

DESAIN KONVERTER GELOMBANG BENTUK SEGI EMPAT SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK DI PERAIRAN LAUT JAWA

Efriananda Sabta Rizki, Eko Sasmito Hadi, Kiryanto
Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
e-mail : r.efrianand@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan cadangan energi, dan kekayaan energi yang dimiliki Indonesia tidak hanya berkaitan dengan jumlahnya saja melainkan juga keberagamannya. Indonesia kaya akan berbagai jenis energi baik yang berbasis fosil maupun nonfosil. Itulah salah satu kekuatan energi Indonesia. Oleh karenanya tidak bijaksana kalau Indonesia hanya menggantungkan diri pada satu jenis energi saja, yaitu yang berbasis fosil seperti BBM, karena cadangan energi fosil nasional bahkan dunia pun sangat terbatas dan lambat laun akan habis. Misalnya memanfaatkan potensi dari laut Indonesia dengan cara mengubah gelombang laut sebagai energi terbarukan. hal ini akan membutuhkan konverter untuk mengubah gelombang laut menjadi energi terbarukan. Konverter yang dimaksud adalah Wave Energi Converter. Wave Energy Converter adalah alat yang didesain dengan menggunakan prinsip gerak osilasi (naik – turun) gelombang untuk menghasilkan energi konverter ini memiliki tipe heaving device. Dalam penelitian ini, dilakukan sebuah studi desain konverter gelombang berbentuk segi empat dengan prinsip heaving device untuk dimanfaatkan di perairan Laut Jawa. Suatu model segi empat dengan tinggi maksimal 60 cm dan lebar maksimal 50 cm sebagai objek penelitian, dianalisa dengan variabel beban untuk mendapatkan nilai heaving terbesar. Konverter dianalisa dalam keadaan tanpa beban, diisi beban 10 kg, diisi 20 kg, diisi 30 kg. Hasil dari penelitian ini memperoleh hasil bahwa nilai amplitudo heaving terbesar terdapat pada konverter segi empat diisi dengan beban 30 kg pada tinggi gelombang laut 0,8 m dengan nilai amplitudo heaving 0,589 m.

Kata kunci : *Wave Energy Converter, Heaving Devices*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia merupakan masalah besar yang hampir seluruh negara di dunia menghadapinya. Indonesia juga tidak luput dari masalah serius ini, dikarenakan cadangan sumber energi pada rentan waktu yang lama bukan tidak mungkin akan habis. Mungkin sekarang di Indonesia masih kaya akan cadangan energi dan kekayaan energi yang dimiliki Indonesia tidak hanya berkaitan dengan jumlahnya saja melainkan juga keberagamannya. Indonesia kaya akan berbagai jenis energi baik yang berbasis fosil maupun nonfosil. Itulah salah satu kekuatan energi Indonesia. Oleh karenanya tidak bijaksana kalau Indonesia hanya menggantungkan diri pada satu jenis energi saja, yaitu yang berbasis fosil seperti BBM, karena cadangan energi fosil nasional

bahkan dunia pun sangat terbatas dan lambat laun akan habis.

Indonesia merupakan salah satu Negara yang mempunyai laut dengan luas wilayahnya mencapai 2/3 dari luas wilayahnya Negara. maka dari itu dengan luas wilayah laut tersebut seharusnya Indonesia bisa memanfaatkan potensi – potensi yang ada pada laut tersebut. Misal memanfaatkan energi gelombang laut sebagai sumber energi terbarukan.

Energi gelombang laut merupakan sumber energi terbarukan yang benar-benar bersih di mana bahan bakar tidak diperlukan dan tidak ada masalah dengan emisi dan/atau limbah seperti pada beberapa sumber energi lainnya. Energi gelombang laut memiliki potensi yang sangat besar, dapat menghasilkan sejumlah besar energi. Adapun keuntungan dari memanfaatkan energi gelombang laut :

- Ramah lingkungan
- Tersedia di seluruh lautan Indonesia
- Energi gelombang tidak mengenal waktu siang dan malam
- Biaya tidak mahal

No	Lokasi	Kecepatan Angin rata - rata (knot)	Tinggi signifikan rata - rata (m)	Tinggi maksimum rata - rata (m)
1	Laut Natuna	2 - 7	1.25 - 2.0	1.5 - 2.5
2	Laut Bali	2 - 7	0.5 - 0.8	0.6 - 1.25
3	Laut Jawa	2 - 5	0.25 - 0.8	0.3 - 1.25
4	Laut Flores	2 - 5	0.3 - 0.8	0.5 - 1.25

- Tidak ada limbah atau polusi
 - Sumber energi yang dapat diperbaharui.
- [5]

Berdasarkan survei yang dilakukan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dan Pemerintah Norwegia sejak tahun 1987, didapat jika banyak daerah-daerah pantai Indonesia yang berpotensi sebagai pembangkit listrik bertenaga ombak. Lokasinya tersebar di sepanjang Pantai Selatan Pulau Jawa, di atas Kepala Burung Irian Jaya, dan sebelah barat Pulau Sumatera yang sangat sesuai untuk menyuplai energi listrik.

