

# Analisis Respon Gerak Platform Floating Tidal Energy Converter 1,5 MW untuk Selat Lombok

Odie Zainal Makhali<sup>1\*</sup>, Priyambodo Nur A. N.<sup>2</sup>, dan Tri Tiyasmihadi<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail : diezainer@gmail.com

## Abstrak

Melonjaknya permintaan energi dan terjadinya perubahan iklim menjadi isu serius di seluruh dunia, ini menjadi tantangan bagi sektor produksi energi untuk segera melakukan dekarbonisasi dengan memikirkan sumber-sumber alternatif guna menjaga keberlanjutan lingkungan sebagai sarana mitigasi perubahan iklim. Berdasarkan data dari (P3GL) Badan Litbang Kementerian ESDM tahun 2017 menyatakan bahwa kuadrat tahunan kecepatan pasang surut rata-rata di Selat Lombok adalah sekitar 1,8 m/s dengan kecepatan arus berkisar antara -2,2 m/s - 2,5 m/s, sehingga diperlukan turbin arus laut yang sesuai untuk mengekstraksi daya dari potensi yang besar ini. Dalam penelitian ini turbin yang digunakan adalah jenis *Vertical Axis Tidal Turbine Darrieus H-Rotor* dengan jenis lambung yang digunakan adalah *Cattamaran Hull*. Lambung dari *Floating Platform* memiliki ukuran L 80 m; B 5,7 m; T 4 m; H 5,5 m. Hasil *Respons Amplitude Operator* pada 6 *Degree of Freedom*, untuk nilai *Surge* tertinggi pada arah 0° dan 180°, *Sway* dan *Heave* pada arah 90°. Sedangkan untuk gerakan rotasional *Roll* pada arah 90°, *Pitch* pada arah 0° dan 180° dan *Yaw* pada arah 45° dan 135°.

**Keywords :** *Tidal, Floating Platform, Selat Lombok, Cattamaran, Respon Gerak*

## 1. PENDAHULUAN

Melonjaknya permintaan energi dan terjadinya perubahan iklim menjadi isu serius di seluruh dunia, ini menjadi tantangan bagi sektor produksi energi untuk segera melakukan dekarbonisasi dengan memikirkan sumber-sumber alternatif guna menjaga keberlanjutan lingkungan sebagai sarana mitigasi perubahan iklim. Melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Indonesia telah mencanangkan upaya diversifikasi energi dengan meningkatkan porsi energi terbarukan minimum sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada 2050. Hal ini untuk mengurangi porsi energi fosil sebagai komitmen untuk mendukung upaya pengendalian peningkatan suhu global. Untuk mencapai target tersebut pemerintah merencanakan optimalisasi energi laut sebesar 3,1 GW (RUEN, 2017). *Floating Tidal Energy Converter* merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk optimalisasi pemanfaatan arus laut tersebut. Berdasarkan data dari (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan Badan Litbang Kementerian ESDM tahun 2017) menyatakan bahwa kuadrat tahunan kecepatan pasang surut rata-rata di Selat Lombok adalah sekitar 1,9 m/s dengan kecepatan arus berkisar antara -2,2 m/s - 2,5 m/s, sehingga target untuk dilakukannya instalasi pembangkit listrik dari energi *tidal* terpasang masing-masing sebesar 3 MW untuk Nusa Penida Barat dan Timur (Selat Lombok). Dalam konteks ini, penelitian yang dilakukan berfokus pada analisis respon gerak *Floating Tidal Energy Converter* dengan kapasitas 1,5 MW untuk wilayah Selat Lombok. Yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi *mooring system* yang dapat digunakan untuk menunjang operabilitas *Floating Tidal Energy Converter* tersebut.

## 2. METODOLOGI

Sebagai bangunan apung, *Floating Tidal Energy Converter* mempunyai 6 mode gerakan bebas (*Six Degree of Freedom*) yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu 3 mode gerakan translasional (*Surge, Sway, Heave*) dan 3 mode gerakan rotasional (*Roll, Pitch, Yaw*) (Bhattacharyya, 1978). *Response Amplitude Operator* (RAO) atau disebut juga dengan *Transfer Function* merupakan fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur. RAO memuat informasi tentang karakteristik gerakan bangunan laut yang disajikan dalam bentuk grafik, dimana absisnya adalah parameter frekuensi, sedangkan ordinatnya adalah rasio antara amplitudo gerakan pada mode tertentu,  $\zeta_{k0}$ , dengan amplitudo gelombang,  $\zeta_0$ .

