

ANALISA KARAKTERISTIK STRUKTUR KOMBINASI KOLOM SILINDER DAN PONTON KOTAK PERSEGI PANJANG

Teguh Herlambang¹, Dian Adrianto², Kresna Oktafianto³, Dinita Rahmalia⁴

¹Program Studi Sistem Informasi, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya

²Sekolah Tinggi Teknik Angkatan Laut Jakarta

³Prodi Matematika FMIPA Universitas PGRI Ronggolawe

⁴Universitas Islam Darul Ulum Lamongan

¹teguh@unusa.ac.id

Abstrak– Dewasa ini produktivitas minyak dan gas bumi dalam negeri cenderung menurun. Bahkan antara persediaan gas dan bumi dengan kebutuhan sangat jauh berbeda. Hal ini karena banyak potensi sumber daya alam minyak dan gas bumi yang belum dieksplorasi, khususnya di daerah perairan dalam (lepas pantai). *Semisubmersible* merupakan salah satu fasilitas anjungan lepas pantai terapung yang sering dipakai. Salah satu bentuk *Semisubmersible* adalah kombinasi kolom silinder dan ponton kotak persegi panjang. Pada paper ini dilakukan analisis spektra untuk menghitung respons gerak, kecepatan, dan percepatan heave, menggunakan formulasi ISSC. Hasil perhitungan didapat Karakteristik gerakan Heave pada Kombinasi Kolom Silinder Dan Ponton Kotak Persegi Panjang ini di gelombang reguler cukup baik. Namun perlu diperhatikan pada frekuensi di zona kritis yaitu 0.25 rad/s karena mempunyai penurunan gerakan yang cukup tajam yaitu dengan nilai RAO 2 m/m.

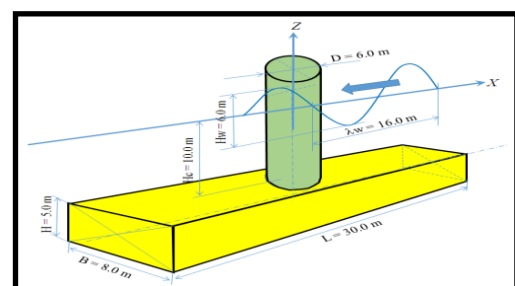
Kata Kunci – *Semisubmersible*, Ponton Kotak Persegi Panjang, Heave, ISSC

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini produktivitas minyak dan gas bumi dalam negeri cenderung menurun. Bahkan antara persediaan gas dan bumi dengan kebutuhan sangat jauh berbeda. Hal ini karena banyak potensi Sumber daya alam minyak dan gas bumi yang belum dieksplorasi [1,2], khususnya di daerah perairan dalam (lepas pantai). Hal ini menuntut dibutuhkannya inovasi dalam merancang fasilitas bangunan pendukung lepas pantai yang tangguh untuk beroperasi di wilayah perairan yang cukup ganas.

Inovasi dalam merancang fasilitas pengeboran lepas pantai terapung sangat menentukan produktivitas minyak dan gas bumi nantinya.

Semisubmersible merupakan salah satu fasilitas anjungan lepas pantai terapung yang sering dipakai. Kelebihan dari *semisubmersible* adalah karakteristik gerakannya yang cukup stabil di perairan dalam. Dalam paper ini, penulis mencoba menganalisa model rancangan salah satu bentuk *Semisubmersible* yaitu kombinasi kolom silinder dan ponton kotak persegi panjang. Pada paper ini dilakukan analisis spektra untuk menghitung respons gerak, kecepatan, dan percepatan heave, menggunakan formulasi ISSC. Hasil perhitungan didapat Karakteristik gerakan Heave pada Kombinasi Kolom Silinder Dan Ponton Kotak Persegi Panjang ini di gelombang reguler cukup baik. Pada Gambar 1 merupakan representasi dari struktur yang terdiri dari 1 balok dan 1 silinder tersusun seperti pada gambar di bawah.



