

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

Rais Yudanto¹, Eko Sasmito Hadi¹, Kiryanto¹

¹⁾ Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: rais.yudanto@gmail.com

Abstrak

Indonesia sebagai negara maritim, dimana 2/3 bagian wilayah berupa perairan, memiliki potensi yang amat besar untuk memanfaatkan wilayah perairannya sebagai sumber energi untuk memenuhi kebutuhan masyarakatnya. *Wave Energy Converter* adalah alat yang memanfaatkan gelombang laut untuk menghasilkan arus listrik. *Wave Energy Converter* yang didesain pada penelitian ini adalah tipe *heaving device* yang menggunakan prinsip gerak osilasi (naik – turun) gelombang untuk menghasilkan energi. Dalam penelitian ini, dilakukan sebuah studi desain konverter gelombang berbentuk tabung dengan prinsip *heaving device* untuk dimanfaatkan di perairan Laut Jawa. Suatu model tabung 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 frekuensi *heaving* terbesar terdapat pada konverter tabung tanpa beban yang beroperasi pada gelombang 0,2 m dengan nilai frekuensi 0,421 Hz dan yang memiliki nilai amplitudo terbesar adalah konverter tabung yang diisi dengan beban 30 kg yang beroperasi pada gelombang 0,8 m dengan amplitudo 0,593 m.

Kata kunci: *Wave Energy Converter, Heaving Device, Amplitudo, Frekuensi*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin bertambah manusia semakin banyak pula kebutuhan energi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Tetapi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak yang semakin lama berkurang menjadikan suatu masalah yang timbul selanjutnya. Perlu adanya suatu energi alternatif untuk mengatasi ketergantungan tersebut.

Sebagai negara maritim terbesar kedua di dunia, Indonesia memiliki potensi untuk menggunakan wilayah laut yang meliputi 2/3 dari total wilayah Indonesia. Dengan luasnya wilayah lautan di Indonesia potensi gelombang laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Akan tetapi pemanfaatan energi gelombang laut belum dilakukan. Padahal berbagai negara di Eropa yang memiliki wilayah laut yang cukup besar telah mulai memanfaatkan energi dari laut ini dengan berbagai macam pembangkit listrik tenaga gelombang sesuai riset di negara mereka masing-masing. Dan di Indonesia, dibandingkan dengan energi matahari dan

angin, energi gelombang ini memberikan ketersediaan mencapai 90% dengan kawasan yang potensial tidak terbatas,

Adapun keuntungan dari memanfaatkan energi yang berasal dari laut :

- Ramah lingkungan
- Tersedia di seluruh lautan Indonesia
- Energi gelombang tidak mengenal waktu siang dan malam
- Tidak ada limbah atau polusi

Sebagaimana yang termaktub dalam Undang-undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, mengamanatkan bahwa dalam rangka mendukung pembangunan nasional secara berkelanjutan dan meningkatkan ketahanan energi nasional, maka pengelolaan energi ditujukan untuk tercapainya kemandirian pengelolaan energi, terjaminnya ketersediaan energi dalam negeri, terjaminnya pengelolaan sumber daya energi secara optimal, terpadu, dan berkelanjutan, tercapainya peningkatan akses masyarakat, tercapainya pengembangan kemampuan industri energi dan jasa energi dalam negeri, meningkatnya profesionalisme Sumber Daya Manusia, terciptanya lapangan kerja, dan terjaganya kelestarian fungsi

lingkungan hidup. Semangat untuk mewujudkan pemanfaatan energi gelombang inilah yang mendorong penulis untuk mengambil Tugas Akhir dengan mengangkat judul “**Desain Konverter Gelombang Bentuk Tabung Sebagai Sumber Pembangkit Listrik di Perairan Laut**).

1.2. Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

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

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan

1. Pembuatan model konverter menggunakan *software Rhinoceros*.
2. Karakteristik gerak yang ditinjau hanya *heaving* atau gerak transversal.
3. Dilakukan pengujian *towing tank*.
4. Menggunakan kondisi lingkungan perairan Laut Jawa - Indonesia.
5. Tidak menganalisa daya output elektrik.

