18	0.0485	102.95	0	103.06
5.82	1.079		0.0176	101.23	0	99.52	0	148.82	0	165.97	0.034	101.24	0	101.56
5.38	1.168		0.0121	96.77	0	95.92	0	145.78	0	151.19	0.0237	96.78	0	97.07
5	1.257		0.0084	89.6	0	88.91	0	169.77	0	124.01	0.0166	89.61	0	89.92

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	X		Y		Z		RX		RY		RZ	
			AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	45	0.7563	90	0.7563	90	1.1595	-0.01	0.1195	90	0.1195	-90	0	-63.58
33.25	0.189		0.3632	90.03	0.3632	90	7.2798	179.78	0.4473	-89.97	0.4473	89.93	0.0001	104.91
22.61	0.278		0.2557	90.04	0.2557	90.04	0.2859	179.61	0.2356	-89.96	0.2357	90.04	0.0001	-92.46
17.12	0.367		0.1755	90.12	0.1755	90.12	0.0748	178.83	0.1953	-89.88	0.1953	90.11	0	-95.3
13.78	0.456		0.1215	90.41	0.1215	90.41	0.0242	177.3	0.1624	-89.59	0.1624	90.41	0	-101.11
11.53	0.545		0.087	91.28	0.087	91.28	0.0082	174.2	0.1323	-88.72	0.1323	91.28	0	-113.31
9.91	0.634		0.0643	93.11	0.0643	93.11	0.0034	167.74	0.1064	-86.89	0.1064	93.11	0	-144.9
8.69	0.723		0.0481	96	0.0481	96	0.0001	5.16	0.0842	-84	0.0842	96	0	-38.51
7.74	0.812		0.0358	99.5	0.0358	99.5	0.0001	158.37	0.0649	-80.5	0.0649	99.5	0	-68.7
6.98	0.901		0.0261	102.51	0.0261	102.51	0	153.71	0.0486	-77.49	0.0486	102.52	0	-74.63
6.35	0.99		0.0181	102.89	0.0181	102.88	0	128.75	0.0344	-77.11	0.0344	102.89	0	-78
5.82	1.079		0.0125	101.16	0.0125	101.15	0	151.07	0.0241	-78.84	0.0241	101.16	0	-81.69
5.38	1.168		0.0086	96.7	0.0086	96.7	0	147.97	0.0168	-83.3	0.0168	96.7	0	-88.17
5	1.257		0.006	89.61	0.006	89.61	0	172.59	0.0118	-90.38	0.0118	89.62	0	-97.15

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	X AMP PHASE	Y AMP PHASE	Z AMP PHASE	RX AMP PHASE	RY AMP PHASE	RZ AMP PHASE
62.83	0.1	90	0 20.87 1.0696	90 1.1595 -0.01	90 0.169 90	0 -8.64 0.0005	-89.37	
33.25	0.189		0.0002 -173.77 0.5137	90 7.2798 179.79	0.6326 -89.98 0.0006	6.13 0.0019 90.54		
22.61	0.278		0 -151.67 0.3616	90.04 0.2859 179.62	0.3333 -89.96 0	38.51 0.0031 -89.96		
17.12	0.367		0 -123.31 0.2483	90.12 0.0748 178.84	0.2762 -89.88 0	57.98 0.0004 -90.08		
13.78	0.456		0 -99.66 0.1718	90.41 0.0242 177.32	0.2297 -89.59 0	72.63 0.0002 -90.03		
11.53	0.545		0 -92.06 0.123	91.28 0.0082 174.23	0.1871 -88.72 0	86.57 0.0001 -89.49		
9.91	0.634		0 -88.28 0.0909	93.11 0.0034 167.81	0.1504 -86.89 0	94.77 0 -88.74		
8.69	0.723		0 -83.23 0.0681	96.01 0.0001 2.97	0.119 -83.99 0	96.39 0 -81.87		
7.74	0.812		0 -80.19 0.0505	99.52 0.0001 160.2	0.0917 -80.48 0	102.42 0 -80.13		
6.98	0.901		0 -77.9 0.0369	102.54 0 161.35	0.0686 -77.46 0	105.24 0 -77.22		
6.35	0.99		0 -77.34 0.0256	102.95 0 132.1	0.0485 -77.05 0	104.83 0 -76.91		
5.82	1.079		0 -78.93 0.0176	101.23 0 153.98	0.034 -78.76 0	102 0 -78.56		
5.38	1.168		0 -83.45 0.0121	96.77 0 150.5	0.0237 -83.22 0	97.6 0 -82.96		
5	1.257		0 -90.53 0.0084	89.6 0 176.63	0.0166 -90.39 0	90.08 0 -89.68		

