



Analysis of The Energy Efficiency of Pantai Panjang Sea Waves in Bengkulu as A Potential Wave Power Plant (WPP)

Analisis Efisiensi Energi Gelombang Laut Pantai Panjang Bengkulu Sebagai Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTG)

Muhammad Zacky Ramadhan^{1*}, Sazkia Aisyah M. L.², Relita Apriyanti³, Rista Anggraini⁴, Adzra Hana Jauza⁵

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Bengkulu, Indonesia

Corresponden E-Mail: ¹mzacky570@gmail.com, ²relitaapriyanti31@gmail.com

Makalah: Diterima 4 December 2025; Diperbaiki 13 December 2025; Disetujui 14 December 2025
Corresponding Author: Muhammad Zacky Ramadhan, Relita Apriyanti

Abstrak

Pantai Panjang di Provinsi Bengkulu merupakan salah satu wilayah pesisir yang dipengaruhi langsung oleh dinamika Samudra Hindia dan memiliki potensi energi gelombang yang cukup besar. Namun, pemanfaatan potensinya sebagai sumber energi terbarukan, khususnya untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTG), masih belum dikaji secara mendalam, terutama dari aspek efisiensi energi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi dan efisiensi energi gelombang laut di Pantai Panjang sebagai dasar kelayakan awal pembangunan PLTG. Pengukuran parameter gelombang dilakukan menggunakan aplikasi *Tracker* melalui metode video-tracking, sehingga diperoleh nilai amplitudo, periode, serta parameter gelombang lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelombang di Pantai Panjang memiliki tinggi 1,377m, periode 4,08 s, dan kecepatan rambat 5,89 m/s. Energi gelombang yang dihitung mencapai 757,1026 J/m² dan daya gelombang sebesar 6.614,7 W/m. Setelah mempertimbangkan faktor efektivitas transmisi, energi efektif yang dapat dimanfaatkan adalah 338,4248 J/m² dengan efisiensi konversi sebesar 44,6%. Temuan ini menunjukkan bahwa Pantai Panjang memiliki potensi energi gelombang yang cukup baik dan layak dipertimbangkan sebagai lokasi pengembangan PLTG berbasis teknologi Oscillating Water Column (OWC).

Kata Kunci: Efisiensi Energi, Energi Gelombang, Energi Terbarukan, Kolom Air Berosilasi (OWC) dan Pantai Panjang Bengkulu

Abstract

Pantai Panjang in Bengkulu Province is one of the coastal areas that is directly influenced by the dynamics of the Indian Ocean and has a considerable wave energy potential. However, the utilization of its potential as a source of renewable energy, especially for Wave Power Plants (PLTG), has not been studied in depth, especially from the aspect of energy efficiency. This study aims to analyze the potential and efficiency of sea wave energy in Pantai Panjang as the basis for the initial feasibility of PLTG construction. Wave parameter measurement is carried out using the *Tracker* application through the video-tracking method, so that amplitude, period, and other wave parameters are obtained. The results showed that the waves at Pantai Panjang had a height of 1,377m, a period of 4.08 s, and a propagation speed of 5.89 m/s. The calculated wave energy reached 757.1026 J/m² and the wave power was 6,614.7 W/m. After considering the transmission effectiveness factor, the effective energy that can be utilized is 338.4248 J/m² with a conversion efficiency of 44.6%. These findings show that Pantai Panjang has a fairly good wave energy potential and deserves to be considered as a location for the development of PLTG based on Oscillating Water Column (OWC) technology.

Keyword: Energy Efficiency, Wave Energy, Renewable Energy, Oscillating Water Column (OWC) and Long Beach Bengkulu

1. Pendahuluan

Provinsi Bengkulu terletak di pesisir barat Pulau Sumatra dan langsung berhadapan dengan Samudra Hindia, sehingga memiliki karakter oseanografi yang dinamis dan menyimpan potensi energi gelombang laut yang besar. Kondisi geografis ini menjadikan wilayah tersebut memiliki peluang strategis dalam pengembangan sumber energi terbarukan, terutama pada sektor kelautan. Namun hingga kini, pemanfaatan energi gelombang laut di Bengkulu masih tergolong rendah dan belum terintegrasi secara optimal, sehingga terjadi kesenjangan antara potensi energi yang tersedia dan tingkat pemanfaatan aktual di lapangan.