1.4. Tujuan Penelitian

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

1. Mendapatkan desain konverter gelombang bentuk tabung sebagai sumber pembangkit listrik.
2. Mendapatkan karakteristik gerak yang dihasilkan oleh konverter gelombang bentuk tabung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konverter Gelombang Laut (*Wave Energy Converter*)

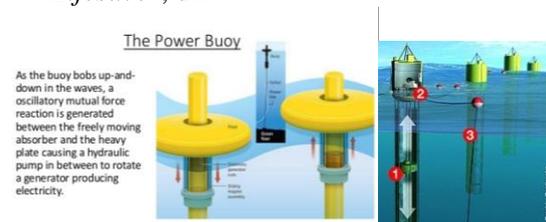
Wave Energy Converter adalah alat yang digunakan untuk mengubah bentuk gaya gelombang laut, dari gaya yang berbentuk sinusoidal menjadi gaya yang berbentuk transversal, dimana gaya ini nantinya akan digunakan dalam pembangkitan energi listrik.

Pembangkitan listrik dengan *wave energy converter* ini dapat dilakukan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Ada berbagai macam model dari konverter gelombang laut berdasar perbedaan cara pengubahan energi gelombang yang berlaku pada tiap konverter, yaitu :

a. *Heaving Device*

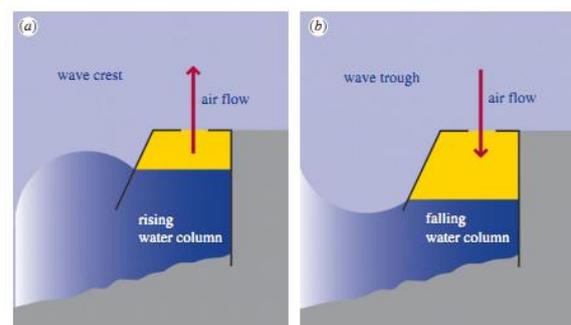
Konverter gelombang dengan tipe *heaving device* ini memiliki bentuk dasar pelampung, yang memanfaatkan naik turunnya konverter bersamaan dengan naik turunnya gelombang laut untuk pembangkitan energi listrik. Telah ada berbagai model konverter gelombang model *heaving device* di dunia, contohnya *Bolgapumpen, Point Absorber, AquaBUOY, Lifesaver*, dll



Gambar 1. Contoh Konverter Tipe *Heaving Device*

b. *Oscillating Water Column*

Konverter gelombang dengan tipe *oscillating water column* ini memiliki prinsip yang memanfaatkan naik turunnya (*oscillating*) gelombang laut di kolom yang berada di dalam konverter untuk pembangkitan energi listrik. Berbagai model OWC yang telah ada adalah *Pico Plant, NEL WEC, Floating OWC, Voith Hydro Wavegen*, dll



Gambar 2. Prinsip Kerja OWC

c. *Canal Type*

Konverter gelombang dengan tipe kanal ini memiliki prinsip yang mengumpulkan air laut agar terpusat pada salah satu bagian

konverter untuk pembangkitan energi listrik. Berbagai model konverter tipe kanal yang telah ada adalah *Wavedragon*, *Sea Slot Cone Generator*, dll



Sea Slot-Cone Generator (SSG)

Gambar 3. Contoh Konverter Tipe Kanal

Analisa dari salah satu studi yang dimuat dalam jurnal Elsevier mengindikasikan bahwa kategori WEC yang memiliki efisiensi paling sedikit dalam hal penyerapan energi gelombang untuk menjadi energi lain, adalah WEC tipe kanal, dan kemudian WEC tipe heaving device dan OWC memiliki efisiensi menengah.

2.2. Gelombang Mekanik

Gelombang adalah suatu getaran yang merambat, dalam perambatannya gelombang membawa energi. Sedangkan getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Pada gelombang, materi yang merambat memerlukan medium, tetapi medium tidak ikut berpindah. Salah satu contoh dari praktek gelombang adalah gelombang mekanik,

Gelombang mekanik merupakan gelombang yang membutuhkan medium untuk berpindah tempat. Ada dua macam gelombang mekanik, yaitu :

a. Gelombang Transversal

Suatu gelombang dapat dikelompokkan menjadi gelombang transversal jika partikel-partikel mediumnya bergetar ke atas dan ke bawah dalam arah tegak lurus terhadap gerak gelombang.