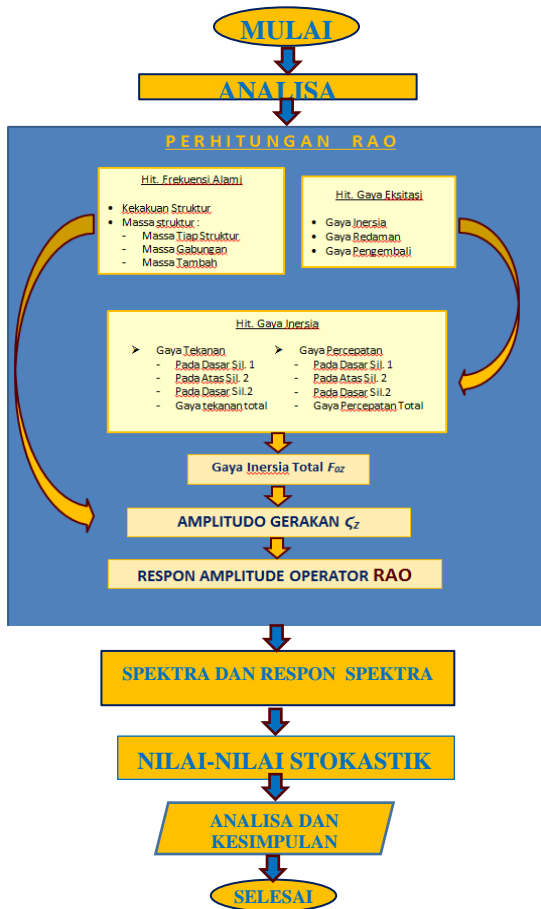
Gambar 1: Struktur kombinasi kolom silinder dan ponton kotak persegi panjang

Tabel 1: Dimensi kombinasi kolom silinder dan ponton kotak persegi panjang [3]

KETERANGAN GAMBAR			
D =	6	m	Diameter Kolom
H _c =	10	m	Tinggi Kolom
H _b =	5	m	Tinggi Pontoon
B =	8	m	Lebar Pontoon
L =	30	m	Panjang Pontoon
PARAMETER YG DIPERGUNAKAN			
H _w =	6	m	Tinggi Gelombang
λ _w =	16	m	Panjang Gelombang
ρ =	1.025	ton/m ³	Berat Jenis Air Laut
g =	9.81	m/s ²	Gaya Gravitasi
ζ ₀ =	3	m	Amplitudo

II. METODE PENELITIAN

Berikut adalah diagram alir metodologi penelitian



Gambar 2: Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa hasil perhitungan pada paper ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu analisa perhitungan Plot RAO gerakan heave tangki, perhitungan gaya eskitasi dan perhitungan spektra dan respon spektra

A. Menghitung dan Plot RAO Gerakan Heave Tangki

Perhitungan RAO dapat dilakukan melalui persamaan (1) dibawah ini [3]:

$$RAO = \frac{\zeta_z}{\zeta_0} \tag{1}$$

Adapun tahapan perhitungan dilakukan sebagai berikut :

A.1 Perhitungan Frekuensi dan Periode Alami

Perhitungan Frekuensi alami dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2) di bawah ini :

$$\omega_n = \sqrt{\frac{Kz}{m + m_{AZ}}} \text{ (rad/det)} \tag{2}$$

Atau

$$\omega_n = \frac{2\pi}{T_n} \tag{3}$$

Dengan memasukkan persamaan (3) ke dalam persamaan (2) menghasilkan :

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{m + m_{AZ}}{Kz}} \text{ (det)} \tag{4}$$

A.1.1 Perhitungan Kekakuan Gerakan Heave (Kz)