Pantai Panjang, sebagai salah satu kawasan pesisir utama di Kota Bengkulu, memiliki karakteristik gelombang yang kuat, konsisten, dan dipengaruhi langsung oleh dinamika Samudra Hindia. Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan besarnya potensi energi gelombang di wilayah ini. Mardiansyah et al. (2024) melaporkan bahwa potensi kerapatan daya tahunan di perairan Bengkulu dapat mencapai 1661,76 W/s² menggunakan pendekatan sistem Oscillating Water Column (OWC). Penelitian lain oleh Lubis et al. (2021) di kawasan Serangai, Bengkulu Utara, mencatat tinggi gelombang signifikan (Hs) hingga 1,38 m, yang mengindikasikan kuatnya energi kinetik gelombang di daerah tersebut. Studi-studi tersebut menegaskan bahwa perairan Bengkulu merupakan salah satu zona yang paling prospektif untuk pengembangan energi gelombang laut di Indonesia.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang ada hanya berfokus pada pemetaan potensi daya gelombang dalam skala makro. Hingga saat ini belum terdapat kajian yang secara khusus menganalisis efisiensi energi gelombang laut di Pantai Panjang berdasarkan parameter gelombang hasil pengukuran langsung di lapangan. Padahal, analisis efisiensi merupakan langkah penting untuk menilai kelayakan teknis awal pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTG), khususnya yang berbasis teknologi OWC. Dengan kata lain, terdapat gap penelitian yang perlu diisi, yaitu bagaimana karakteristik gelombang di Pantai Panjang dikonversi menjadi energi dan seberapa besar efisiensi yang dapat dicapai.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi dan efisiensi energi gelombang laut di Pantai Panjang, Provinsi Bengkulu, sebagai dasar pertimbangan awal kelayakan pembangunan PLTG di wilayah tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan energi terbarukan berbasis kelautan, serta memberikan gambaran awal yang komprehensif mengenai pemanfaatan energi gelombang di pesisir Bengkulu.

2. Materi dan Metode

2.1 Energi Terbarukan dan Potensi Energi Gelombang

Kebutuhan energi listrik global terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi dan populasi, sementara ketergantungan pada bahan bakar fosil menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan, seperti emisi karbon dan pemanasan global (Behrouzi et al., 2016). Berdasarkan Hukum Kekekalan Energi yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan namun hanya berubah bentuk (Young, 2002), energi listrik yang dikonsumsi masyarakat pada berbagai sektor merupakan hasil konversi dari berbagai jenis energi awal, termasuk energi terbarukan (Suryatmo, 2014).

Energi terbarukan, seperti angin, matahari, dan gelombang laut, memiliki keunggulan berupa bebas polusi dan rendah emisi karbon (Chelseara, 2018). Hal ini menjadikan energi terbarukan sebagai solusi strategis menghadapi isu pemanasan global serta transisi energi bersih (Stram, 2016). Salah satu sumber energi terbarukan yang berkembang adalah energi gelombang laut, yang memiliki konsistensi sumber daya dan intensitas energi yang tinggi.

2.2 Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia

Indonesia memiliki garis pantai yang panjang dan berada di jalur gelombang besar Samudra Hindia. Area dengan potensi energi gelombang tertinggi terletak di perairan barat Sumatra, selatan Jawa, hingga Nusa Tenggara (ASELI, 2011). Pantai Panjang di Bengkulu, yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia, termasuk kawasan dengan potensi energi gelombang yang signifikan.

Penelitian terdahulu oleh Mardiansyah et al. (2024) menunjukkan bahwa potensi energi gelombang di pesisir Bengkulu mencapai kerapatan daya tahunan 1661,76 W/s². Sementara Lubis et al. (2021) mencatat tinggi gelombang signifikan (Hs) hingga 1,38 m di daerah Serangai, Bengkulu Utara.

2.3 Dasar Teori Gelombang Laut

Gelombang laut merupakan gerakan naik-turun air laut yang terbentuk akibat transfer energi dari angin ke permukaan laut, menghasilkan pola gelombang seperti riak, alunan, atau puncak-lembah (Ludji, 2014). Gelombang juga dapat timbul akibat pasang surut, gempa, erupsi bawah laut, dan aktivitas kapal (Triatmodjo, 1996). Karakteristik gelombang umumnya digambarkan menggunakan parameter tinggi gelombang, periode, dan panjang gelombang (Hadirkasa, 2018).

Tinggi gelombang didefinisikan sebagai jarak vertikal antara puncak dan lembah gelombang. Periode gelombang merupakan waktu yang diperlukan partikel air untuk kembali ke posisi semula, sementara panjang gelombang adalah jarak horizontal antar dua puncak berturut-turut.