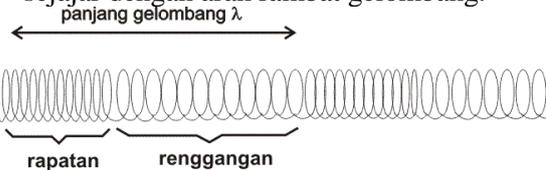


Gambar 4. Gelombang Transversal

Titik tertinggi gelombang disebut dengan puncak gelombang, sedangkan titik terendah gelombang disebut dengan lembah gelombang. Amplitudo merupakan ketinggian maksimum puncak atau kedalaman maksimum lembah, diukur dari posisi setimbang. Amplitudo juga bisa disebut dengan simpangan terbesar gelombang. Jarak dari dua titik yang sama dan berurutan pada gelombang disebut panjang gelombang (*disebut lambda - huruf Yunani*). Panjang gelombang juga bisa dianggap sebagai jarak dari puncak gelombang ke puncak gelombang yang lainnya atau jarak dari lembah ke lembah lainnya.

b. Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getaran mediumnya sejajar dengan arah rambat gelombang.



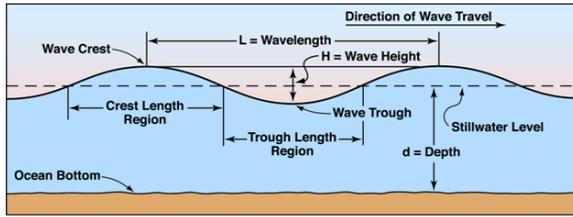
Gambar 5. Gelombang Longitudinal

Pada gambar di atas tampak bahwa arah getaran sejajar dengan arah rambatan gelombang.

Serangkaian rapatan dan regangan merambat sepanjang gelombang. Rapatan merupakan daerah di mana getaran saling mendekat, sedangkan regangan merupakan daerah di mana getaran saling menjauhi. Jika gelombang transversal memiliki pola berupa puncak dan lembah, maka gelombang longitudinal terdiri dari pola rapatan dan regangan. Panjang gelombang adalah jarak antara rapatan yang berurutan atau regangan yang berurutan. Yang dimaksudkan di sini adalah jarak dari dua titik yang sama dan berurutan pada rapatan atau regangan.

2.3. Gelombang Laut

Gelombang laut termasuk dalam gelombang mekanik yang berbentuk transversal. Gulungan gelombang laut dapat disaksikan karena gelombang menggunakan laut sebagai medium perambatan bagi gelombang.



Gambar 6. Gelombang Laut

Gelombang laut atau ombak dihasilkan dari angin yang berjalan melewati permukaan laut. Selama gelombang tersebut bergerak lebih pelan dari kecepatan angin yang berada di atas gelombang, maka akan ada transfer energi dari angin menuju kepada ombak. 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.

2.4. Spektrum Gelombang

Pada penelitian ini spektra gelombang yang digunakan adalah spektra gelombang *ITTC* dengan 2 parameter sesuai pada Persamaan 4, sesuai dengan kriteria Bhattacharaya. 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})

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

Dimana:

ω = frekuensi gelombang (rad/det)

$$A = 172,75 \frac{H_s^2}{T_{ave}^4}$$

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

Spektrum gelombang (S_ω) yang dihasilkan dari persamaan (4) 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 (5)

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

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 masalah gerak kapal di laut telah ditunjukkan oleh St. Denis dan Pierson pada awal tahun 1950-an. Peneliti tersebut mengungkapkan gerakan struktur terapung di atas gelombang acak dapat dihitung dengan mengubah spectrum gelombang, $S(\omega)$, menjadi spektrum respons gerakan kapal, $S_R(\omega)$. Data yang akan digunakan adalah RAO dan spektra gelombang, sehingga dengan fungsi berikut dapat dihitung spektra respons :

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

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

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

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

$$H_s = 4.0 \sqrt{m_0}$$

dan amplitudo signifikan adalah setengah dari tinggi signifikannya, atau

$$\zeta_s = 2.0 \sqrt{m_0}$$

Sedangkan tinggi rata-rata adalah

$$\bar{H} = 2.54 \sqrt{m_0}$$

Dan amplitudo rata-rata adalah

$$\bar{\zeta} = 1.27 \sqrt{m_0}$$

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

$$m_0 = \int_0^{\infty} \omega^2 S(\omega) d\omega$$

$$m_4 = \int_0^{\infty} \omega^4 S(\omega) d\omega$$

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

$$\bar{\zeta} = 1.27 \sqrt{m_2}$$

$$\ddot{\zeta}_s = 2.0 \sqrt{m_4}$$

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

2.5. Response Amplitudo Operator

RAO atau *Response Amplitudo Operator* merupakan respon gerakan kapal terhadap gelombang regular. Juga dapat dinyatakan bahwa RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu.