1. RAO tertambat Variasi jarak 4 meter

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X		Y		Z		RX		RY		RZ	
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	1.0689	90	0	-36.3	1.1586	0	0	-110.62	0.1695	-90	0.0005	89.49		
33.25	0.189		0.5211	90.02	0	6.06	7.9264	179.62	0.0002	6.44	0.6063	89.96	0.0018	-90.34		
22.61	0.278		0.364	90.04	0	9.08	0.2926	179.58	0	17.53	0.3288	90.04	0.0031	90.06		
17.12	0.367		0.2497	90.12	0	43.86	0.0766	178.82	0	46.2	0.2741	90.12	0.0004	90.31		
13.78	0.456		0.1729	90.41	0	85.47	0.0247	177.29	0	58.44	0.2283	90.41	0.0002	90.89		
11.53	0.545		0.1239	91.29	0	90.57	0.0084	174.16	0	70.65	0.186	91.29	0.0001	92.12		
9.91	0.634		0.0917	93.12	0	91.78	0.0035	167.68	0	-55.84	0.1495	93.13	0	95.3		
8.69	0.723		0.0687	96.02	0	93.26	0.0001	7.44	0	-152.74	0.1182	96.03	0	93.54		
7.74	0.812		0.051	99.53	0	96.65	0.0001	156.77	0	-134.84	0.0911	99.54	0	99.16		
6.98	0.901		0.0373	102.56	0	99.15	0	148.35	0	-116.55	0.0681	102.56	0	102.33		
6.35	0.99		0.0258	102.96	0	100.36	0	127.16	0	-106.36	0.0482	102.97	0	103.22		
5.82	1.079		0.0178	101.25	0	99.19	0	147.89	0	-101.99	0.0337	101.25	0	101.35		
5.38	1.168		0.0123	96.78	0	95.6	0	145	0	-101.16	0.0235	96.79	0	97.19		
5	1.257		0.0085	89.61	0	88.63	0	168.97	0	-102.57	0.0164	89.61	0	89.71		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	Y PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	RY PHASE	RZ AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	45	0.7559	90	0.7559	90	1.1586	-0.01	0.1198	90	0.1198	-90	0	76.32
33.25	0.189		0.3685	90.03	0.3685	90	7.9264	179.62	0.4288	-89.97	0.4288	89.94	0.0001	-97.08
22.61	0.278		0.2574	90.04	0.2574	90.04	0.2926	179.59	0.2325	-89.96	0.2325	90.04	0.0001	92.18
17.12	0.367		0.1766	90.12	0.1766	90.12	0.0766	178.82	0.1938	-89.88	0.1938	90.12	0	93.89
13.78	0.456		0.1223	90.41	0.1223	90.41	0.0247	177.3	0.1614	-89.59	0.1614	90.41	0	98.45
11.53	0.545		0.0876	91.29	0.0876	91.29	0.0084	174.19	0.1316	-88.71	0.1316	91.29	0	109.19
9.91	0.634		0.0648	93.12	0.0648	93.12	0.0035	167.73	0.1057	-86.88	0.1057	93.12	0	125.89
8.69	0.723		0.0486	96.02	0.0486	96.02	0.0001	5.49	0.0836	-83.98	0.0836	96.02	0	49.78
7.74	0.812		0.0361	99.52	0.0361	99.52	0.0001	158.19	0.0645	-80.48	0.0645	99.52	0	84.02
6.98	0.901		0.0264	102.53	0.0264	102.53	0	152.98	0.0482	-77.47	0.0482	102.53	0	97.69
6.35	0.99		0.0183	102.9	0.0183	102.9	0	129.24	0.0342	-77.09	0.0342	102.91	0	101.55
5.82	1.079		0.0126	101.17	0.0126	101.17	0	150.54	0.0239	-78.83	0.0239	101.17	0	106.15
5.38	1.168		0.0087	96.71	0.0087	96.71	0	147.58	0.0167	-83.29	0.0167	96.71	0	99.62
5	1.257		0.0061	89.61	0.0061	89.61	0	172.47	0.0118	-90.38	0.0118	89.62	0	87.87

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	Y PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	RY PHASE	RZ AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	90	0	28.73	1.069	90	1.1586	-0.01	0.1695	90	0	-11.53	0.0004	-89.47
33.25	0.189		0.0002	-174.89	0.5211	90	7.9264	179.62	0.6064	-89.98	0.0005	4.86	0.0017	90.37
22.61	0.278		0	-156.32	0.364	90.04	0.2926	179.59	0.3288	-89.96	0	39.18	0.0029	-89.97
17.12	0.367		0	-119.34	0.2497	90.12	0.0766	178.83	0.2741	-89.88	0	58.62	0.0004	-90.08
13.78	0.456		0	-101.85	0.1729	90.41	0.0247	177.32	0.2283	-89.59	0	75.92	0.0001	-90.05
11.53	0.545		0	-91.73	0.1239	91.29	0.0084	174.24	0.186	-88.71	0	84.23	0.0001	-89.54
9.91	0.634		0	-88.92	0.0917	93.12	0.0035	167.82	0.1495	-86.87	0	94.79	0	-89.18
8.69	0.723		0	-84.86	0.0687	96.02	0.0001	2.75	0.1182	-83.98	0	97.16	0	-81.55
7.74	0.812		0	-80.91	0.051	99.53	0.0001	160.43	0.0911	-80.46	0	102.37	0	-79.99
6.98	0.901		0	-78.55	0.0373	102.56	0	161.59	0.0681	-77.44	0	106.55	0	-76.97
6.35	0.99		0	-77.74	0.0258	102.96	0	133.28	0.0482	-77.03	0	106.8	0	-76.91
5.82	1.079		0	-79.13	0.0178	101.25	0	154.18	0.0337	-78.75	0	103.75	0	-78.53
5.38	1.168		0	-83.62	0.0123	96.78	0	150.82	0.0235	-83.21	0	99.13	0	-83.09
5	1.257		0	-90.57	0.0085	89.61	0	177.56	0.0164	-90.39	0	89.71	0	-89.93

