

# POTENSI ENERGI GELOMBANG LAUT DI LAUT SAWU NUSA TENGGARA TIMUR

Heri Saptono Warpindyasmoro<sup>1</sup>, Edberd Ryan Kantonno<sup>1</sup>, James Limanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra Surabaya

E-Mail: herisw@petra.ac.id

**Abstrak** – Indonesia sebagai negara Kepulauan dengan 70% wilayahnya berupa lautan mempunyai potensi energi terbarukan yang berasal dari gelombang air laut. Salah satu lokasi yang diteliti adalah Laut Sawu Nusa Tenggara Timur, dengan mengambil sampel di dua lokasi yaitu di koordinat 09°00'00" LS, 122°00'00" BT dan koordinat 10°30'00" LS, 123°00'00" BT. Dengan menggunakan data sekunder dari ERDDAP (the Environmental Research Division's Data Access Program), yaitu data tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang, diperoleh potensi energi gelombang dalam satu tahun sebesar 45.969 kWh/m di koordinat 09°00'00" LS, 122°00'00" BT dan sebesar 45.042 kWh/m di koordinat 10°30'00" LS, 123°00'00" BT.

**Kata Kunci** – potensi energi, energi gelombang, laut Lawu, tinggi gelombang signifikan, periode gelombang.

## I. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai pertumbuhan ekonomi yang kuat pada tahun 2050, maka kebutuhan akan energi listrik juga akan meningkat dengan pesat mencapai 6% per tahun. Sumber energi untuk kebutuhan listrik perlu dialihkan dengan menerapkan teknologi energi terbarukan. Dalam Rencana Umum Energi Nasional menargetkan pembaruan energi sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2031 [1]. Sumber energi terbarukan yang potensial untuk memenuhi kebutuhan energi nasional adalah tenaga surya, tenaga angin, tenaga air, tenaga sampah, termasuk tenaga gelombang laut. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan 70% berupa lautan, mempunyai potensi yang tinggi untuk menghasilkan energi laut untuk menghasilkan energi Listrik. Potensi energi laut dapat diperoleh dari energi gelombang air laut, energi pasang surut dan energi thermal laut. Dengan potensi yang ada perlu dibuat kajian seberapa besar potensi energi gelombang laut.

Penelitian terkait potensi energi laut diberbagai lokasi sudah dilakukan oleh peneliti-peneliti dari Indonesia. Erlita Aprelia dkk telah melakukan penelitian potensi energi laut di sekitar perairan Papua Barat dengan metode Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC), menggunakan prinsip perbedaan temperatur antara laut dalam dan permukaan [2]. Afian Kasharjanto telah melakukan penelitian di Suramadu, Surabaya dengan mengukur potensi energi laut dari arus air laut yang digunakan untuk menggerakkan turbin [3]. Setiyawan dan N. Abdulrahim juga telah meneliti potensi energi laut dengan menggunakan metode OWC (Oscillating Water Column) di perairan Marana, Donggala [4].

Dalam penelitian ini akan menghitung potensi energi laut di permukaan laut yang pada akhirnya dapat diaplikasikan pada peralatan konversi energi gelombang berupa benda apung. Dengan demikian parameter tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang di sebuah lokasi/koordinat tertentu

menjadi penting. Oleh karena itu penelitian yang dilakukan oleh Yingjie Cui, Fei Zhang dan Zhongxian Chen yang memprediksi tinggi gelombang laut menjadi penting [5]. Demikian juga bagaimana melakukan asesmen terhadap energi gelombang telah dilakukan oleh Nicolas Guillou, George Lavidas dan Georges Chapalain [6].

Dari data PLN tahun 2017, data permintaan energi listrik di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) mengalami peningkatan sebesar 8,36% per tahun untuk tahun 2013-2017. Pada tahun 2017 konsumsi energi listrik di Provinsi NTT adalah sebesar 862,25 GWh. Frans J. Likadja dkk telah memprediksi kebutuhan Listrik di NTT pada tahun 2029 naik menjadi 995.0894 GWh [7]. Dengan demikian perlu dikembangkan energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Laut Sawu merupakan lautan yang terletak di antara Pulau Sumba, Pulau Sawu, Pulau Rote, Pulau Timor, dan Pulau Flores, provinsi Nusa Tenggara Timur, diperkirakan mempunyai potensi energi yang tinggi, oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan di Laut Sawu Nusa Tenggara Timur.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Karakterisasi Energi gelombang.