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

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

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 :

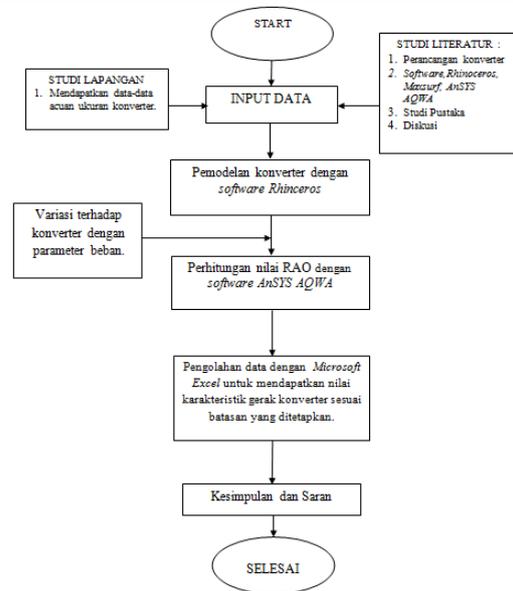
$$RAO = \frac{\theta_0}{k_w \zeta_0} = \frac{\theta_0}{(\omega^2/g)\zeta_0} (\text{rad/rad})$$

Padahal relitanya, 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. Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spectrum gelombang (S_ζ) dengan RAO^2 :

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

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dipakai untuk penyelesaian tugas akhir ini secara lengkap dapat dilihat pada gambar dibawah dengan tahapan-tahapan seperti berikut :



Gambar 7. Flow Chart metodologi penelitian

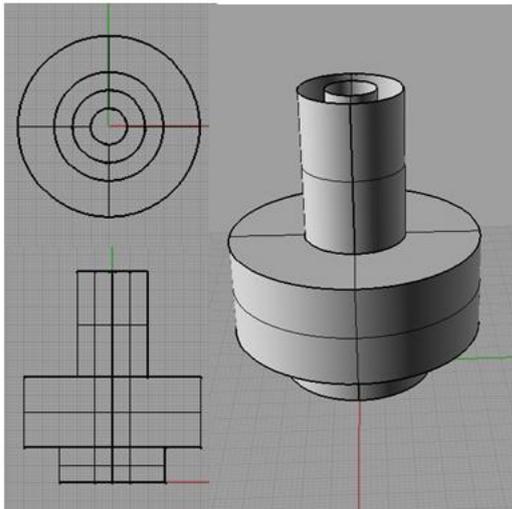
4. PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1. Permodelan 3 Dimensi

Berikut data ukuran utama konverter gelombang berbentuk tabung :

Diameter Bawah	: 30	cm
Tinggi Tabung Bawah	: 10	cm
Diameter Tengah	: 50	cm
Tinggi TabungTengah	: 20	cm
Diameter Atas	: 20	cm
Tinggi TabungAtas	: 30	cm
Diameter Tabung Dalam:	10	cm

Dari data tersebut, akan dibuat variasi pemodelan konverter gelombang berbentuk tabung dengan bantuan software *Rhinoceros 4.0* dengan variabel beban.



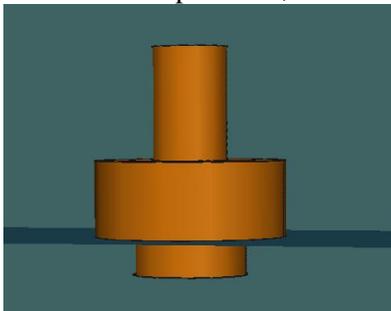
Gambar 8. Pemodelan 3D Konverter Gelombang Tabung.