2. RAO tertambat Variasi jarak 8 meter

*** HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1 ***

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION	X		Y		Z		RX		RY		RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	1.0677	90	0	-31.28	1.1596	-0.01	0	-11.22	0.1691	-90	0.0005	89.61		
33.25	0.189		0.5198	90.03	0	7.24	7.3368	179.7	0.0002	7.46	0.6135	89.96	0.0018	-90.47		
22.61	0.278		0.3636	90.04	0	22.37	0.2874	179.6	0	22.34	0.3299	90.04	0.0031	89.98		
17.12	0.367		0.2497	90.12	0	46.06	0.0755	178.83	0	44.62	0.2746	90.12	0.0004	90.28		
13.78	0.456		0.1731	90.42	0	84.6	0.0245	177.3	0	68.32	0.2287	90.42	0.0002	90.84		
11.53	0.545		0.1242	91.29	0	88.17	0.0084	174.17	0	72.84	0.1863	91.29	0.0001	92.05		
9.91	0.634		0.092	93.12	0	92.74	0.0035	167.7	0	90.13	0.1498	93.12	0	95.16		
8.69	0.723		0.069	96.01	0	94.17	0.0001	5.74	0	145.95	0.1185	96.01	0	93.6		
7.74	0.812		0.0515	99.55	0	97.15	0.0001	155.65	0	168.72	0.0916	99.55	0	99.26		
6.98	0.901		0.0374	102.53	0	100.27	0	149.3	0	-150.27	0.0683	102.53	0	102.28		
6.35	0.99		0.0259	102.93	0	101.63	0	127.82	0	-125.17	0.0483	102.94	0	103.06		
5.82	1.079		0.0179	101.22	0	99.39	0	148.28	0	-134.5	0.0338	101.23	0	101.3		
5.38	1.168		0.0123	96.76	0	95.7	0	145.32	0	-132.05	0.0236	96.77	0	96.96		
5	1.257		0.0085	89.59	0	88.62	0	170.28	0	-132.68	0.0165	89.59	0	89.97		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	Y PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	RY PHASE	RZ AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	45	0.755	90	0.755	90	1.1596	-0.01	0.1195	90	0.1196	-90	0	76.79
33.25	0.189		0.3675	90.03	0.3675	90	7.3368	179.7	0.4339	-89.97	0.4339	89.93	0.0001	-102.09
22.61	0.278		0.2571	90.04	0.2571	90.04	0.2874	179.6	0.2333	-89.96	0.2333	90.04	0.0001	90.52
17.12	0.367		0.1766	90.12	0.1766	90.12	0.0755	178.83	0.1942	-89.88	0.1942	90.12	0	93.39
13.78	0.456		0.1224	90.42	0.1224	90.42	0.0245	177.31	0.1617	-89.58	0.1617	90.42	0	99.71
11.53	0.545		0.0878	91.29	0.0878	91.29	0.0084	174.2	0.1318	-88.71	0.1318	91.29	0	110.91
9.91	0.634		0.065	93.12	0.065	93.12	0.0035	167.75	0.1059	-86.88	0.1059	93.12	0	134.27
8.69	0.723		0.0488	96	0.0488	96	0.0001	4.21	0.0838	-84	0.0838	96	0	38.1
7.74	0.812		0.0364	99.53	0.0364	99.53	0.0001	157.03	0.0648	-80.46	0.0648	99.54	0	83.75
6.98	0.901		0.0265	102.5	0.0265	102.5	0	153.47	0.0484	-77.49	0.0484	102.51	0	99.93
6.35	0.99		0.0184	102.87	0.0184	102.87	0	129.66	0.0343	-77.12	0.0343	102.88	0	104.26
5.82	1.079		0.0127	101.14	0.0127	101.14	0	150.63	0.024	-78.85	0.024	101.15	0	103.23
5.38	1.168		0.0088	96.69	0.0088	96.69	0	147.63	0.0168	-83.31	0.0168	96.69	0	98.73
5	1.257		0.0061	89.59	0.0061	89.59	0	173.37	0.0118	-90.4	0.0118	89.6	0	92.3