Dari Undang – undang Nomor 30 Tahun 2007 BAB II Pasal 3 tentang energi penulis terdorong untuk mengambil Tugas Akhir dengan mengangkat judul “**Desain Konverter Gelombang Bentuk Segi Empat Sebagai Sumber Pembangkit Listrik di Perairan Laut Jawa**”.

Harapannya, hasil dari penelitian ini dapat menjadi pilihan alternatif atau referensi desain konverter untuk kondisi di perairan laut jawa. Penelitian ini secara khusus terfokus untuk menganalisa olah gerak dari konverter berbentuk segi empat yang diakibatkan perubahan muatan yang akan menghasilkan sarat, kemudian dilakukan analisa olah gerak.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang, maka

penelitian ini diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sebuah desain sebuah konverter gelombang bentuk segi empat sebagai sumber pembangkit listrik?
2. Bagaimana karakteristik gerakan yang dihasilkan sebuah konverter gelombang bentuk segi empat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendesain konverter gelombang bentuk segi empat sebagai sumber pembangkit listrik.
2. Mendapatkan karakteristik gerak yang dihasilkan oleh konverter gelombang bentuk segi empat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Laut Jawa

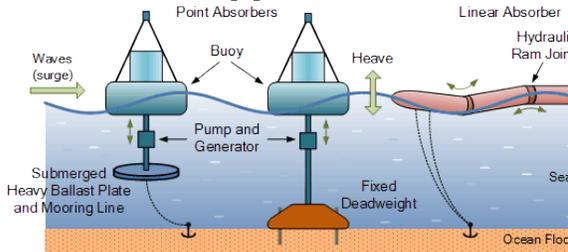
Laut Jawa adalah perairan dangkal dengan luas kira – kira 310.000 km² di antara Pulau Kalimantan, Jawa, Sumatera, dan Sulawesi di gugusan kepulauan Indonesia. Laut ini relatif muda, terbentuk pada zaman es terakhir (sekitar 12.000 tahun sebelum masehi) ketika dua system sungai bersatu. Di barat lautnya, Selat Karimata yang menghubungkan Laut China Selatan. Ketinggian signifikan gelombang laut rata – rata di daerah Laut Jawa berkisar antara 0,25 – 0,8 meter. Sedangkan tinggi maksimum rata – rata di Laut Jawa antara 0,3 – 1,25 meter.

2.2 Wave Energy Converter

Wave Energy Converter adalah alat yang memanfaatkan gelombang laut untuk menghasilkan arus listrik. Komponen utama WEC ini terdiri atas pelampung berkompartmenten dan batang magnet. Batang magnet berada di dalam pelampung. Prinsip kerja alat ini adalah sebagai berikut, pelampung yang terkena gelombang air laut maka akan bergerak naik turun (osilasi), dalam pelampung ini terdapat kumparan. Sedangkan batang magnet dibuat paten atau tidak bergerak dengan cara ditali atau di

tanam di dasar laut. Gerakan naik turun kumparan terhadap batang magnet inilah yang akan menghasilkan arus listrik.[1]

Dalam jurnal "A wave energy converter with an internal water tank" dikemukakan bahwa pemasangan tangki air internal yang dalam WEC di dapat mengambil listrik dari medan gelombang air yang datang dengan memadukan gerakan resonansi tangki dan WEC. Sebuah analisis lengkap telah dikembangkan berdasarkan teori gelombang air linier dan beberapa perhitungan terbuat dari berbagai koefisien hidrodinamik diperlukan untuk menghitung daya yang dapat diserap. Ada banyak parameter yang terlibat dan selanjutnya pekerjaan yang diperlukan untuk mengoptimalkan sistem dan meningkatkan prediksi kinerja. Salah satu perkembangan adalah mengubah bentuk tangki internal sehingga untuk menurunkan frekuensi alami bertepatan dengan frekuensi dominan dari gelombang yang terjadi. Ini bisa dilakukan misalnya dengan meningkatkan ukuran dari permukaan internal bebas sementara mempertahankan massa air internal. [3]