Penghitungan Kz dilakukan dari persamaan (5) dibawah ini :

$$Kz = \rho g A_w = 1.025 \times 9.81 \times \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \tag{5}$$

$$Kz = \rho g A_w = 1.025 \times 9.81 \times \pi \left(\frac{6}{2}\right)^2 = 284.1614 kN / m \cong 284 kN / m \tag{6}$$

A.1.2 Perhitungan Massa Struktur (m)

Sesuai permasalahan diatas dimana 1 silinder m_1 dengan ukuran tertentu disusun di atas sebuah balok sedemikian rupa sehingga, diperlukan perhitungan massa masing-masing silinder, massa gabungan dan massa tambahnya. Massa tambah tersebut dikarenakan posisi silinder yang tercelup di air. Perhitungan massa dilakukan sebagai berikut :

- Massa silinder m_1 dan balok m_2

$$Kol_1 \rightarrow m_1 = \Delta_1 = \rho \left\{ \pi \left(\frac{D_1}{2} \right)^2 \times h_1 \right\} = 1.025 \left\{ \pi \left(\frac{6}{2} \right)^2 \times 10 \right\} = 289.7 \text{ ton} \quad (7)$$

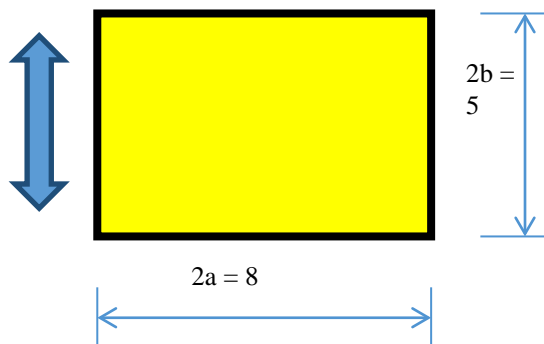
$$Ptm \rightarrow m_2 = \Delta_2 = \rho \{ p * l * h \} = 1.025 * 5 * 8 * 30 = 1230 \text{ ton} \quad (8)$$

- Massa Gabungan

$$m = m_1 + m_2 = 289.7 + 1230 = 1519.7 \text{ ton} \quad (9)$$

- Massa tambah Pontoon

$$m_{AZPTN} = C_{MAZ} \rho \pi a^2 L$$



dengan,

C_{MAZ} = Koefisien Massa Tambah

$$C_{MAZ} = 1.51 + \frac{2-1.6}{2-1} (1.36 - 1.51) = 1.42 \quad (10)$$

Sehingga massa struktur pontoon adalah

$$m_{AZPTN} = C_{MAZ} \rho \pi a^2 L \quad (11)$$

$$m_{AZPTN} = 1.42 \times 1.025 \times \pi \times 4^2 \times 30 = 2193.7256 = 2194 \text{ ton} \quad (12)$$

Massa Tambah Kolom

$$m_{AZKol} = \Delta_{AZKol} = \frac{4}{3} \rho \left\{ \left(\frac{D}{2} \right)^3 \right\} \quad (13)$$

$$m_{AZKol} = \Delta_{AZKol} = \frac{4}{3} \times 1.025 \left\{ \left(\frac{6}{2} \right)^3 \right\} = 36.9 \text{ ton} = 37 \text{ ton} \quad (14)$$

Selanjutnya dengan memasukkan hasil perhitungan pada persamaan (12) dan (14) kedalam persamaan (15) di bawah ini.

Massa Tambah Keseluruhan Struktur

$$m_{AZ} = m_{AZPTN} + m_{AZKol} = 2194 + 37 = 2157 \text{ ton} \quad (15)$$

Selanjutnya dengan memasukkan hasil perhitungan pada persamaan (6), (9) dan persamaan (15) kedalam persamaan (2), diperoleh nilai frekuensi alami silinder, sesuai dengan persamaan (16) di bawah ini.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_z}{m+m_{AZ}}} \left(\frac{\text{rad}}{\text{det}} \right) = 0.278 \text{ (rad/det)} \quad (16)$$