Karakterisasi energi gelombang adalah proses menilai dan memahami karakteristik gelombang laut untuk tujuan memanfaatkan energinya. Hal Ini memerlukan analisis rinci parameter gelombang seperti tinggi gelombang, periode gelombang, arah perambatan, dan kerapatan daya untuk menentukan potensi energi gelombang di suatu lokasi tertentu untuk mengkonversi energi gelombang menjadi energi listrik

Karakterisasi energi gelombang ini penting untuk dilakukan, karena diperlukan untuk:

- Pemilihan Lokasi: karakterisasi gelombang yang akurat memungkinkan identifikasi lokasi yang menjanjikan untuk proyek energi gelombang, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti potensi energi gelombang, aksesibilitas, dan kendala lingkungan.
- Desain perangkat: memahami karakteristik gelombang penting untuk merancang konverter energi gelombang (WECs) yang dapat secara efisien menangkap dan mengubah energi gelombang menjadi energi listrik.
- Estimasi Hasil Energi: karakterisasi gelombang memungkinkan untuk memprediksi output energi potensial dari WEC dan mengevaluasi kelayakan ekonomi proyek energi gelombang.
- Analisis Mengenai Dampak Lingkungan: menilai sumber daya energi gelombang dapat membantu dalam memahami dampak lingkungan potensial dari penyebaran WEC dan menerapkan langkah-langkah mitigasinya

**B. Spektrum Gelombang**

Spektrum gelombang dapat memberikan representasi rinci dari distribusi energi dalam medan gelombang di frekuensi yang berbeda. Informasi ini sangat penting untuk perhitungan daya gelombang yang akurat dan desain konverter energi gelombang yang efisien (WECs). Salah satu model spektrum gelombang adalah Spektrum JONSWAP (Joint North Sea Wave Project). Spektrum ini memperhitungkan efek nonlinier dari pertumbuhan gelombang, memberikan representasi yang lebih akurat. Spektrum JONSWAP dinyatakan dalam persamaan [8] :

$$S(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} \exp\left[-\frac{5}{4}\left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^4\right] \gamma \exp\left[\frac{(\omega-\omega_p)^2}{2\sigma^2\omega_p^2}\right] \quad (1)$$

dengan:

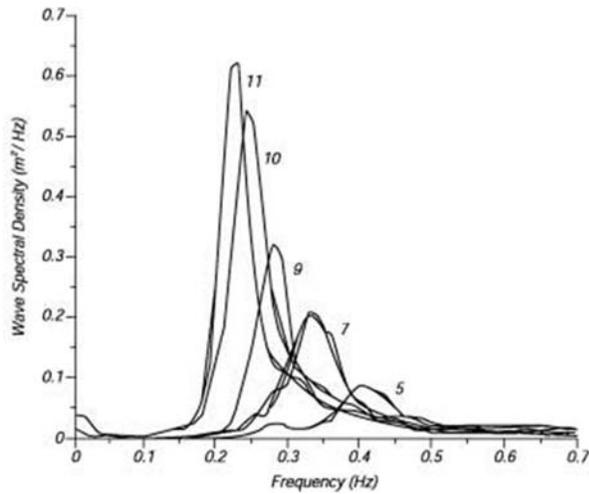
$$\alpha = 0,076 \left(\frac{U_{10}^2}{Fg}\right)^{0,22} \quad (2)$$

$$\omega_p = 22 \left(\frac{g^2}{U_{10}F}\right)^{1/3} \quad (3)$$

$$\gamma = 3,3 \quad (4)$$

$$\sigma = \begin{cases} 0,07\omega \leq \omega_p \\ 0,09\omega > \omega_p \end{cases} \quad (5)$$

Dimana  $\omega_p$  adalah frekuensi puncak,  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $U_{10}$  adalah kecepatan angin pada ketinggian 10 m,  $F$  adalah Panjang fetch, dan  $\omega$  adalah frekuensi. Gambar 1 menunjukkan contoh Spektrum gelombang berdasarkan Spektrum JONSWAP untuk berbagai fetch (F).