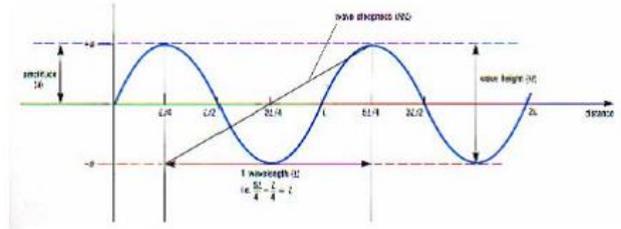


Gambar 2.1 Contoh wave energy converter tipe heaving device

2.3 Gelombang Air Laut

Gelombang laut merupakan suatu fenomena alam berupa penaikan dan penurunan air secara perlahan dan dapat dijumpai di seluruh dunia. Gelombang yang berada di laut sering nampak tidak teratur dan sering berubah-ubah. Hal ini bisa diamati dari permukaan airnya yang diakibatkan oleh arah perambatan gelombang yang sangat bervariasi serta bentuk gelombangnya yang tidak beraturan, apalagi jika gelombang tersebut dibawah pengaruh angin. [8]

Helmholts menerangkan prinsip dasar terjadinya gelombang laut sebagai berikut, "Jika ada dua massa benda yang berbeda kerapatannya (densitasnya) bergesekan satu sama lain, maka pada bidang gerakanya akan terbentuk gelombang". Sehingga dapat dikatakan bahwa gelombang air laut adalah gerakan naik turun air laut. Titik tertinggi pada gerakan naik disebut puncak gelombang sedangkan titik terendah pada gerakan menurun disebut lembah gelombang.[9]



Gambar 1. Gambar pergerakan air laut. [9]

Untuk menghitung daya ombak, diasumsikan gelombang linier, yang masuk pembangkit menggunakan persamaan :

$$P_w = \frac{1}{2T} w \rho g a^2 \quad (1)$$

- dengan :
- w = lebar ombak
 - ρ = berat jenis air (1030 kg/m³)
 - g = gravitasi bumi (9,81 m/s²)
 - a = amplitudo gelombang (H/2)
 - H = Tinggi gelombang
 - T = periode gelombang

Untuk menghitung cepat rambat gelombang dan panjang gelombang menggunakan persamaan :

$$C = \frac{gT}{2\pi} \quad (2)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (3)$$

Persamaan 2 merupakan persamaan cepat rambat gelombang dan Persamaan 3 merupakan persamaan panjang gelombang. [9]

2.4 Spektrum Gelombang

Spektrum gelombang laut diperlukan untuk mengetahui karakteristik gelombang di permukaan laut. Bentuk bentuk gelombang laut dapat digunakan menentukan periode puncak gelombang dan panjang gelombang dan panjang gelombang.

Spektrum gelombang yang sering digunakan antara lain spektrum Pierson Moskowitz, spektrum Generalized Pierson-Moskowitz (bretschneider atau spektrum modified pierson Moskowitz), spektrum JONSWAP (joint north sea wave project), spektrum ITTC dan spektrum Phillips [10].

Pada penelitian ini spektra gelombang yang digunakan adalah spektra gelombang ITTC dengan 2 parameter sesuai pada Persamaan 4.1. Tinggi variasi gelombang signifikan (H_s) yang digunakan adalah 0,8 m, 0,6 m, 0,4 m, dan 0,2 m dengan variasi Periode Rata-rata (T_{av})

$$S_{ITTC}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right) \quad (1)$$

Dimana:

ω = frekuensi gelombang (rad/det)

$$A = 172,75 \frac{H_s}{T_{ave}^4}$$

$$B = \frac{691}{T_{ave}^4}$$

Spektrum gelombang (S_ω) yang dihasilkan dari persamaan (1) sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan kapal dan sudut datang gelombang, maka frekuensi gelombang insiden (ω_w) akan berubah menjadi frekuensi gelombang papasan atau *encountering wave frequency* (ω_e). Gelombang papasan inilah yang digunakan untuk membuat spektrum gelombang papasan (S_e). Untuk menghitung frekuensi gelombang papasan dapat menggunakan persamaan (2)

$$\omega_e = \omega \left(1 - \frac{\omega V}{g} \cos \mu\right) \quad (2)$$

Dimana:

ω_e = frek. gelombang papasan (rad/det)

ω_w = frek. gelombang (rad/det)

V = kecepatan kapal (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Pada kondisi sebenarnya, struktur

terapung yang bergerak di laut akan mengalami eksitasi gelombang yang bersifat acak (random), sesuai dengan sifat alami dari gelombang laut. Dalam hal ini, suatu loncatan dalam pemecahan permasalahan gerak kapal di laut telah ditunjukkan oleh St. Denis dan Pierson pada awal tahun 50an. Peneliti tersebut mengungkapkan gerakan struktur terapung di atas gelombang acak dapat dihitung dengan mentransformasikan spektrum gelombang, $S(\omega)$, menjadi spektrum respons gerakan kapal, $S_R(\omega)$. Data yang akan digunakan adalah RAO dan spektra gelombang, sehingga dengan fungsi transfer berikut dapat dihitung spektra respons:

$$S_R(\omega) = RAO^2 \times S_j(\omega) \quad (3)$$

(3)