A.2 Perhitungan Gaya Eksitasi

Secara umum persamaan gerakan struktur di atas gelombang reguler: (RAO dihitung untuk gelombang reguler) adalah sebagai berikut [3]:

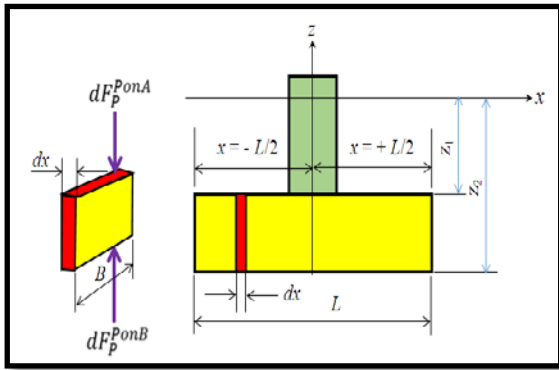
$$M \ddot{z} + B \dot{z} + K_z z = F_{oz} e^{-i\omega t} \quad (17)$$

Dimana $M \ddot{z}$ adalah gaya inersia (*Inertia Force*), $B \dot{z}$ adalah gaya redaman (*Damping Force*) dan $K_z z$ adalah Gaya pengembali (*Restoring Force*) yang berhubungan dengan kekakuan. Untuk menyelesaikan masalah dilakukan penyederhanaan dengan mengabaikan gaya redaman.

Untuk gaya inersia yang terdiri dari Gaya tekanan dinamis (*pressureforce*) dan Gaya percepatan partikel gelombang (*accelerationforce*) diselesaikan sebagai berikut :

A2.1 Gaya Tekanan

Ilustrasi *free body* diagram gaya tekanan pada struktur dapat digambarkan seperti Gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3: Free body diagram gaya tekanan

Persamaan Gaya Tekan dapat ditulis sesuai persamaan (18) dan (19) dibawah ini :

$$dF_p^{Pon} = \rho g \zeta_0 (B dx) e^{kz} \cos(kx - \omega t) \quad (18)$$

$$F_p^{Pon} = \rho g \zeta_0 B e^{kz} \int_{-L/2}^{+L/2} \cos(kx - \omega t) dx \quad (19)$$

Dimana :

- Untuk struktur dengan sumbu pada titik origin maka $x = 0$
- Persamaan angka gelombang adalah

$$k_w = \frac{\omega^2}{g} \quad (20)$$

- $\zeta_0 =$ amplitudo gelombang ditetapkan sebesar 3 m $\left(\frac{H_w^2}{\pi}\right)$

Selanjutnya penyelesaian gaya tekanan pada ponton persegi panjang dan kolom diselesaikan sebagai berikut :

1. Gaya tekanan pada ponton atas

$$F_p^{PTNA} = -\rho g \zeta_0 B e^{kz_1} \int_{-L/2}^{+L/2} \cos(kx - \omega t) dx \quad (21)$$

2. Gaya tekanan pada ponton bawah

$$F_p^{PTNB} = +\rho g \zeta_0 B e^{kz_2} \int_{-L/2}^{+L/2} \cos(kx - \omega t) dx \quad (22)$$

3. Gaya tekanan ponton total

$$F_p^{PTN} = \rho g \zeta_0 B (e^{kz_2} - e^{kz_1}) \int_{-L/2}^{+L/2} \cos(kx - \omega t) dx \quad (23)$$

$$F_p^{PTN} = \rho g \zeta_0 B (e^{kz_2} - e^{kz_1}) \frac{1}{k} \{ \sin(kx) \cos(\omega t) - \cos(kx) \sin(\omega t) \} \Big|_{-15}^{+15}$$

$$F_p^{PTN} = -10.27 \{ \sin(0.393 \times 15) \cos(\omega t) + \sin(0.393 \times 15) \cos(\omega t) \} \quad (24)$$

$$F_p^{PTN} = -20.74 \{ \sin(5.895) \cos(\omega t) \} = 7.85 \cos(\omega t) \quad (25)$$