Gambar 1. Contoh Spektrum JONSWAP untuk berbagai fetch (F).

**C. Energi gelombang laut**

Energi gelombang adalah energi yang dirambatkan oleh gelombang permukaan laut. Gelombang dihasilkan oleh angin yang menghembus di permukaan laut, sehingga air laut di permukaan merambat. Sepanjang rambatannya ini terjadi transfer energi dari angin ke gelombang. Perbedaan tekanan antara bagian atas dan dibawah permukaan akan menimbulkan regangan geser (shear stress) maka terbentuklah gelombang laut. Ketinggian gelombang ini ditentukan oleh kecepatan angin, waktu angin menghembus, jarak antara angin dan permukaan laut dan kedalaman serta topografi dasar laut.

Fluks energi gelombang yang tersedia mencirikan jumlah energi yang akan mencapai sebuah lokasi tertentu. Ini didefinisikan sebagai integral dari spektrum energi gelombang [6].

$$P = \rho g \int_0^{2\pi} \int_0^\infty C_g(\sigma) E(\sigma, \theta) d\sigma d\theta \quad (6)$$

Dimana  $\rho$  adalah kerapatan massa air laut,  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $E$  adalah kerapatan energi gelombang yang didistribusikan melalui frekuensi intrinsik  $\sigma$ , dan arah propagasi  $d\theta$  dan  $C_g$  adalah kecepatan grup. Namun, distribusi  $E$  terhadap frekuensi dan arah sulit diperoleh. Dalam kondisi ini, formulasi yang disederhanakan diadopsi untuk mendekati kerapatan daya gelombang yang tersedia. Dengan asumsi di laut perairan dalam ( $kd \gg 1$  dengan  $d$  adalah kedalaman air dan  $k$  adalah bilangan gelombang), kecepatan grup ( $C_g$ ) diperkirakan sebagai  $c_g = g/(4\pi f)$ , daya gelombang laut dapat dinyatakan dalam persamaan.

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H_s^2 T \quad (7)$$

dimana

- P : fluks energi per gelombang,
- $H_s$ : ketinggian gelombang signifikan,
- T : periode gelombang
- $\rho$  : masa jenis air laut, dan
- g : percepatan gravitasi

**D. Lokasi Penelitian.**

Lokasi penelitian yang dipilih adalah Laut Sawu. Laut Sawu adalah laut yang terdapat di antara Pulau Sumba, Pulau Sawu, Pulau Rote, Pulau Timor, dan Pulau Flores. Luas Laut Sawu sekitar  $3,5 \times 10^4$  km<sup>2</sup>. Dengan laut yang luas dan dikelilingi oleh pulau-pulau, maka pemanfaatan gelombang laut dapat diterapkan di berbagai tempat.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data di titik A (dekat Pulau Flores) dengan koordinat 09°00'00" LS, 122°00'00" BT dan titik B (dekat Pulau Rote) dengan koordinat 10°30'00" LS, 123°00'00" BT

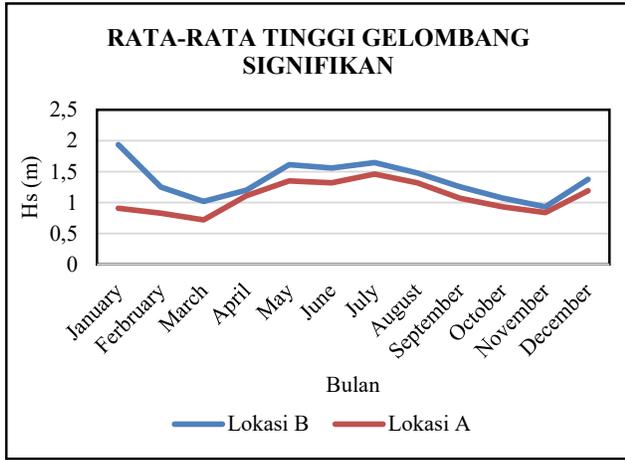
**E. Metode Pengambilan Data**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari ERDDAP (the Environmental Research Division's Data Access Program), sebuah server data dimana data-data dapat diunduh. Data yang diunduh adalah data tinggi gelombang dan periode gelombang pada tahun 2018 untuk kedua koordinat lokasi. Data tinggi gelombang dan

periode gelombang diambil setiap jam, setiap hari untuk bulan Januari – Desember 2018.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