Jika spektra respons telah didapat, maka nilai-nilai statistik gerakan dapat dihitung dengan menerapkan formulasi matematis berikut.

$$m_0 = \int_0^\infty S_j(\omega) d\omega \quad (4)$$

Bila variabel m_0 didefinisikan sebagai luasan di bawah kurva spektra, maka tinggi (*double amplitude*) signifikan dapat dihitung sebagai

$$H_s = 4.0 \sqrt{m_0} \quad (5)$$

dan amplitudo signifikan adalah setengah dari tinggi signifikannya, atau

$$\zeta_s = 2.0 \sqrt{m_0} \quad (6)$$

Sedangkan tinggi rata-rata adalah

$$\bar{H} = 2.54 \sqrt{m_0} \quad (7)$$

Dan amplitudo rata-rata adalah

$$\bar{\zeta} = 1.27 \sqrt{m_0} \quad (8)$$

Disamping luasan di bawah spektra, dalam hal ini dapat juga didefinisikan momen spektra ke 2 dan ke 4, sebagai berikut:

$$m_0 = \int_0^\infty \omega^2 S(\omega) d\omega \quad (9)$$

$$m_4 = \int_0^\infty \omega^4 S(\omega) d\omega \quad (10)$$

Berdasar definisi ini, maka variabel stokastik kecepatan dan percepatan gelombang atau gerakan dapat dihitung, seperti dengan pemakaian untuk displasemen. Misalnya, amplitudo kecepatan rata-rata adalah:

$$\bar{\zeta} = 1.27 \sqrt{m_2} \quad (11)$$

$$\ddot{\zeta}_s = 2.0 \sqrt{m_4} \quad (12)$$

Setelah nilai-nilai stokastik dari spektra respons telah didapatkan, maka selanjutnya dikolerasikan terhadap kriteria operasi [6].

2.5 Response Amplitudo Operator (RAO)

Metode spectra merupakan cara untuk mengetahui suatu respon struktur akibat beban gelombang regular dalam tiap-tiap frekuensi. Response Amplitude Operator (RAO) atau sering disebut sebagai *Transfer Function* adalah fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur lambung. RAO dapat juga didefinisikan sebagai hubungan antara amplitudo respon terhadap amplitudo gelombang. Dapat dinyatakan dengan bentuk matematis yaitu ($\zeta_{\text{respon}} / \zeta_{\text{gelombang}}$).

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan kapal (Z_0) dengan amplitudo gelombang (ζ_0) (keduanya dalam satuan panjang) :

$$RAO = \frac{Z_0}{\zeta_0} \quad (\text{m/m}) \quad (2.20)$$

Sedangkan gerakan rotasi merupakan perbandingan amplitudo gerakan rotasi (dalam radian) dengan kemiringan gelombang yang merupakan perkalian angka gelombang, $k_w = \omega^2/g$ dengan amplitudo gelombang :

$$RAO = \frac{\theta_0}{k_w \zeta_0} = \frac{\theta_0}{(\omega^2/g)\zeta_0} \quad (\text{rad/ rad}) \quad (2.21)$$

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang regular yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat

menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon. [6]

Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spectrum gelombang (S_{ζ}) dengan RAO^2 :

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (2.22)$$

[10]

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penelitian

Salah satu media untuk penelitian adalah pendekatan software, maka prosedur yang harus dilakukan adalah mempersiapkan data-data teknis untuk kemudian dianalisa. Sebagai langkah awal, untuk pemodelan wave energy converter.

3.1.1 Materi Penelitian

Materi penelitian yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi data- data yang akan di proses dalam penelitian meliputi data primer yang diperlukan antara lain:

1. Data ukuran konverter gelombang

3.1.2 Studi literatur

Setelah melakukan pengumpulan data, penulis melakukan pengkajian melalui referensi literatur baik dari buku maupun publikasi di internet antara lain tentang:

1. Buku dan jurnal-jurnal tentang *Wave Energy Converter*
2. Pedoman *FreeCAD*, *FreeShip*, *Maxsurf* dan *Ansys Aqwa*

3.2 Permodelan

Tahap pendekatan permodelan merupakan pengolahan data, dimulai setelah semua data yang di butuhkan diperoleh, kemudian data tersebut dikumpulkan dan diolah agar dapat mempermudah dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Pengolahan data dimulai dengan tahapan sebagai berikut:

3.2.1 Pembuatan Model

Membuat model dengan memasukkan data-data dimensi ruang sesuai pembagian searah sumbu x, y, z menggunakan program *FreeCAD*

3.2.2 Proses Analisa Model

Proses analisis dari struktur ini menggunakan program bantu Maxsurf dan Ansys Aqwa yang kemudian dikomparasi hasil dari analisa tersebut.