4.2 Variasi Model dalam Penelitian

Dari model awal konverter berbentuk tabung, diberikan variasi dengan variabel beban pada konverter untuk mendapatkan nilai karakteristik gerak yang optimal dari konverter.

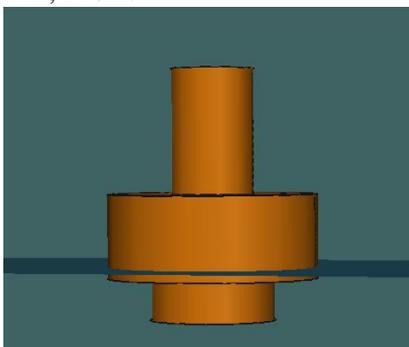
Variasi beban yang dilakukan terhadap konverter adalah sebagai berikut :

4.2.1 Konverter tanpa beban, sarat 10 cm.



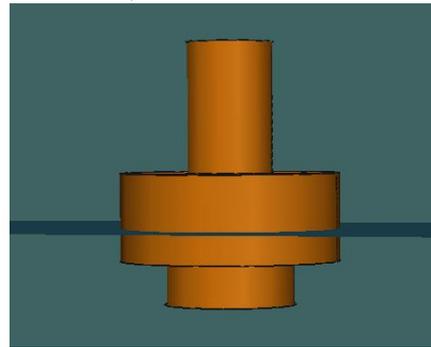
Gambar 9. Konverter Tanpa Diberi Beban Dengan Sarat 10 cm.

4.2.2 Konverter dengan beban 10 kg, sarat 12,44 cm.



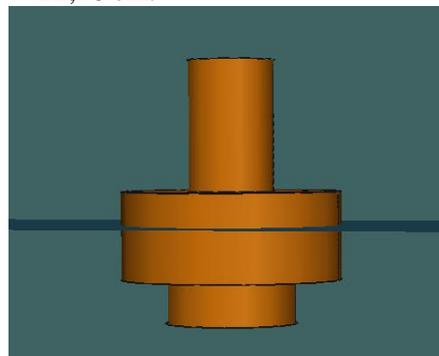
Gambar 10. Konverter Dengan Beban 10 Kg Sarat 12,44 cm.

4.2.3 Konverter dengan beban 20 kg sarat 17,48 cm.



Gambar 11. Konverter Dengan Beban 20 Kg Sarat 17,48 cm.

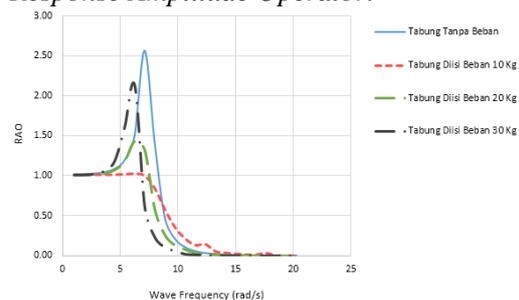
4.2.4 Konverter dengan beban 30 kg, sarat 22,46 cm.



Gambar 12. Konverter Dengan Beban 30 Kg Sarat 22,46 cm.

4.3 Analisa

Hasil awal dari analisa karakteristik gerak melalui *software* AnSYS AQWA ini berupa *Response Amplitude Operator*.



Gambar 13. Grafik RAO *heaving*

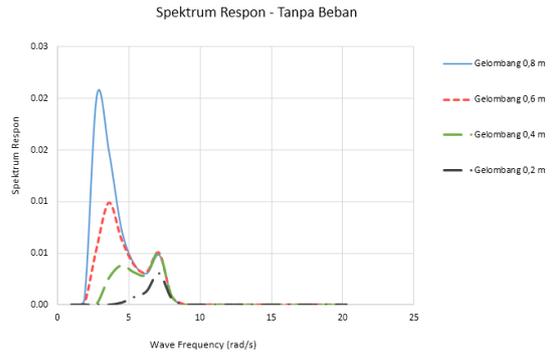
Persebaran periode puncak spektra gelombang laut di Perairan Laut Utara Jawa mempunyai rentang antara 0,81 detik hingga 1,68 detik dan rentang H_s antara 0,2 m hingga 0,8 m. Di setiap periode puncaknya terdiri dari variasi tinggi gelombang signifikan (H_s) tertentu. Gambar 4.7 berikut menunjukkan spektrum energi gelombang Perairan Laut Utara Jawa pada setiap periode berdasarkan formula ITTC.