4. Gaya tekanan kolom

$$F_p^{Kol} = +\rho g \zeta_0 (\pi R^2) e^{kz_1} \cos(kx - \omega t) \quad (26)$$

$$F_p^{Kol} = +1.025 \times 9.81 \times 3 \times (\pi 3^2) e^{-0.393 \times 10} \cos((0.393 \times 0) - \omega t)$$

$$F_p^{Kol} = 16.75 \cos(\omega t) \quad (27)$$

5. Gaya tekanan total

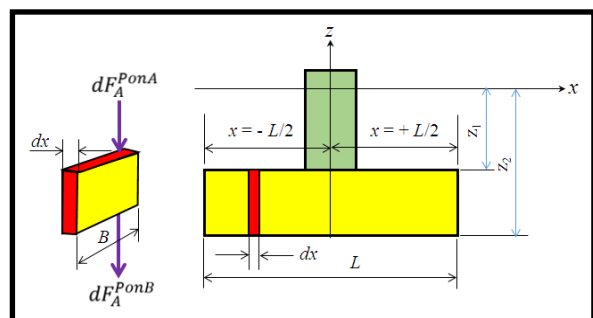
Gaya tekanan total dapat diperoleh dengan menjumlahkan persamaan (25) dan (27), sehingga diperoleh persamaan (28) di bawah ini.

$$F_p^{Tot} = F_p^{PTN} + F_p^{Kol}$$

$$F_p^{Tot} = 7.85 \cos(\omega t) + 16.75 \cos(\omega t) = 24.60 \cos(\omega t) \quad (28)$$

A.2.2 Gaya Percepatan

Ilustrasi free body diagram gaya percepatan pada struktur dapat digambarkan seperti Gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4: Free body diagram gaya percepatan

Persamaan Gaya percepatan dapat ditulis sesuai persamaan (29) dan (30) di bawah ini

$$dF_A^{PTN} = -m_{az}^A \zeta_0 \omega^2 e^{kz_1} \cos(kx - \omega t) \quad (29)$$

$$F_A^{PTN} = -m_{az}^A \zeta_0 \omega^2 e^{kz_1} \int_{-L/2}^{+L/2} \cos(kx - \omega t) \quad (30)$$

Selanjutnya penyelesaian gaya Percepatan pada struktur diselesaikan sebagai berikut :

1. Gaya percepatan ponton atas

$$dF_A^{PTN A} = -m_{az}^A \zeta_0 \omega^2 e^{kz_1} \cos(kx - \omega t) \quad (31)$$

$$F_A^{PTN A} = -m_{az}^A \zeta_0 \omega^2 e^{kz_1} \int_{-L/2}^{+L/2} \cos(kx - \omega t) \quad (32)$$

2. Gaya percepatan ponton bawah

$$dF_A^{PTN B} = -m_{az}^A \zeta_0 \omega^2 e^{kz_2} \cos(kx - \omega t) \quad (33)$$

$$F_A^{PTN B} = -m_{az}^A \zeta_0 \omega^2 e^{kz_2} \int_{-L/2}^{+L/2} \cos(kx - \omega t) \quad (34)$$

$$\text{Dengan } m_{az}^A = m_{az}^B = 2k_1 pab = 64.12$$

Maka gaya percepatan ponton total adalah

$$dF_A^{PTN} = dF_A^{PTN A} + dF_A^{PTN B} \quad (35)$$

$$dF_A^{PTN} = -4.31\omega^2 \int_{-15}^{+15} \cos(kx - \omega t)$$

$$dF_A^{PTN} = -4.31\omega^2 \frac{1}{k} \{ \sin(kx) \cos(\omega t) - \cos(kx) \sin(\omega t) \} \Big|_{-15}^{+15}$$

$$F_A^{PTN} = -4.31\omega^2 \frac{1}{0.393} \{ \sin(0.393 \times 15) \cos(\omega t) + \sin(0.393 \times 15) \cos(\omega t) \}$$

$$F_A^{PTN} = -21.93\omega^2 \frac{1}{0.393} \{ \sin(0.393 \times 15) \cos(\omega t) \} = 8.33\omega^2 \cos(\omega t) \quad (36)$$