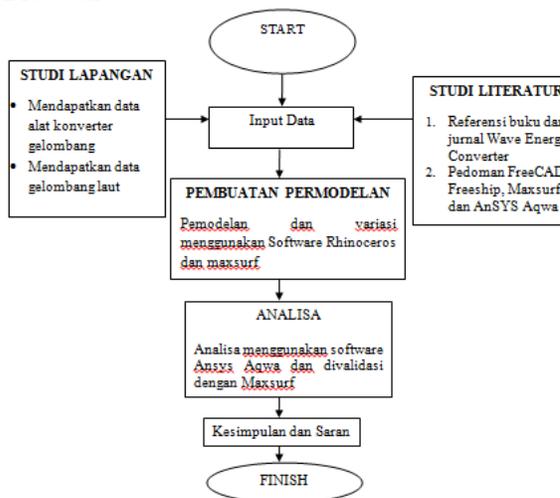
3.3 Analisa Dan Pembahasan

Merupakan bagian akhir untuk mencapai hasil penelitian, yaitu didapatkannya kesimpulan final tugas akhir sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dari semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis yang diperoleh dan telah dikelompokkan maka kemudian dilakukan proses analisa dan pembahasan yang meliputi karakteristik model. Proses analisa yang dilakukan tetap mengacu pada teori dan literatur (pustaka) yang ada.

3.4 Penarikan Kesimpulan

Dalam tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan dari seluruh tahapan di atas sesuai dengan tujuan awal yang ditetapkan pada penelitian serta saran mengenai pengembangan penelitian lanjutan.

3.5 Flowcart

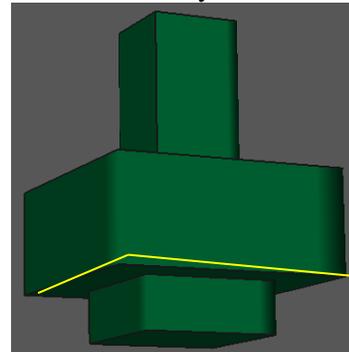


Gambar 4 Flow chart diagram

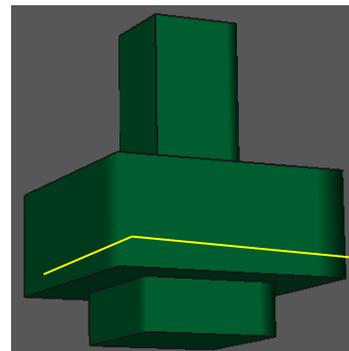
Secara umum proses modifikasi yang akan dilakukan adalah merubah muatan dari konverter berbentuk segi empat ini.

Modifikasi yang dilakukan pada konverter berbentuk segi empat dengan mempertahankan variabel tetap

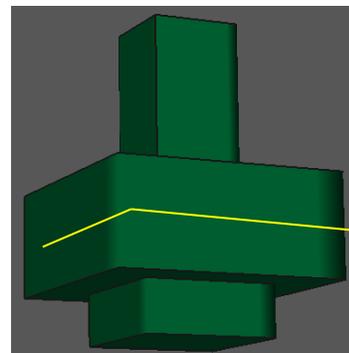
Untuk variabel yaitu dimensi dari konverter itu sendiri, yang akan diubah yaitu muatan dari konverter tersebut yang akan menghasilkan sarat (T) yang berbeda. Dari variasi tersebut akan didapatkan bentuk konverter beserta saratnya.



Gambar 5. Model 1 muatan kosong



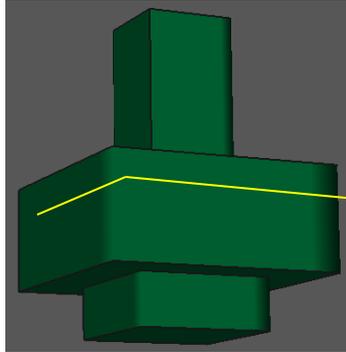
Gambar 6. Model 2 muatan 10 kg



Gambar 7. Model 3 muatan 20 kg

IV. ANALISA

4.1 Pengolahan Data



Gambar 8. Model 4 muatan 30 kg

4.2 Evaluasi Karakteristik Olah Gerak

Pada penelitian ini, evaluasi olah gerak dilakukan untuk mendapatkan perilaku gerakan dari konverter yang divariasi. Perbandingan antara kinerja konverter dengan variasi muatan dilakukan untuk mengetahui keunggulan dan kekurangan perilaku olah gerak satu sama lain. Hal ini diperlukan dalam memberikan rekomendasi konverter dengan muatan berapa yang lebih baik.