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi (*surge, sway, heave*) merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan dibanding dengan amplitudo gelombang insiden (keduanya dalam satuan panjang) (Djarmiko, 2012). Menurut Chakrabarti (1987), persamaan RAO dapat dicari dengan persamaan :

$$RAO(\omega) = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} \text{ (m/m)} \quad (1)$$

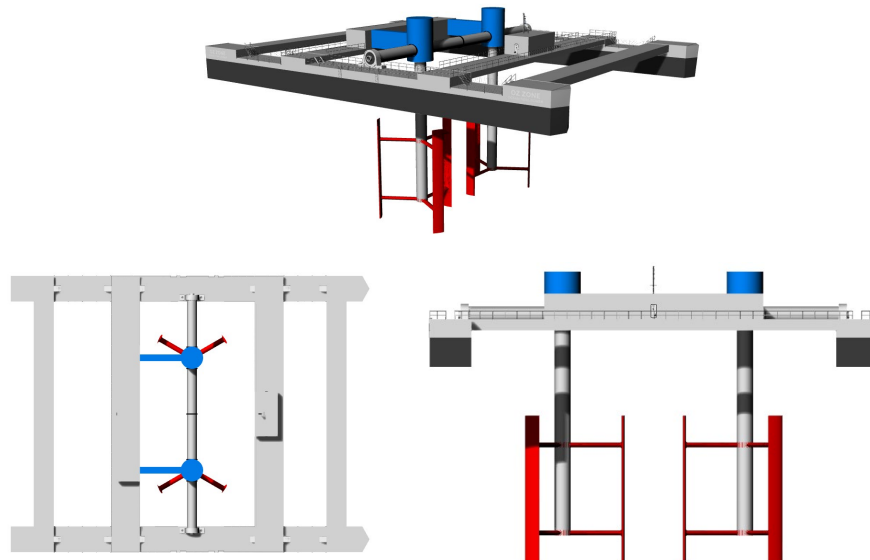
Sedangkan untuk respons gerakan RAO untuk gerakan rotasi (*roll, pitch, yaw*) merupakan perbandingan antara amplitudo gerakan rotasi (dalam radian) dengan kemiringan gelombang, yakni yang merupakan perkalian antara gelombang ( $k\omega = \omega^2/g$ ) dengan amplitudo gelombang insiden (Djarmiko, 2012). Sehingga persamaannya menjadi :

$$RAO(\omega) = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} = \frac{\zeta_{k0}}{(\omega^2/g)\zeta_0} \text{ (rad/rad)} \quad (2)$$

Dalam penelitian ini, digunakan model *floating platform* dengan spesifikasi sebagaimana terdapat pada Tabel 1. Lebih lanjut, bentuk visual dari model ini dapat dilihat melalui Gambar 1.

**Tabel 1.** Data Ukuran Utama Platform

Item	Ukuran	Satuan
Length (L)	80,0	m
Breadth (B)	5,7	m
Height (H)	5,5	m
Draught (T)	4,0	m
Demi Hull Separation (S)	50,0	m
Breadth Moulded (Bm)	61,4	m
Turbine Diameter (D)	16,6	m
Jumlah Turbin	2	buah
Twin Turbine Distance (1,5D)	25,0	m



**Gambar 1.** Model Floating Platform

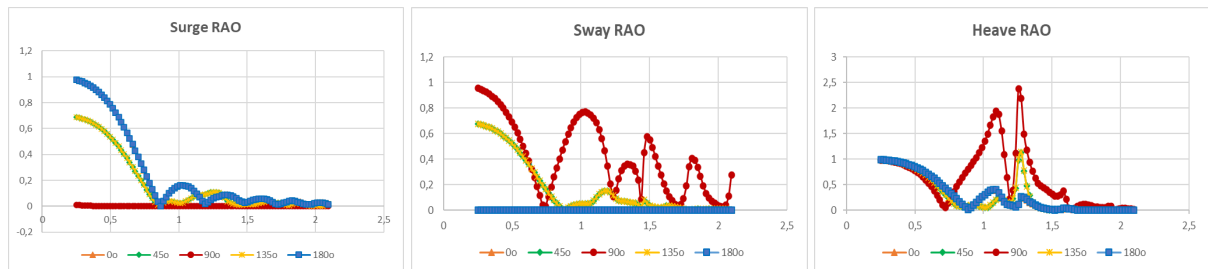
Untuk data gelombang yang digunakan merujuk pada data dari BMKG, dengan lokasi berada di perairan Selat Lombok pada koordinat 8°45'52.9" LS dan 115°38'4.7"BT. Spektrum gelombang yang digunakan dalam analisis ini mengacu pada spektrum gelombang JONSWAP karena karakteristik perairan Indonesia yang tertutup/kepulauan sehingga cocok dengan karakter spektrum JONSWAP (Djarmiko, 2012).