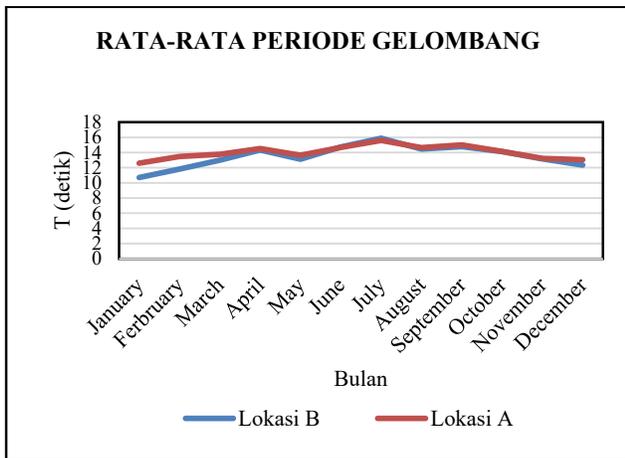
A. Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan.



Gambar 2. Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan

Gambar 2 menunjukkan rata-rata tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) untuk setiap bulan pada tahun 2018. Di Lokasi B mempunyai tinggi gelombang signifikan lebih besar dibanding di Lokasi A. Di Lokasi B tinggi gelombang signifikan terbesar pada bulan Januari, yaitu 1,94 m dan terendah pada bulan Maret sebesar 1,02 m. Sedangkan di Lokasi A, tinggi gelombang signifikan terbesar pada bulan Juli, yaitu 1,46 m dan terendah pada bulan Maret, yaitu 0,72 m.

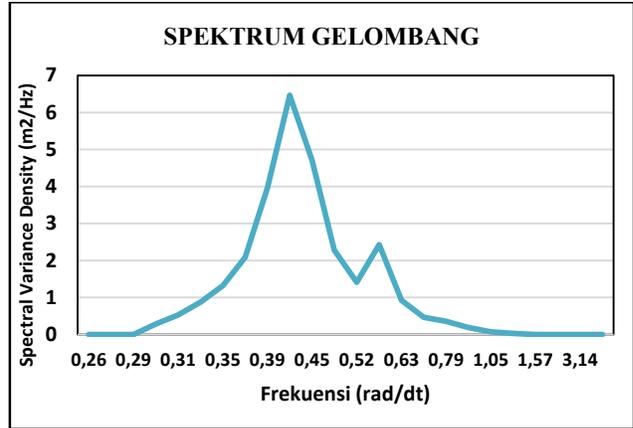
B. Rata-rata Periode Gelombang



Gambar 3. Rata-rata Periode Gelombang

Pada Gambar 3 menunjukkan rata-rata periode gelombang antara Lokasi B dan Lokasi A mempunyai besar yang hampir sama pada setiap bulannya, kecuali pada bulan Januari – Maret, di Lokasi A lebih besar dibandingkan dengan di Lokasi B. Sepanjang tahun gelombang di Laut Lawu mempunyai periode 15 – 16 detik.

C. Spektrum Gelombang



Gambar 4. Spektrum Gelombang.

Kedua Lokasi mempunyai ketinggian gelombang dan periode yang hamper sama, sehingga spektrum gelombang pada kedua lokasi tersebut dapat digambarkan seperti Gambar 4. Kerapatan spektral dengan nilai maksimum terjadi pada  $\omega = 0,42$  rad/dt atau pada periode 15 detik.