Analisa respon gerak konverter dilakukan pada gerak heaving serta 4 variasi muatan dengan sudut heading 90^0 yang menghasilkan sarat yaitu.

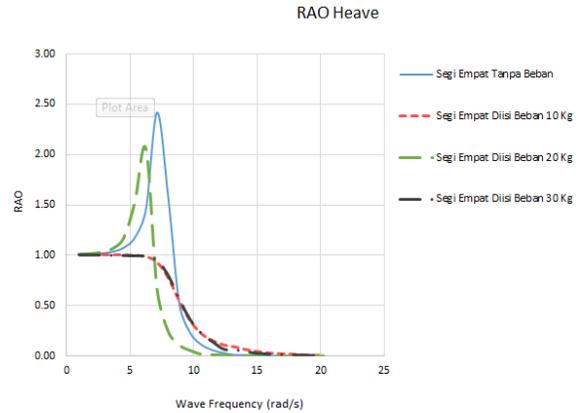
1. Muatan kosong dengan sarat 10 cm
2. Muatan 10 kg dengan sarat 12,64 cm
3. Muatan 20 kg dengan sarat 17,46 cm
4. Muatan 30 kg dengan sarat 22,27 cm.

4.3 Perhitungan

Analisis olah gerak dihitung dengan menggunakan bantuan *Ansys Aqwa* yang menggunakan *Hydrodynamic Diffraction* dan menggunakan *Maxsurf Seakeeper*. Hasil analisa olah gerak kapal dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

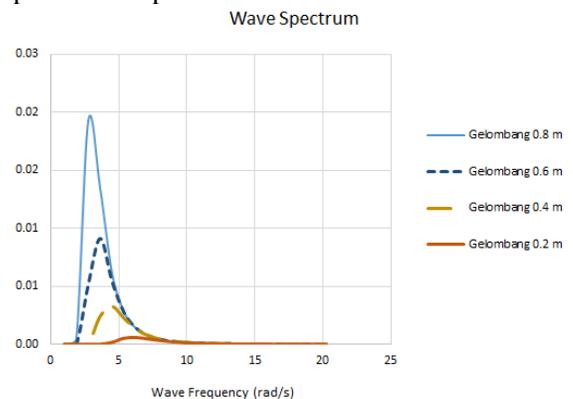
1. RAO (*Response Amplitude Operator*) dari heave
2. *Wave spectrum*
3. *Vertical acceleration*

Hasil analisa olah gerak ini berupa *Response Amplitude Operator* untuk heave

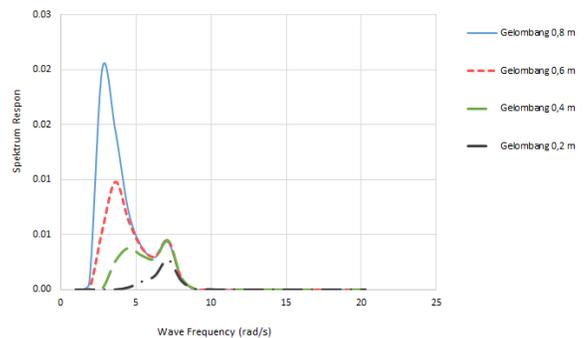


Gambar 9. RAO (*Response Amplitude Operator*) heave

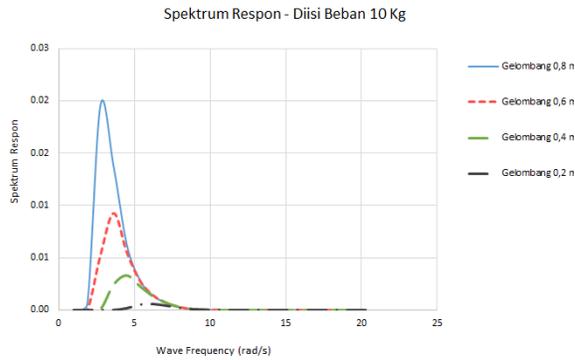
Dari hasil analisa perhitungan wave spektra RAO heave menggunakan *Ansys Aqwa* dan *Maxsurf Seakeeper* diperoleh spektrum respon. Berikut grafik wave spectrum dan spektrum respon.