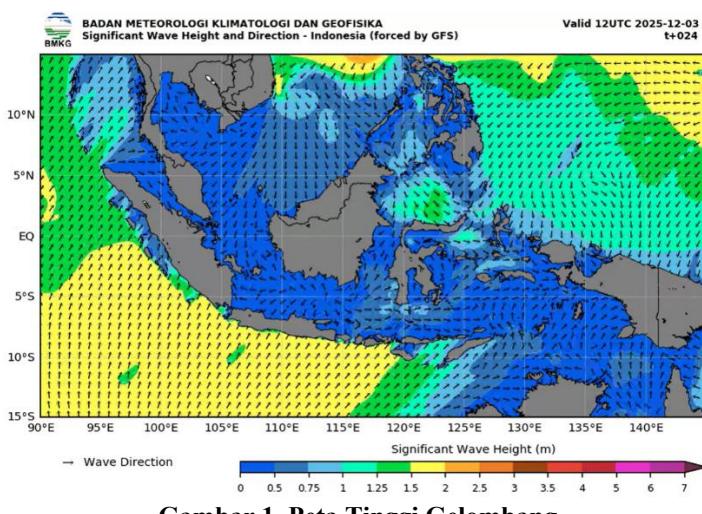
2.4 Teknologi Konversi Energi Gelombang (OWC)

Oscillating Water Column (OWC) merupakan salah satu teknologi konversi energi gelombang yang banyak digunakan karena strukturnya sederhana dan biaya konstruksi relatif rendah (Wijaya, 2010). Prinsip kerjanya memanfaatkan naik turunnya permukaan air dalam ruang kolom udara untuk menggerakkan turbin. Pemilihan lokasi OWC bergantung pada karakteristik tinggi gelombang dan kondisi topografi pantai (Pecher & Kofoed, 2016).

Dengan tingginya energi gelombang di Bengkulu, khususnya di Pantai Panjang, teknologi OWC berpotensi diterapkan untuk pembangkit listrik tenaga gelombang.

2.5 Lokasi Penelitian dan Kondisi Gelombang

Lokasi penelitian berada di Pantai Panjang, Kota Bengkulu yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia. Kondisi gelombang awal dapat dilihat pada Gambar 1, yang menunjukkan distribusi tinggi gelombang signifikan (H_s) di sekitar wilayah penelitian.



Gambar 1. Peta Tinggi Gelombang

2.6 Instrumen dan Pengambilan Data

Pengukuran gelombang dilakukan menggunakan metode video-tracking dengan aplikasi Tracker, yang merekam pergerakan permukaan air secara frame-by-frame. Parameter yang diperoleh secara langsung meliputi:

- amplitudo gelombang (A),
- tinggi gelombang ($H = 2A$),
- waktu (t),
- nilai fase (ωt).

Selain itu, sampel air laut 175 mL diambil untuk menentukan massa jenis air laut menggunakan metode penimbangan langsung.

Data pendukung (kecepatan angin, peta topografi, dan informasi oceanografi) diperoleh dari BMKG Bengkulu dan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Bakosurtanal (2006).

2.7 Kalibrasi dan Validasi Pengukuran Menggunakan Aplikasi Tracker

Kalibrasi skala dilakukan dengan menetapkan objek referensi (W_{phy}) berdimensi tetap yang terlihat pada video pengamatan sebagai acuan konversi piksel ke satuan meter. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran amplitudo dan jarak vertikal gelombang memiliki ketelitian yang sesuai dengan skala fisis sebenarnya.

Analisis gelombang dilakukan menggunakan fitur *Point of Mass* pada aplikasi Tracker untuk merepresentasikan osilasi vertikal permukaan air laut. Titik lacak ditentukan secara konsisten pada puncak dan lembah gelombang yang terlihat jelas pada setiap frame video. Hasil pengukuran tinggi gelombang dari Tracker kemudian dibandingkan dengan data ketinggian gelombang dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) pada periode pengamatan yang sama sebagai bentuk validasi metode.

2.8 Metode Perhitungan Gelombang

Parameter yang dihitung menggunakan data Tracker meliputi:

- frekuensi sudut (ω),
- periode gelombang ($T = 2\pi/\omega$),
- panjang gelombang ($\lambda = gT^2 / 2\pi$),
- kecepatan rambat gelombang ($v = gT / 2\pi$),
- bilangan gelombang ($k = 2\pi / \lambda$).