Tabel 1. Spektra Gelombang Sesuai ITTC

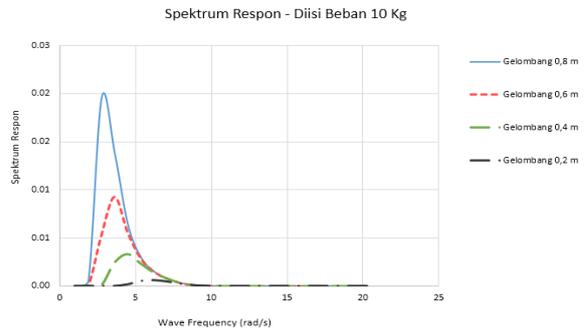
ω	Wave Spectrum ITTC			
	0,8m	0,6m	0,4m	0,2m
1	1.0547E-37	2.5E-72	3E-179	0
1.876	0.000505071	8.6E-07	2.2E-15	4E-57
2.752	0.01925846	0.00514	7.7E-05	7E-14
3.627	0.013474164	0.00912	0.00241	2E-06
4.503	0.006127797	0.00542	0.00327	2E-04
5.379	0.002808605	0.00274	0.00224	5E-04
6.255	0.00138515	0.00141	0.00132	6E-04
7.131	0.00073628	0.00077	0.00076	5E-04
8.006	0.000418005	0.00044	0.00046	3E-04
8.882	0.00025053	0.00027	0.00028	2E-04
9.758	0.000157228	0.00017	0.00018	2E-04
10.634	0.000102583	0.00011	0.00012	1E-04
11.51	6.91815E-05	7.4E-05	8E-05	7E-05
12.385	4.80218E-05	5.1E-05	5.6E-05	5E-05
13.261	3.41527E-05	3.7E-05	4E-05	4E-05
14.137	2.48198E-05	2.7E-05	2.9E-05	3E-05
15.013	1.83845E-05	2E-05	2.2E-05	2E-05
15.889	1.38503E-05	1.5E-05	1.6E-05	2E-05
16.764	1.05966E-05	1.1E-05	1.2E-05	1E-05
17.64	8.21584E-06	8.8E-06	9.7E-06	9E-06
18.516	6.4488E-06	6.9E-06	7.6E-06	7E-06
19.392	5.11866E-06	5.5E-06	6E-06	6E-06
20.268	4.10448E-06	4.4E-06	4.8E-06	5E-06

Tabel 2. Spektra Respon Konverter Tabung Tanpa Beban

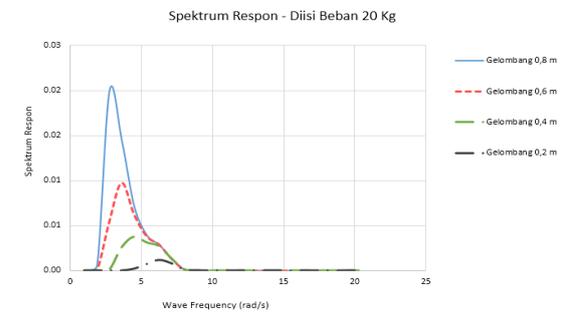
ω	Sr (ω)			
	0,8m	0,6m	0,4m	0,2m
1	1.09E-37	2.59E-72	3.20E-17	0
1.876	0.000524	8.96E-07	2.28E-15	4.23E-57
2.752	0.020258	0.005412	8.11E-05	7.71E-14
3.627	0.014639	0.009913	0.002622	2.62E-06
4.503	0.007186	0.006355	0.003832	0.000206
5.379	0.003966	0.003872	0.003166	0.000741
6.255	0.003084	0.003143	0.002937	0.001308
7.131	0.004843	0.005043	0.005032	0.003077
8.006	0.000829	0.000873	0.000902	0.000654
8.882	5.52E-05	5.86E-05	6.18E-05	4.94E-05
9.758	6.76E-06	7.20E-06	7.69E-06	6.53E-06
10.634	1.10E-06	1.18E-06	1.27E-06	1.12E-06
11.51	2.09E-07	2.23E-07	2.42E-07	2.19E-07
12.385	4.19E-08	4.49E-08	4.87E-08	4.49E-08
13.261	1.34E-08	1.43E-08	1.56E-08	1.46E-08
14.137	2.58E-09	2.77E-09	3.02E-09	2.84E-09
15.013	6.21E-10	6.66E-10	7.27E-10	6.88E-10
15.889	1.53E-10	1.64E-10	1.80E-10	1.71E-10
16.764	3.92E-11	4.21E-11	4.60E-11	4.39E-11
17.64	9.08E-12	9.74E-12	1.07E-11	1.02E-11
18.516	8.82E-13	9.47E-13	1.04E-12	9.95E-13
19.392	2.47E-12	2.65E-12	2.90E-12	2.79E-12
20.268	3.49E-13	3.75E-13	4.11E-13	3.95E-13