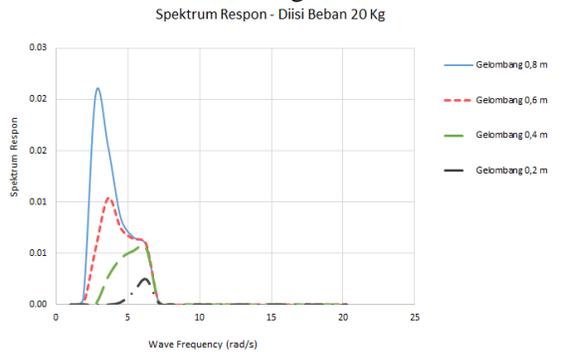
Gambar 10. Wave Spectrum
Spektrum Respon - Tanpa Beban



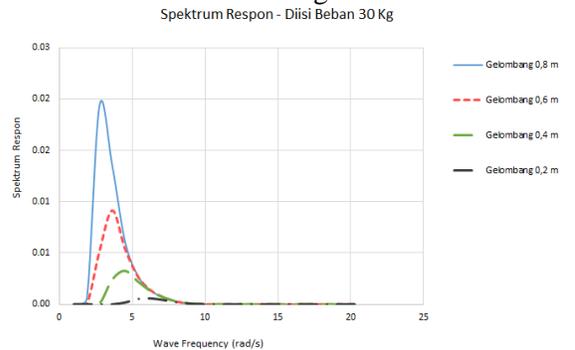
Gambar 11. Grafik spektrum respon muatan kosong



Gambar 12. Grafik spektrum respon muatan 10 kg



Gambar 13. Grafik spektrum respon muatan 20 kg



Gambar 14. Grafik spektrum respon muatan 30 kg

Luasan dibawah kurva spektrum respons tiap gerakan atau disebut m_0 perlu didapatkan untuk nantinya digunakan untuk mencari nilai statistik tiap gerakan. Selanjutnya yaitu nilai amplitudo signifikan dan amplitudo rata-rata bisa didapat. Nilai amplitudo respons gerakan rata-rata di tiap gerakan inilah yang dikorelasikan dengan kriteria operasi, untuk didapatkan operabilitas di tiap periode dan tinggi gelombang signifikan.

Tabel 2. Nilai *amplitudo* gerakan heave

90°	Amplitudo (m)			
	Sr (ω) * SM			
	0,8m	0,6m	0,4m	0,2m
Muatan Kosong	0.213	0.174	0.129	0.074
Muatan 10 kg	0.192	0.149	0.096	0.042
Muatan 20 kg	0.201	0.159	0.108	0.050
Muatan 30 kg	0.215	0.175	0.125	0.057

Tabel 3. Nilai *velocity* gerakan heave

90°	Velocity (m/s)			
	ω ² * Sr (ω) * SM			
	0,8m	0,6m	0,4m	0,2m
Muatan Kosong	0.947	0.872	0.755	0.505
Muatan 10 kg	0.744	0.643	0.492	0.270
Muatan 20 kg	0.808	0.713	0.566	0.318
Muatan 30 kg	0.893	0.801	0.648	0.338

Tabel 4. Nilai *acceleration* gerakan heave

90°	Acceleration (m/s ²)			
	ω ⁴ * Sr (ω) * SM			
	0,8m	0,6m	0,4m	0,2m
Muatan Kosong	5.274	5.180	4.883	3.553
Muatan 10 kg	3.489	3.277	2.858	1.867
Muatan 20 kg	3.902	3.706	3.280	2.093
Muatan 30 kg	4.292	4.087	3.581	2.042

Tabel 5. Nilai Frekuensi (Hz)

Muatan	Frekuensi (Hz)			
	0,8m	0,6m	0,4m	0,2m
Muatan Kosong	0.376	0.388	0.405	0.422
Muatan 10 kg	0.345	0.360	0.384	0.419
Muatan 20 kg	0.350	0.363	0.383	0.408
Muatan 30 kg	0.349	0.360	0.374	0.391

Dari tabel diatas dapat diperoleh nilai amplitudo rata – rata dan nilai *amplitudo* signifikan. Nilai yang menunjukkan *amplitudo* yang dialami oleh konverter adalah *amplitudo* rata – rata .

Tabel 6. Nilai *amplitudo* muatan kosong

Muatan Kosong				
H	T	Mo	Amplitudo Signifikan	Amplitudo Rata-rata
0.80	1.68	0.213	0.923	0.586
0.60	1.43	0.174	0.835	0.530
0.40	1.14	0.129	0.717	0.455
0.20	0.81	0.074	0.543	0.345

Tabel 7. Nilai *amplitudo* muatan 10 kg

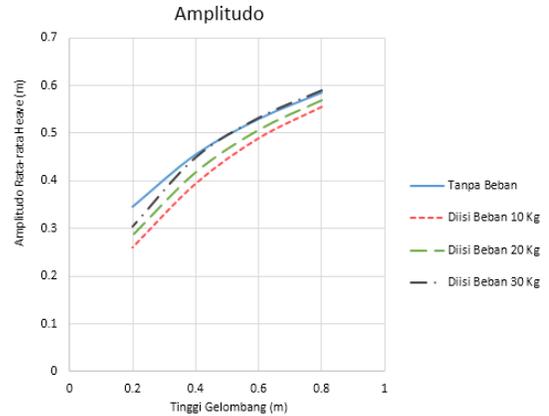
Muatan 10 kg				
H	T	Mo	Amplitudo Signifikan	Amplitudo Rata-rata
0.80	1.68	0.192	0.875	0.556
0.60	1.43	0.149	0.771	0.490
0.40	1.14	0.096	0.620	0.394
0.20	0.81	0.042	0.409	0.259