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	Y PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	RY PHASE	RZ AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	90	0	28.54	1.0677	90	1.1596	-0.01	0.1691	90	0	-6.21	0.0004	-89.59
33.25	0.189		0.0002	-174.37	0.5198	90	7.3367	179.71	0.6136	-89.98	0.0005	5.38	0.0017	90.51
22.61	0.278		0	-154.76	0.3636	90.04	0.2874	179.6	0.3299	-89.96	0	37.12	0.0029	-89.88
17.12	0.367		0	-119.12	0.2497	90.12	0.0755	178.84	0.2746	-89.88	0	57.93	0.0004	-90.03
13.78	0.456		0	-99.87	0.1731	90.42	0.0245	177.32	0.2287	-89.58	0	73.23	0.0001	-90.01
11.53	0.545		0	-92.61	0.1242	91.29	0.0084	174.24	0.1864	-88.71	0	87.55	0.0001	-89.5
9.91	0.634		0	-88.94	0.092	93.12	0.0035	167.82	0.1498	-86.88	0	92.57	0	-89.17
8.69	0.723		0	-83.95	0.069	96.01	0.0001	2.06	0.1185	-83.99	0	94.51	0	-81.55
7.74	0.812		0	-80.51	0.0515	99.55	0.0001	159.26	0.0916	-80.45	0	102.77	0	-80.06
6.98	0.901		0	-78.06	0.0374	102.53	0	161.15	0.0683	-77.47	0	104.4	0	-77.06
6.35	0.99		0	-77.5	0.0259	102.93	0	133.21	0.0483	-77.06	0	104.09	0	-76.89
5.82	1.079		0	-78.9	0.0179	101.22	0	153.73	0.0338	-78.77	0	102.11	0	-78.54
5.38	1.168		0	-83.51	0.0123	96.76	0	150.38	0.0236	-83.23	0	97.75	0	-83.01
5	1.257		0	-90.63	0.0085	89.59	0	177.84	0.0165	-90.41	0	89.79	0	-90.24

3. RAO tertambat Variasi jarak 16meter

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION	X		Y		Z		RX		RY		RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	1.0695	90	0	-2.45	1.1595	-0.01	0	93.67	0.1691	-90	0.0022	89.86		
33.25	0.189		0.514	90.03	0	50.11	7.2282	179.72	0.0002	36.74	0.631	89.95	0.0092	-90.2		
22.61	0.278		0.3617	90.04	0	66.11	0.285	179.6	0	-81.44	0.3329	90.04	0.0154	90.03		
17.12	0.367		0.2484	90.12	0	56.74	0.0744	178.83	0	-11.54	0.276	90.12	0.0019	90.15		
13.78	0.456		0.1719	90.41	0	85.58	0.024	177.29	0	66.75	0.2295	90.41	0.0008	90.5		
11.53	0.545		0.1231	91.28	0	88.25	0.0082	174.17	0	82.54	0.1869	91.28	0.0004	91.44		
9.91	0.634		0.091	93.12	0	92.04	0.0034	167.69	0	105.47	0.1502	93.12	0.0002	93.53		
8.69	0.723		0.0681	96.01	0	94.47	0.0001	6.67	0	152.99	0.1188	96.01	0.0001	95.6		
7.74	0.812		0.0506	99.52	0	97.11	0.0001	157.2	0	177.97	0.0916	99.52	0.0001	99.47		
6.98	0.901		0.0369	102.55	0	100.47	0	149.61	0	-162.09	0.0685	102.55	0	102.53		
6.35	0.99		0.0256	102.95	0	101.02	0	127.08	0	-133.58	0.0485	102.96	0	102.95		
5.82	1.079		0.0176	101.24	0	99.13	0	148.87	0	-137.77	0.0339	101.24	0	101.26		
5.38	1.168		0.0121	96.78	0	95.65	0	145.85	0	-139.32	0.0236	96.78	0	96.81		
5	1.257		0.0084	89.61	0	88.95	0	169.85	0	-143.47	0.0165	89.61	0	89.66		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION	X		Y		Z	RX		RY	RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	45	0.7562	90	0.7562	90	1.1595	-0.01	0.1196	90	0.1196	-89.99	0	67.38
33.25	0.189		0.3635	90.04	0.3635	90	7.2282	179.72	0.4461	-89.97	0.4462	89.93	0.0001	-110.95
22.61	0.278		0.2557	90.04	0.2557	90.04	0.285	179.6	0.2355	-89.96	0.2355	90.03	0.0001	91.22
17.12	0.367		0.1756	90.12	0.1756	90.12	0.0744	178.83	0.1952	-89.88	0.1952	90.12	0	93.75
13.78	0.456		0.1216	90.41	0.1216	90.41	0.024	177.3	0.1623	-89.59	0.1623	90.41	0	98.14
11.53	0.545		0.087	91.28	0.087	91.28	0.0082	174.19	0.1322	-88.72	0.1322	91.28	0	107.11
9.91	0.634		0.0643	93.11	0.0643	93.11	0.0034	167.74	0.1062	-86.89	0.1062	93.11	0	124.79
8.69	0.723		0.0482	96.01	0.0482	96.01	0.0001	5.13	0.0841	-83.99	0.0841	96.01	0	53.18
7.74	0.812		0.0358	99.51	0.0358	99.51	0.0001	158.34	0.0648	-80.49	0.0648	99.51	0	90.38
6.98	0.901		0.0261	102.52	0.0261	102.52	0	153.7	0.0485	-77.48	0.0485	102.52	0	101.85
6.35	0.99		0.0181	102.89	0.0181	102.89	0	128.78	0.0344	-77.1	0.0344	102.9	0	106.2
5.82	1.079		0.0125	101.16	0.0125	101.16	0	151.09	0.0241	-78.83	0.0241	101.17	0	107.17
5.38	1.168		0.0086	96.7	0.0086	96.7	0	148.02	0.0168	-83.29	0.0168	96.71	0	106.38
5	1.257		0.006	89.62	0.006	89.62	0	172.65	0.0118	-90.38	0.0118	89.62	0	102.27