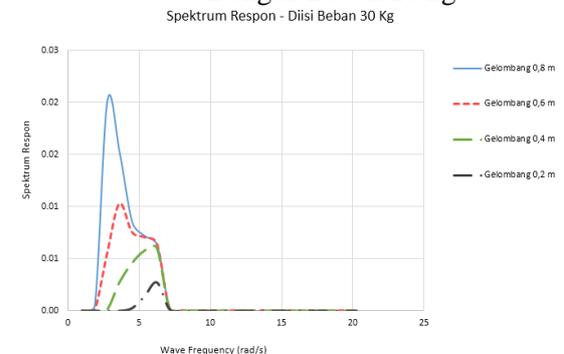
Gambar 15. Grafik Spektra Respon Gerakan Heaving Konverter Tabung Tanpa Beban



Gambar 16. Grafik Spektra Respon Gerakan Heaving Konverter Tabung Dengan Beban 10 kg



Gambar 17. Grafik Spektra Respon Gerakan Heaving Konverter Tabung Dengan Beban 20 kg



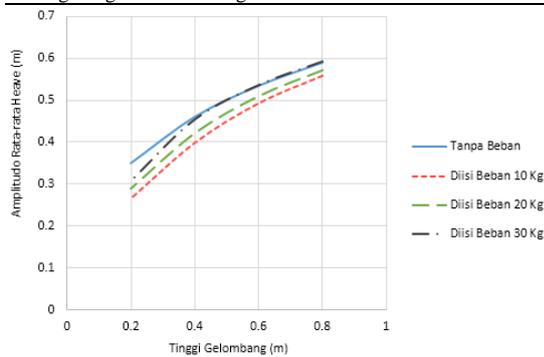
Gambar 18. Grafik Spektra Respon Gerakan Heaving Konverter Tabung Dengan Beban 30 kg

Selanjutnya, 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.

4.3.1 Nilai Amplitudo Heaving

Tabel 3. Nilai Amplitudo Tiap Variasi Konverter

	Amplitudo (m)			
	0,8 m	0,6 m	0,4 m	0,2 m
Tabung Tanpa Beban	0.589	0.534	0.46	0.35
Tabung Dengan Beban 10 Kg	0.557	0.492	0.397	0.264
Tabung Dengan Beban 20 Kg	0.571	0.51	0.422	0.29
Tabung Dengan Beban 30 Kg	0.593	0.537	0.455	0.309