3. Gaya percepatan kolom

$$F_A^{Kol} = m_{az}^{Kol} \zeta_0 \omega^2 e^{kz_1} \cos(kx - \omega t) \quad (37)$$

$$F_A^{Kol} = 36.9 \times 3 \times \omega^2 \times e^{-0.393 \times 15} \cos(kx - \omega t) = 2.17\omega^2 \cos(\omega t) \text{ karena } x=0$$

4. Gaya percepatan total

Gaya Percepatan total dapat diperoleh dengan menjumlahkan persamaan (36) dan

(37), sehingga diperoleh persamaan (38) di bawah ini.

$$F_A^{Tot} = F_A^{PTN} + F_A^{Kol} \\ F_A^{Tot} = 8.33\omega^2 \cos(\omega t) + 2.17\omega^2 \cos(\omega t) = 10.5\omega^2 \cos(\omega t) \quad (38)$$

A.2.3 *Gaya Inersia Total*

Gaya inersia total diperoleh dengan menjumlahkan gaya tekanan total pada persamaan (28) dan gaya Percepatan total pada persamaan (38), menghasilkan persamaan (39) dibawah ini.

$$F = F_p + F_A \\ F = \{A + B\} \cos(\omega t) = F_{OZ} \cos(\omega t) \quad (39)$$

Dimana, $A = 24.60$ dan $B = 10.5\omega^2$

Untuk selanjutnya dilakukan penyederhanaan persamaan (39) guna kepentingan perhitungan tabulasi

A.2.4 *Amplitudo Gerakan Heave Struktur*

Amplitudo gerakan heave struktur dapat dicari melalui persamaan (40) di bawah ini :

$$\zeta z = \frac{F_{Oz} / K_z}{\sqrt{\left\{ 1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2 \right\}^2 + \left(2\zeta c \frac{\omega}{\omega_n} \right)^2}} \quad (40)$$

Dimana ζc adalah redaman kritis. Selanjutnyajikan nilai $\zeta_0 = 0$,maka persamaan (40) dapat ditulis menjadi persamaan (41) di bawah ini.

$$\zeta z = \frac{F_{Oz} / K_z}{\sqrt{\left\{ 1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2 \right\}^2}} \quad (41)$$

Untuk kepentingan perhitungan tabulasi dapat dimisalkan :

$$E = \sqrt{\left\{ 1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^2 \right\}^2} \quad (42)$$

Sehingga persamaan (42) dapat ditulis menjadi persamaan (43) di bawah ini

$$\zeta_z = \frac{F_{0z}}{K_z E} \tag{43}$$

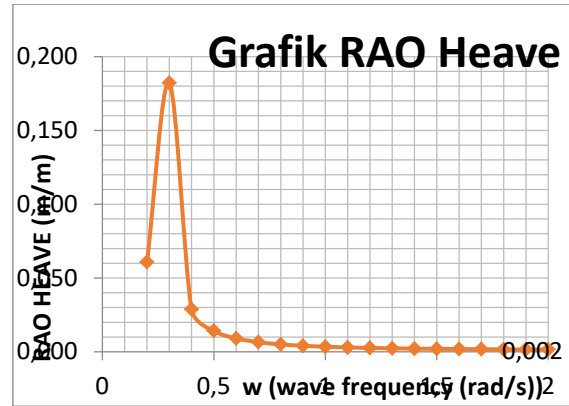
Pada perhitungan RAO sesuai dengan persamaan (1) diatas, karena amplitudo gelombang $\zeta_0 = 1.0m$, maka untuk kasus ini menjadi :

$$RAO = \zeta_z \tag{44}$$

Hasil Perhitungan dan Grafik RAO dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 5 di bawah ini.