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	Y PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	RY PHASE	RZ AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	90	0	32.6	1.0695	90	1.1595	-0.01	0.1691	90	0	-57.25	0.0022	-89.86
33.25	0.189		0.0002	-174.48	0.514	90	7.2282	179.72	0.631	-89.98	0.0006	-3.43	0.0091	90.22
22.61	0.278		0	-171.93	0.3617	90.04	0.285	179.61	0.3329	-89.96	0.0001	69.53	0.0152	-89.96
17.12	0.367		0	-123.78	0.2484	90.12	0.0744	178.84	0.276	-89.88	0	63.39	0.0019	-89.92
13.78	0.456		0	-100.27	0.1719	90.41	0.024	177.32	0.2295	-89.59	0	77.67	0.0008	-89.68
11.53	0.545		0	-90.77	0.1231	91.28	0.0082	174.23	0.1869	-88.72	0	87.73	0.0004	-88.87
9.91	0.634		0	-88.41	0.091	93.12	0.0034	167.81	0.1502	-86.88	0	93.13	0.0002	-87.28
8.69	0.723		0	-83.52	0.0681	96.01	0.0001	2.97	0.1188	-83.99	0	96.58	0.0001	-83.59
7.74	0.812		0	-80.51	0.0506	99.52	0.0001	160.16	0.0916	-80.48	0	103.73	0.0001	-80.38
6.98	0.901		0	-77.82	0.0369	102.55	0	161.27	0.0685	-77.45	0	104.88	0	-77.4
6.35	0.99		0	-77.36	0.0256	102.95	0	132.1	0.0485	-77.04	0	104.8	0	-77.06
5.82	1.079		0	-79.13	0.0176	101.24	0	153.99	0.0339	-78.76	0	102.41	0	-78.75
5.38	1.168		0	-83.48	0.0121	96.78	0	150.53	0.0236	-83.22	0	97.62	0	-83.19
5	1.257		0	-90.65	0.0084	89.61	0	176.65	0.0165	-90.39	0	91.15	0	-90.36

4. RAO tertambat Variasi jarak 32meter

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION		X	Y	Z	RX	RY	RZ				
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE				
62.83	0.1	0	1.067	90	0	-3.05	1.1591	-0.01	0	86.24	0.1692	-89.99	0.0022	89.92
33.25	0.189		0.5177	90.03	0	41.66	7.2183	179.56	0.0002	37.94	0.6139	89.95	0.0088	-90.13
22.61	0.278		0.3628	90.04	0	71.64	0.283	179.6	0	-81.53	0.3297	90.04	0.0151	90.05
17.12	0.367		0.2496	90.12	0	71.21	0.0735	178.87	0	46.64	0.2741	90.12	0.0019	90.13
13.78	0.456		0.1733	90.42	0	87.56	0.0237	177.24	0	77.63	0.2279	90.42	0.0007	90.49
11.53	0.545		0.1244	91.29	0	90.34	0.0081	174.5	0	86.12	0.1856	91.29	0.0004	91.46
9.91	0.634		0.0921	93.13	0	92.55	0.0034	167.55	0	93.52	0.1492	93.13	0.0002	93.52
8.69	0.723		0.0691	96.03	0	95.1	0.0001	-4.8	0	107.91	0.118	96.03	0.0001	95.66
7.74	0.812		0.0513	99.54	0	97.7	0.0001	163.36	0	120.44	0.0909	99.54	0.0001	99.47
6.98	0.901		0.0375	102.56	0	101.28	0	149.76	0	124.71	0.068	102.56	0	102.56
6.35	0.99		0.026	102.96	0	102.11	0	117.84	0	118.02	0.0481	102.96	0	103.03
5.82	1.079		0.0179	101.25	0	99.88	0	115.17	0	120.42	0.0337	101.25	0	101.33
5.38	1.168		0.0123	96.78	0	96.26	0	142.15	0	109.31	0.0234	96.79	0	96.78
5	1.257		0.0085	89.6	0	89.13	0	164.19	0	97.39	0.0164	89.61	0	89.69