D. Energi Gelombang

Hs(m)	T(detik)																							
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24					
0-1	2	0	0	0	0	3	0	6	8	25	21	28	11	5	0	3	0	0	0					
1-2	844	1119	108	84	42	648	0	9517	3381	8720	10809	8102	4866	2797	1248	973	451	124	26					

Gambar 5. Distribusi Energi pada Setiap Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Lokasi A

Gambar 5 menunjukkan distribusi energi untuk setiap tinggi gelombang dan periode gelombang di Lokasi A untuk 1(satu) tahun. Dengan menggunakan persamaan (7) diperoleh energi gelombang untuk setiap tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang selama gelombang tersebut muncul dalam 1(satu) tahun. Energi yang besar terjadi pada tinggi gelombang signifikan 1-2 m dengan periode 15-16 detik, yaitu 10.809 kWh/m. Total energi yang dihasilkan seluruh gelombang dalam 1(satu) tahun adalah 45.969 kWh/m.

Hs(m)	T(detik)																							
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24				
1-2	298	1912	474	580	554	545	35	317	1278	8158	8347	9428	6145	3554	2245	526	634	214	124	78				
2-3	0	0	379	506	104	437	451	0	0	0	0	101	107	0	0	0	0	0	0	0				
3-4	0	0	0	316	0	514	316	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

Gambar 6. Distribusi Energi pada Setiap Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang di Lokasi B

Sedangkan Gambar 6 menunjukkan distribusi energi untuk setiap tinggi gelombang dan periode gelombang di Lokasi B. Dengan menggunakan persamaan (7) diperoleh energi gelombang untuk setiap tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang. Dalam 1(satu) tahun, energi yang besar pada tinggi gelombang signifikan 1-2 m dengan periode 15-16 detik, yaitu 9.428 kWh/m. Total energi yang dihasilkan dalam 1(satu) tahun 45.042 kWh/m.

## IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan diperoleh potensi energi gelombang di Laut Sawu Nusa Tenggara Timur pada tahun 2018 di lokasi dengan koordinat 09°00'00" LS, 122°00'00" BT mempunyai potensi energi sebesar 45.969 kWh/m dalam setahun dan di lokasi dengan koordinat 10°30'00" LS, 123°00'00" BT mempunyai potensi energi sebesar 45.042 kWh/m dalam setahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Langer, J. Quist, and K. Blok, "Review of renewable energy potentials in Indonesia and their contribution to a 100% renewable electricity system," Nov. 01, 2021, *MDPI*. doi: 10.3390/en14217033.
- [2] E. Aprilia *et al.*, "Potensi Panas Laut Sebagai Energi Baru Terbarukan di Perairan Papua Barat dengan Metode Ocean Thermal Energy Conversion," 2019. [Online]. Available: <https://odv.awi.de/data/ocean/world-ocean->
- [3] A. Kasharjanto, "KAJIAN PEMANFAATAN ENERGI ARUS LAUT DI INDONESIA: Study on the Implementation of Marine Current Energy In Indonesia," *Jurnal Wave*, Vol. 11, no 2, 2017.
- [4] N. dan Abdulrahim and Setiyawan, "Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column (OWC) di Perairan Marana," *Rekontruksi Tadulako*, vol. 2, no. 1, pp. 59–68, 2021, [Online]. Available: <https://new.jurnal.untad.ac.id/index.php/renstra>
- [5] Y. Cui, F. Zhang, and Z. Chen, "Predication of Ocean Wave Height for Ocean Wave Energy Conversion System," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 9, May 2023, doi: 10.3390/en16093841.
- [6] N. Guillou, G. Lavidas, and G. Chapalain, "Wave energy resource assessment for exploitation-A review," Sep. 01, 2020, *MDPI AG*. doi: 10.3390/JMSE8090705.
- [7] Frans J. Likadja, Evtaleny R. Mauboy, and Chardianus M. Leda, "Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik di Provinsi NTT Tahun 2019-2029 Menggunakan Metode Gabungan dan LEAP," *Jurnal Media Elektro*, vol. IX, no. 1, pp. 20–28, 2020.
- [8] A. Pecher, *Handbook of Ocean Wave Energy*, Springer, vol. 7. 2017. doi: 10.1007/978-3-319-39889-1.