Tabel 2: Hasil perhitungan RAO

ω (rad/s)	A (kN)	B (kN)	F _{0z} (kN)	K _z (kN/m)	E	ζ_z (m)	RAO (1)
0,2	24,60	0,42	25,02	284,161	0,482	0,182	0,061
0,3	24,60	0,94	25,54	284,161	0,164	0,547	0,182
0,4	24,60	1,68	26,27	284,161	1,070	0,086	0,029
0,5	24,60	2,62	27,22	284,161	2,235	0,043	0,014
0,6	24,60	3,77	28,37	284,161	3,658	0,027	0,009
0,7	24,60	5,13	29,73	284,161	5,340	0,020	0,007
0,8	24,60	6,70	31,30	284,161	7,280	0,015	0,005
0,9	24,60	8,48	33,08	284,161	9,480	0,012	0,004
1	24,60	10,47	35,07	284,161	11,938	0,010	0,003
1,1	24,60	12,67	37,27	284,161	14,655	0,009	0,003
1,2	24,60	15,08	39,68	284,161	17,631	0,008	0,003
1,3	24,60	17,70	42,30	284,161	20,865	0,007	0,002
1,4	24,60	20,53	45,13	284,161	24,359	0,006	0,002
1,5	24,60	23,57	48,16	284,161	28,111	0,005	0,002
1,6	24,60	26,81	51,41	284,161	32,121	0,004	0,002
1,7	24,60	30,27	54,87	284,161	36,391	0,004	0,002
1,8	24,60	33,94	58,53	284,161	40,919	0,003	0,002
1,9	24,60	37,81	62,41	284,161	45,706	0,003	0,002
2	24,60	41,90	66,49	284,161	50,752	0,002	0,002



Gambar 5: Grafik RAO untuk gerakan Heave

B. Perhitungan Spektra dan Respon Spektra

B.1 ISSC/ITTS Spectral Form

Perhitungan Spectra didasarkan pada persamaan Spectra ITTC/ISSC sesuai persamaan (45) di bawah ini :

$$S_\zeta(\omega) = \frac{0.0081 \cdot g^2}{\omega^5} x \exp\left(\frac{-3.11}{H_s^2 \cdot \omega^4}\right) \tag{45}$$

B.2 Perhitungan Spektra Respon

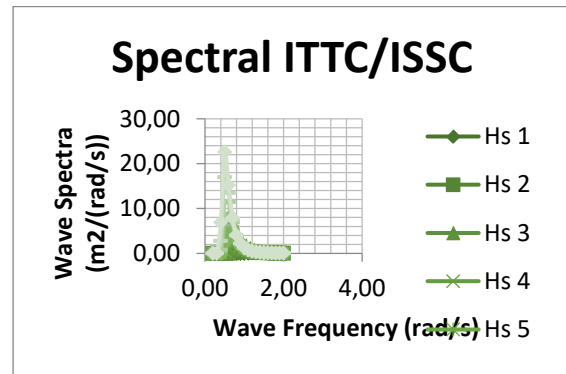
$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 x S_\zeta(\omega) \tag{46}$$