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	PHASE	Y AMP	PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	PHASE	RY AMP	PHASE	RZ AMP	PHASE
62.83	0.1	45	0.7545	90	0.7545	90	1.1591	-0.01	0.1197	90	0.1197	-89.99	0	-68.31		
33.25	0.189		0.3661	90.04	0.3661	90.01	7.2183	179.57	0.4341	-89.97	0.4341	89.93	0	129.09		
22.61	0.278		0.2566	90.04	0.2566	90.04	0.283	179.6	0.2332	-89.96	0.2332	90.04	0	-95.18		
17.12	0.367		0.1765	90.12	0.1765	90.12	0.0735	178.88	0.1938	-89.88	0.1938	90.12	0	-100.29		
13.78	0.456		0.1225	90.42	0.1225	90.41	0.0237	177.25	0.1612	-89.58	0.1612	90.41	0	-114.19		
11.53	0.545		0.088	91.29	0.088	91.29	0.0081	174.53	0.1313	-88.71	0.1313	91.29	0	-134.66		
9.91	0.634		0.0652	93.13	0.0652	93.13	0.0034	167.6	0.1055	-86.87	0.1055	93.13	0	-168.83		
8.69	0.723		0.0489	96.02	0.0489	96.02	0.0001	-6.36	0.0834	-83.98	0.0834	96.02	0	-25.17		
7.74	0.812		0.0363	99.52	0.0363	99.52	0.0001	164.3	0.0643	-80.48	0.0643	99.52	0	-63.54		
6.98	0.901		0.0265	102.53	0.0265	102.53	0	153.64	0.0481	-77.47	0.0481	102.53	0	-67.54		
6.35	0.99		0.0184	102.9	0.0184	102.9	0	125.6	0.0341	-77.1	0.0341	102.9	0	-75.75		
5.82	1.079		0.0127	101.17	0.0127	101.17	0	116.56	0.0239	-78.83	0.0239	101.17	0	-92.23		
5.38	1.168		0.0088	96.71	0.0088	96.71	0	144.23	0.0167	-83.29	0.0167	96.71	0	-79.84		
5	1.257		0.0061	89.61	0.0061	89.61	0	167.04	0.0117	-90.39	0.0117	89.61	0	-93.82		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	X AMP	Y AMP	Z AMP	RX AMP	RY AMP	RZ AMP	X PHASE	Y PHASE	Z PHASE	RX PHASE	RY PHASE	RZ PHASE
62.83	0.1	90	0	31.29	1.067	90	1.1591	-0.01	0.1692	90	0	-56.39	0.0022	-89.92
33.25	0.189		0.0002	-173.19	0.5177	90.01	7.2182	179.57	0.614	-89.98	0.0006	-1.68	0.0089	90.14
22.61	0.278		0	-164.78	0.3628	90.04	0.283	179.61	0.3297	-89.96	0.0001	71.09	0.0151	-89.96
17.12	0.367		0	-117.44	0.2495	90.12	0.0735	178.88	0.2741	-89.88	0	66.29	0.0019	-89.89
13.78	0.456		0	-95.48	0.1733	90.42	0.0237	177.27	0.2279	-89.58	0	79.23	0.0008	-89.66
11.53	0.545		0	-91.67	0.1244	91.29	0.0081	174.57	0.1856	-88.71	0	88.2	0.0004	-88.86
9.91	0.634		0	-88.34	0.0921	93.13	0.0034	167.67	0.1492	-86.87	0	93.01	0.0002	-87.26
8.69	0.723		0	-83.53	0.0691	96.03	0.0001	-8.77	0.118	-83.97	0	96.89	0.0001	-83.63
7.74	0.812		0	-80.1	0.0513	99.54	0.0001	165.75	0.0909	-80.46	0	101.44	0.0001	-80.4
6.98	0.901		0	-77.08	0.0375	102.56	0	160.75	0.068	-77.44	0	104.23	0	-77.39
6.35	0.99		0	-76.92	0.026	102.96	0	-174.67	0.0481	-77.04	0	103.04	0	-77.03
5.82	1.079		0	-78.65	0.0179	101.25	0	117.47	0.0337	-78.75	0	101.48	0	-78.71
5.38	1.168		0	-83.33	0.0123	96.78	0	146.57	0.0234	-83.21	0	96.93	0	-83.07
5	1.257		0	-90.31	0.0085	89.6	0	171.16	0.0164	-90.39	0	89.49	0	-90.27