**Tabel 2.** Spektra JONSWAP

Jenis Spectra	Sea State	Wave Height (m)	Periode (s)
JONSWAP	Significant	2,5	10,291
	Maximum	6	18,191

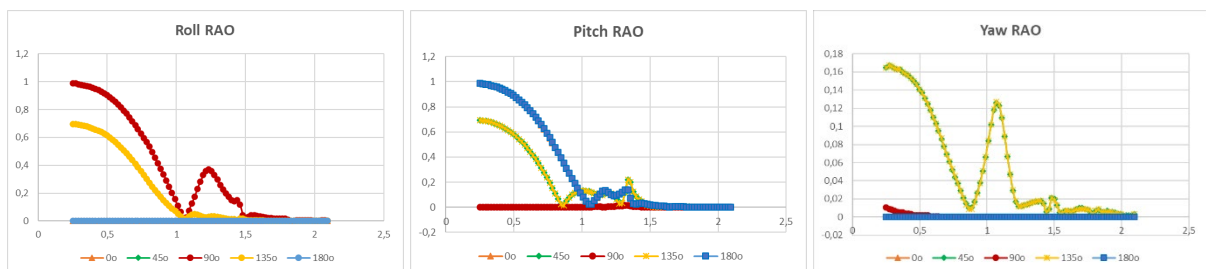
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pemodelan dan analisis dilakukan pada software MOSES. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan *Response Amplitude Operation* (RAO) dalam kondisi terapung bebas (*free floating*) pada gelombang reguler dengan input yang dibutuhkan berupa, sarat air, *heading degree*, *centre of gravity*, pembebanan, dan titik acuan RAO Motion. Arah datang gelombang ditinjau pada 5 kondisi yakni pada sudut 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°. Grafik fungsi transfer/RAO akan disajikan dengan absis (sumbu-x) berupa *wave frequency* (rad/s) dan sumbu-y berupa besar RAO (m/m), untuk gerakan translasional (Gambar 2) dan deg/m untuk gerakan rotasional (Gambar 3). Berikut ditampilkan hasil dari analisis RAO untuk tiap moda gerakan.



Gambar 2. RAO translasional

Dari grafik tersebut, diketahui bahwa karakteristik gerakan *surge* didominasi oleh gelombang haluan dan buritan (arah 0° dan 180°), sedangkan gelombang arah 90° tidak begitu berpengaruh untuk terjadinya gerakan *surge*. Hal ini berbanding terbalik dengan gerakan *Sway*, dimana gelombang arah 0° dan 180° tidak memberikan efek terhadap gerakan *sway*. Nilai *heave* cukup beragam, namun memiliki tren yang sama pada frekuensi 0,8-1,1 rad/s. Kemudian turun dan bertahap naik sampai mencapai puncak (resonansi) dan menurun lagi sampai 0. Hal ini disebabkan karena *hull* yang terkena gelombang berbentuk kolom-kolom yang tersusun secara simetris. Sehingga pengaruh dari arah gelombang manapun akan mengakibatkan gejala kemiripan yang tampak jelas.



Gambar 3. RAO rotasional

Gerakan *roll* sebagai salah satu pola gerakan rotasional bangunan apung memiliki karakteristik yang cukup mirip dengan gerakan *surge*. Namun, bedanya gerakan *roll* didominasi oleh gelombang sisi (arah 90°) kemudian gelombang perempat (arah 45° dan 135°). Untuk gerakan *pitch* didominasi oleh gelombang arah 0° dan 180°. Untuk RAO gerakan *yaw* memiliki kenaikan pada gelombang perempat haluan (arah 135°) dengan nilai RAO tertinggi sebesar 0,13 deg/m dan gelombang perempat buritan (arah 45°) dengan besar yang sama pula, dimana keduanya terjadi pada frekuensi 1.2 rad/s.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil RAO lambung *floating platform* pada kondisi *free floating*, maka dapat disimpulkan bahwa gerakan lambung *floating platform* mengalami peredaman pada selang beberapa saat setelah nilai respon mencapai titik paling tinggi. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan *mooring system* dan pemilihan rantai/tali tambat yang akan dipakai pada bangunan apung sehingga diharapkan dapat mengurangi gerakan yang diakibatkan oleh pembebanan. Untuk selanjutnya dapat dilakukan analisis berupa pemodelan *Mooring System* yang digunakan supaya mendapatkan kondisi yang optimal selama operasional *Floating Tidal Energy Converter*.

### 5. DAFTAR NOTASI

- $\zeta_{k0}(\omega)$  = amplitudo struktur (m)
- $\zeta_0(\omega)$  = amplitudo gelombang (m)

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Bhattacharyya. (1978). *Dynamics of Marine Vehicles*. John Wiley & Sons Inc.

Chakrabarti, S.K. (1987). *Hydrodynamic of Offshore Structures*. Computational Mechanics Publications.

Djarmiko. (2012). *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Presiden RI. (2017). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang RENCANA UMUM ENERGI NASIONAL*.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. (2017). *Promotion of Investments in the Sectors of Renewable Energies and Energy Efficiency in Indonesia*. <http://webapp.navionics.com>