Tabel 3. Tabel kalkulasi spektra gelombang dan spektra respons

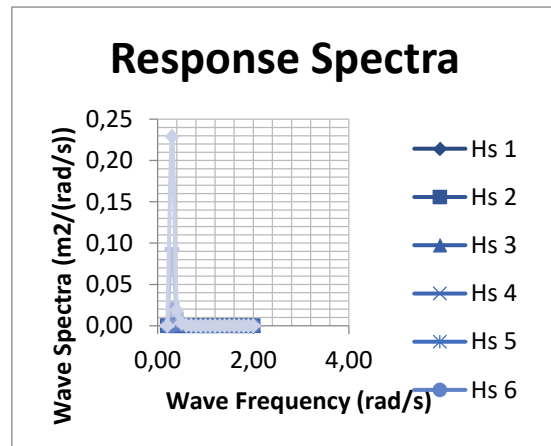
Hs = 10 m		S M	RAO silinder	RAO ²	Sr(□) (m ² /rad/s)	Sr(□)*S M	□*S r(ω) *S M	□ ² * S(ω))*S M	□ ⁴ * S(ω))*S M
(rad/s)	(m ² /rad/s)								
0,2	0,000	1	0,061	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	
0,3	6,898	4	0,182	0,033	0,229	0,161	0,274	0,087	
0,4	22,590	2	0,029	0,001	0,019	0,037	0,015	0,006	

0,5 0	15, 16 6	4	0, 01 4	0, 0 0	0,0 03	0,0 123 8	0,00 619	0,00 310	0,00 077
0,6 0	7,8 86	2	0, 00 9	0, 0 0	0,0 01	0,0 013 1	0,00 078	0,00 047	0,00 017
0,7 0	4,0 75	4	0, 00 7	0, 0 0	0,0 00	0,0 007 0	0,00 049	0,00 034	0,00 017
0,8 0	2,2 05	2	0, 00 5	0, 0 0	0,0 00	0,0 001 1	0,00 009	0,00 007	0,00 005
0,9 0	1,2 59	4	0, 00 4	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 8	0,00 008	0,00 007	0,00 006
1,0 0	0,7 56	2	0, 00 3	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 2	0,00 002	0,00 002	0,00 002
1,1 0	0,4 74	4	0, 00 3	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 2	0,00 002	0,00 002	0,00 002
1,2 0	0,3 09	2	0, 00 3	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 001	0,00 001	0,00 001
1,3 0	0,2 08	4	0, 00 2	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 001	0,00 001	0,00 001
1,4 0	0,1 44	2	0, 00 2	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 000	0,00 000	0,00 001
1,5 0	0,1 02	4	0, 00 2	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 000	0,00 000	0,00 001
1,6 0	0,0 74	2	0, 00 2	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 000	0,00 000	0,00 000
1,7 0	0,0 55	4	0, 00 2	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 000	0,00 000	0,00 001
1,8 0	0,0 41	2	0, 00 2	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 000	0,00 000	0,00 000
1,9 0	0,0 31	4	0, 00 2	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 000	0,00 000	0,00 000
2,0 0	0,0 24	1	0, 00 2	0, 0 0	0,0 00	0,0 000 0	0,00 000	0,00 000	0,00 000

Berikut ini adalah grafik dari Spectral ITTC/ISSC dan Respon Spektral



Gambar 6: Grafik Spectral ITTC



Gambar 7: Grafik Respon Spektral

IV. KESIMPULAN

Karakteristik gerakan heave pada kombinasi kolom silinder dan ponton kotak persegi panjang ini di gelombang reguler cukup baik. Namun perlu diperhatikan pada frekuensi pada zona kritis yaitu 0.25 rad/s karena mempunyai penurunan gerakan yang cukup tajam yaitu dengan nilai RAO 2 m/m.

REFERENSI

- [1]. Herlambang, T., Nurhadi H and Subchan., 2014. "Preliminary Numerical Study on Designing Navigation and Stability Control Systems for ITS AUV", *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications, Switzerland. Vol. 49, pp. 420-425
- [2]. Oktafianto, K., Herlambang T., Mardijah, Nurhadi H., 2015, "Design of Autonomous Underwater Vehicle Motion Control Using Sliding Mode Control Method", *International Conference on Advance Mechatronics, Intelligent Manufactre, and Industrial Automation (ICAMIMIA)-IEEE Surabaya Indonesia*, 15 – 16 Oktober 2015.
- [3]. Djatmiko, E.B., 2012, "Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak", ITS-Press. Surabaya. Inonesia