5. RAO tertambat Variasi jarak 64 meter

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION	X		Y		Z		RX		RY		RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	0	1.0695	90	0	-0.91	1.1574	-0.01	0	120.15	0.1694	-89.99	0.0022	89.9		
33.25	0.189		0.5238	90.03	0	49.16	7.446	179.72	0.0002	37.85	0.6069	89.95	0.0088	-90.11		
22.61	0.278		0.3654	90.04	0	72.96	0.2776	179.65	0	-79.42	0.3284	90.04	0.0152	90.06		
17.12	0.367		0.2507	90.12	0	75.44	0.0686	178.93	0	34.36	0.2731	90.12	0.0019	90.14		
13.78	0.456		0.1737	90.41	0	87.92	0.0205	177.28	0	76.19	0.227	90.41	0.0008	90.51		
11.53	0.545		0.1245	91.29	0	88.88	0.0064	174.57	0	87.21	0.1847	91.29	0.0004	91.48		
9.91	0.634		0.092	93.14	0	90.31	0.0026	167.5	0	103.06	0.1483	93.14	0.0002	93.59		
8.69	0.723		0.0689	96.06	0	96.45	0.0004	-5.22	0	100.14	0.1172	96.06	0.0001	95.56		
7.74	0.812		0.0512	99.6	0	98.63	0	-11.57	0	112.03	0.0903	99.6	0.0001	99.46		
6.98	0.901		0.0373	102.61	0	101.31	0	-20.64	0	117.56	0.0674	102.61	0	102.51		
6.35	0.99		0.0259	103.01	0	102.61	0	-20.36	0	111.61	0.0477	103.01	0	102.99		
5.82	1.079		0.0178	101.31	0	100.54	0	106.87	0	111.73	0.0334	101.31	0	101.33		
5.38	1.168		0.0123	96.84	0	96.49	0	144.29	0	104.5	0.0233	96.84	0	96.8		
5	1.257		0.0085	89.64	0	89.4	0	169.45	0	93.99	0.0163	89.65	0	89.66		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD (SECS)	FREQ (RAD/S)	DIRECTION (DEGREES)	AMP	PHASE	X AMP	PHASE	Y AMP	PHASE	Z AMP	PHASE	RX AMP	PHASE	RY AMP	PHASE	RZ AMP	PHASE
62.83	0.1	45	0.7563	89.99	0.7563	90	1.1574	-0.01	0.1198	90	0.1198	-90	0	-80.14		
33.25	0.189		0.3704	90.04	0.3704	90.01	7.4459	179.72	0.4291	-89.97	0.4291	89.93	0.0001	98.49		
22.61	0.278		0.2584	90.05	0.2584	90.04	0.2776	179.66	0.2322	-89.95	0.2322	90.04	0.0002	-91.76		
17.12	0.367		0.1773	90.12	0.1773	90.12	0.0686	178.93	0.1931	-89.88	0.1931	90.12	0	-92.76		
13.78	0.456		0.1228	90.41	0.1228	90.41	0.0205	177.29	0.1605	-89.59	0.1605	90.41	0	-96.25		
11.53	0.545		0.088	91.29	0.088	91.29	0.0064	174.61	0.1306	-88.71	0.1306	91.29	0	-102.68		
9.91	0.634		0.0651	93.14	0.0651	93.14	0.0026	167.56	0.1049	-86.86	0.1049	93.14	0	-122.85		
8.69	0.723		0.0488	96.05	0.0488	96.05	0.0004	-5.57	0.0829	-83.95	0.0829	96.05	0	-50.58		
7.74	0.812		0.0362	99.58	0.0362	99.58	0	-19.95	0.0639	-80.42	0.0639	99.58	0	-71.4		
6.98	0.901		0.0264	102.58	0.0264	102.58	0	-24.29	0.0477	-77.42	0.0477	102.58	0	-73.35		
6.35	0.99		0.0183	102.95	0.0183	102.95	0	-27.02	0.0338	-77.05	0.0338	102.95	0	-78.94		
5.82	1.079		0.0127	101.23	0.0127	101.23	0	108.12	0.0237	-78.77	0.0237	101.23	0	-81.98		
5.38	1.168		0.0087	96.76	0.0087	96.76	0	146.6	0.0166	-83.24	0.0166	96.76	0	-83.67		
5	1.257		0.0061	89.66	0.0061	89.66	0	172.43	0.0116	-90.34	0.0116	89.66	0	-86.93		