Tabel 8. Nilai *amplitudo* muatan 20 kg

Muatan 20 kg				
H	T	Mo	Amplitudo Signifikan	Amplitudo Rata-rata
0.80	1.68	0.217	0.896	0.569
0.60	1.43	0.176	0.797	0.506
0.40	1.14	0.125	0.657	0.417
0.20	0.81	0.057	0.448	0.285

Tabel 9. Nilai *amplitudo* muatan 30 kg

Muatan 30 kg				
H	T	Mo	Amplitudo Signifikan	Amplitudo Rata-rata
0.80	1.68	0.191	0.928	0.589
0.60	1.43	0.148	0.837	0.532
0.40	1.14	0.096	0.706	0.449
0.20	0.81	0.042	0.478	0.304



Gambar 15. Grafik *amplitudo* rata-rata

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah mendapat desain sebuah konverter gelombang dan nilai *heaving* dari konverter gelombang dengan variasi beban.

1. Pada penelitian yang dilakukan mendapatkan desain konverter gelombang bentuk segi empat dengan dimensi. Panjang sisi bawah adalah 26 cm. Tinggi segi empat bawah adalah 10 cm. Untuk panjang sisi tengah adalah 45 cm. Tinggi segi empat di bagian tengah adalah 20 cm. Untuk panjang sisi atas adalah 17 cm. Sedangkan untuk tinggi segi empat bagian atas adalah 30 cm.
2. Dari hasil penelitian konverter gelombang bentuk segi empat ini menghasilkan karakteristik sebagai berikut:

- ❖ Nilai *amplitudo* terbesar adalah konverter dengan variasi beban 30kg pada gelombang 0,8 m dengan nilai amplitudo 0,589 m.
- ❖ Nilai *velocity heaving* terbesar adalah konverter tanpa beban pada gelombang 0,8 m dengan nilai kecepatan 0,947 m/s.
- ❖ Nilai *acceleration heaving* terbesar adalah konverter tanpa beban pada gelombang 0,8 m dengan nilai percepatan 5,273 m/s².

- ❖ Nilai frekuensi *heaving* terbesar adalah konverter tanpa beban pada gelombang 0,2 m dengan nilai frekuensi 0,422 Hz.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada kajian tugas akhir ini untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Melakukan analisis kekuatan struktur untuk mengetahui apakah modifikasi variasi muatan ini mampu bekerja maksimal pada model konverter bentuk segi empat.
2. Adanya pembelajaran lebih lanjut untuk masalah kelistrikan pada konverter segi empat. Sehingga konverter benar – benar dapat dimanfaatkan.
3. Adanya sarana dan prasarana yang menunjang untuk melakukan penelitian ini, agar data yang dihasilkan lebih baik.

- [7] Li, Yong dan Mian Lin, 2012. ,” *Regular and Irregular Wave Impacts on Floating Body*”, Elsevier, New York, USA.
- [8] Loupatty, Grace. 2013. *Karakteristik Energi Gelombang dan Arus Perairan di Provinsi Maluku*. Staf Jurusan Fisika FMIPA UNPATTI. Maluku.
- [9] Waldopo, 2008,Modul Pembelajaran” *Perairan Darat dan Laut*”, Jakarta.
- [10] Zarma, Nanang. 2014. Tugas Akhir. *Studi Karakteristik Seakeeping Kapal Ikan Tradisional dan Modern*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Babarit, A., 2015, ”A *Database of Capture Width Ratio of Wave Energy Converters*”, Elsevier, Neew York, USA.
- [2] Cochet, C. Dan Ronald Yeung, 2012 “*Two Component Axisymmetric Wave Energy Absorber*” Kopenhagen, Denmark.
- [3] Evans, D.J. and J.N. Newman, 2011, “A *Wave Energy Converter with an Internal Water Tank*”, 26th IWWWFB, Athena, Yunani.
- [4] Farley, F.J.M., 2011, ” *Capture Width for Arrays of Wave Energy Converters*”, Southampton, Inggris.
- [5] Istikomah, 2005, “*Wave Energy Conversion and Experimental Work Using Wells Turbine*”, Skripsi Tidak Diterbitkan. Surabaya : Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS, Surabaya.
- [6] Iqbal, Muhammad dan Rindo, Good. 2015. *Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran untuk Meningkatkan Kualitas Seakeeping*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.