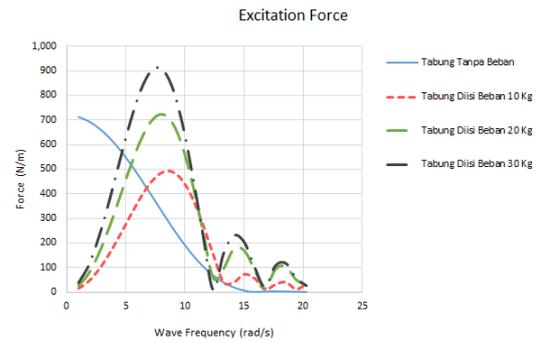


Gambar 19. Grafik Nilai Amplitudo Tiap Variasi Konverter

4.3.2 Gaya Eksitasi Heaving

Tabel 4. Nilai Gaya Eksitasi Tiap Variasi Konverter

ω	Force (N)	Force (N)	Force (N)	Force (N)
	Tanpa Beban	Beban 10 kg	Beban 20 kg	Beban 30 kg
1	712.75684	15.375347	26.55987	38.396885
1.876	694.75049	44.828171	77.115799	110.86462
2.752	666.01074	94.154778	160.85397	229.19907
3.627	627.03607	158.19106	267.55615	376.58597
4.503	578.85986	232.50476	387.91229	537.51935
5.379	523.14282	311.00397	509.60904	692.85339
6.255	461.65292	385.77631	617.46442	820.8197
7.131	397.06702	447.33673	694.46796	899.27881
8.006	331.25751	485.4248	723.93134	909.19885
8.882	266.90359	490.55295	692.88953	839.13586
9.758	206.5119	456.31586	596.38721	689.93878
10.634	152.2726	382.1572	441.67834	478.22537
11.51	105.85472	275.78525	250.56691	236.71754
12.385	68.23745	153.97552	57.829571	9.6892748
13.261	39.62944	40.337196	95.865768	157.11386
14.137	19.493752	40.709423	176.19283	230.49632
15.013	6.6813774	72.830826	169.21634	203.42242
15.889	0.3520974	56.255329	90.931503	101.78341
16.764	3.2889805	10.733096	14.756017	21.641926
17.64	3.7055411	31.350517	92.983513	107.49627
18.516	2.8865445	41.361305	104.94606	117.86546
19.392	1.7298651	12.555179	50.939968	57.593361
20.268	0.7442155	32.973545	27.50663	26.80208



Gambar 20. Grafik Nilai Gaya Eksitasi Heaving Tiap Variasi Konverter

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan penulis yaitu judul “Desain Konverter Gelombang Bentuk Tabung Sebagai Sumber Pembangkit Listrik di Perairan Laut Jawa”, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan desain konverter berbentuk tabung dengan ukuran diameter bawah 30 cm, tinggi tabung bawah 10 cm, diameter tengah : 50 cm, tinggi tabung tengah : 20 cm, diameter atas : 20 cm, tinggi tabung atas : 30 cm, diameter tabung dalam : 10 cm. Untuk detail gambar terlampir.
2. Dari penelitian ini diperoleh nilai amplitudo yang terbesar adalah konverter tabung yang diisi dengan beban 30 kg yang beroperasi pada gelombang 0,8 m dengan amplitudo 0,593 m, dan konverter yang memiliki nilai gaya eksitasi *heaving* terbesar adalah konverter tabung dengan beban 30 kg dengan nilai gaya 909,2 N. Yang menjadi parameter bagi konverter untuk mampu menghasilkan output daya terbesar adalah jarak atau amplitudo. Maka konverter yang paling optimal dalam pengubahan energi gelombang sebagai sumber pembangkit listrik adalah konverter tabung yang diisi dengan beban 30 kg yang beroperasi pada gelombang 0,8 m. Juga sesuai dengan grafik yang ditunjukkan oleh gambar 4.12, menunjukkan bahwa nilai amplitudo konverter yang ditunjukkan

pada gelombang pada tinggi 0,8 m lebih baik dari tinggi gelombang yang lainnya

5.2 Saran

Tugas akhir yang disusun penulis ini masih mempunyai keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lagi secara mendalam dengan kajian yang lebih lengkap.

Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (*future research*) antara lain :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut terkait desain konverter agar menghasilkan olah gerak yang lebih baik.
2. Perlu adanya studi lebih lanjut untuk teknis pembangunan listrik melalui konverter bentuk tabung yang beroperasi di perairan Indonesia, khususnya di Laut Jawa.
3. Adanya perbaikan dari sarana dan prasarana untuk penelitian-penelitian serupa yang menggunakan model secara fisik dan diuji dengan fasilitas kolam uji sangat diharapkan. Dengan harapan dapat menghasilkan data - data yang lebih riil sehingga kajian terhadap karakteristik gerak konverter maupun benda terapung lainnya dapat menyesuaikan dengan kondisi nyata di lapangan.

Daftar Pustaka

- [1] Babarit, A., 2015, "A Database of Capture Width Ratio of Wave Energy Converters", Elsevier, New 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 IWWF, 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] Li, Yong dan Mian Lin, 2012. , "Regular and Irregular Wave Impacts on Floating Body", Elsevier, New York, USA
- [7] Waldopo, 2008, Modul Pembelajaran "Perairan Darat dan Laut", Jakarta