HYDRODYNAMIC PARAMETERS FOR STRUCTURE 1

R.A.O.S-VARIATION WITH WAVE PERIOD/FREQUENCY

PERIOD		FREQ	DIRECTION	X		Y		Z	RX		RY	RZ		
(SECS)	(RAD/S)	(DEGREES)	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE	AMP	PHASE
62.83	0.1	90	0	22.04	1.0695	90	1.1574	-0.01	0.1694	90	0	-65.19	0.0022	-89.9
33.25	0.189		0.0002	-173.04	0.5238	90.01	7.4459	179.73	0.6069	-89.98	0.0006	-1.6	0.009	90.13
22.61	0.278		0	-163.96	0.3654	90.04	0.2776	179.66	0.3284	-89.96	0.0001	71.76	0.0155	-89.96
17.12	0.367		0	-111.63	0.2507	90.12	0.0686	178.94	0.2731	-89.88	0	64.23	0.0019	-89.89
13.78	0.456		0	-96.58	0.1737	90.41	0.0205	177.31	0.227	-89.59	0	78.94	0.0008	-89.68
11.53	0.545		0	-90.75	0.1244	91.29	0.0064	174.65	0.1847	-88.71	0	88.28	0.0004	-88.88
9.91	0.634		0	-87.28	0.092	93.14	0.0026	167.65	0.1483	-86.86	0	91.91	0.0002	-87.3
8.69	0.723		0	-82.79	0.0689	96.06	0.0004	-6.12	0.1172	-83.94	0	94.38	0.0001	-83.43
7.74	0.812		0	-80.02	0.0512	99.6	0	-30.63	0.0903	-80.4	0	102.07	0.0001	-80.24
6.98	0.901		0	-76.54	0.0373	102.61	0	-29.33	0.0674	-77.39	0	104.38	0	-77.32
6.35	0.99		0	-76.87	0.0259	103.01	0	-34.95	0.0477	-76.99	0	103.51	0	-76.97
5.82	1.079		0	-78.46	0.0178	101.31	0	108.15	0.0334	-78.69	0	101.01	0	-78.63
5.38	1.168		0	-83.33	0.0123	96.84	0	149.31	0.0233	-83.16	0	97	0	-83.11
5	1.257		0	-90.25	0.0085	89.64	0	176.77	0.0163	-90.35	0	88.96	0	-90.32

DAFTAR PUSTAKA

API RP 2A. 2000. *“Recommended Practice for Planning, Designing & Construction Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design”*. 21th Edition. American Petroleum Institute. Code

API RP 2T. 1987. *“Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Tension Leg Platforms”*. American Petroleum Institute.

A.K Agarwal dan A.K.Jain. 2002. *“Dynamic behavior of Offshore Spar Platforms Under Regular Sea Waves”*. 14 January 2002. New Delhi : Department Civil Engineering Indian Institute of Technology.

Chakrabarti, S.K. (1987). *“Hydrodinamic of Offshore Structures, Computational Mechanics Publications Southampton. Bonston. USA.*

DNV - OS – F205. 2010. *“Global Performance Analysys of Deepwater Floating Structures.* Det Norske Veritas

Indiyono, P. 2004. *“Hidrodinamika Bangunan Lepas Pantai”*. Surabaya : FTK-ITS

L.Tao. B.Molin. Y-M Scolan. K.Thiagarajan 2007. *“Spacing effect on hydrodynamics of heave plates on offshore structure”*. Journal of fluid and structures 23 (2007) 1119-1136.

Mouselli, A.H. 1981. *“Offshore Pipelines Design Analysis and Methods”*. Oklahoma: PenWell Books.

Patel, M. H., dan Witch, A. J. 1991. *“Compliant Offshore Structures”*. London : University College London.

S.Sudhakar dan S.Nallayarasu. 2003. *“Hydrodinamic Response of Spar with Single and Double Heave Plate in Regular Wave”*. International Journal of Ocean Engineering 3(4) (2013) 188-208.

Technip Coflexip. 2003. *“ The Pori Delivery Model”*. April 2003. Finland

BIODATA PENULIS



Ryan Ciputra, dilahirkan di Blitar (Jawa Timur) pada 05 Maret 1993. Pendidikan formal dimulai di TK Pembina Malang. Setelah itu dilanjutkan dengan meneyam pendidikan dasar di SD Dharma Wanita (BSS) Malang. Kemudian dilanjutkan dengan pendidikan menengah pertama di SMPN 4 Malang. Melanjutkan ke jenjang berikutnya pada pendidikan menengah atas di Madrasah Aliyah Negeri 3 Malang (MAN 3 Malang) hingga lulus tahun 2011. Kemudian penulis melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik

Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Selama masa perkuliahan, penulis aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan khususnya Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA) dan juga Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM ITS). Aktif sebagai tim kepeemanduan LKMM di lingkup ITS dan aktif dalam dunia keilmiahan tergabung dalam tim riset MRaC (Mangrove RhizophoraChitecture) dan menjadi nominasi Program Kreatifitas Mahasiswa – Pengabdian Masyarakat (PKMM) pada Pekan ilmiah Mahasiswa 26 Universitas Mataram pada tahun 2012. Pada Juli 2015 penulis dapat menyelesaikan tugas akhirnya, yang mengangkat pada satu bidang keahlian di Jurusan Teknik Kelautan, yaitu Struktur Bangunan Lepas Pantai.