Perhitungan energi gelombang menggunakan rumus:

$$E = \frac{\rho g H^2}{8\pi}$$

Sedangkan daya gelombang dihitung dengan:

$$P = \frac{\rho g H^2 c_g}{8\pi}$$

di mana kecepatan grup:

$$c_g = \frac{1}{2} v \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right)$$

2.9 Efisiensi Energi Gelombang

Efisiensi energi gelombang dihitung menggunakan hubungan:

$$\begin{aligned} E_{\text{eff}} &= W_{\text{eff}} \cdot E \\ \mu &= \frac{E_{\text{eff}}}{E} \times 100\% \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi digunakan untuk menilai seberapa besar energi gelombang yang dapat dikonversi menjadi energi listrik pada sistem PLTG berbasis OWC.

2.10 Validasi Data Pengukuran Gelombang

Data gelombang yang tinggi dari BMKG digunakan sebagai referensi untuk mengonfirmasi hasil pengukuran gelombang yang dihasilkan melalui aplikasi Tracker. Sumber data BMKG diambil dari stasiun pengamatan yang paling dekat dengan Pantai Panjang Bengkulu, sesuai dengan waktu pengambilan data lapangan. Perbandingan dilakukan secara deskriptif untuk menilai kesesuaian skala, mengingat adanya perbedaan dalam resolusi waktu dan ruang antara pengukuran lapangan dan data observasi dari BMKG.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Massa Jenis Air Laut Pantai Panjang

Massa jenis air laut ditentukan menggunakan persamaan standar UNESCO (International Equation of State of Seawater, 1980), dengan mempertimbangkan suhu dan salinitas air laut. Untuk kondisi permukaan laut, tekanan diasumsikan nol. Nilai salinitas diambil berdasarkan karakteristik perairan Samudra Hindia, sedangkan suhu air laut disesuaikan dengan kondisi lapangan saat pengukuran.

Berdasarkan persamaan UNESCO, densitas air laut berada pada kisaran 1024 kg/m^3 dan digunakan sebagai parameter konstan dalam perhitungan energi gelombang.

3.2 Analisis Data Gelombang dari Aplikasi Tracker

Pengukuran amplitudo dan periode gelombang dilakukan menggunakan aplikasi Tracker. Pergerakan permukaan air laut diambil melalui video dan dianalisis frame-by-frame sehingga menghasilkan data posisi terhadap waktu yang membentuk pola gelombang yang terkesan acak.

Hasil pengukuran dari Tracker ditampilkan pada Tabel 1.

Parameter	Nilai	Satuan
Amplitudo (A)	0,6885	M
Tinggi gelombang (H=2A)	1,377	M
Nilai Fase (ωt)	20,8128	Rad
Waktu (t)	13,55	S

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Gelombang dari Aplikasi Tracker

Grafik posisi terhadap waktu dari hasil tracking ditempatkan pada Gambar 2, yang memperlihatkan bentuk gelombang yang terkesan acak. Grafik ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan amplitudo dan periode gelombang secara akurat.

**Gambar 2. Hasil Visualisasi dan Analisis Gelombang Laut dari Aplikasi Tracker**

3.3 Perhitungan Karakteristik Gelombang

3.3.1 Periode Gelombang

Periode dihitung dari frekuensi sudut:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{6,28}{1,536} = 4,08 \text{ s}$$

3.3.2 Kecepatan Rambat Gelombang

$$V = \frac{gT}{2\pi}$$

$$V = \frac{9,8(4,08)}{6,28} = 5,89 \text{ m/s}$$

3.3.3 Panjang Gelombang

$$\lambda = VT$$

$$\lambda = 5,89 (4,08) = 24 \text{ m}$$

Nilai kecepatan rambat yang tinggi menunjukkan bahwa gelombang memiliki energi signifikan, khas perairan yang terhubung dengan Samudra Hindia.

3.4 Energi dan Daya Gelombang

3.4.1 Energi Gelombang

Energi dihitung menggunakan:

$$E = \frac{\rho g H^2}{8\pi}$$

$$E = \frac{(1024)(9,8)(1,377^2)}{25,1327}$$

$$E = 757,1026 \text{ J/m}^2$$

3.4.2 Daya Gelombang

Daya dihitung melalui:

$$P = \frac{\rho g H^2 c_g}{8\pi}$$

Dengan:

- Bilangan gelombang: $k = 0,241$
- Rumus kecepatan grup:

$$c_g = \frac{1}{2} V \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right)$$

Sehingga:

$$c_g = 8,728 \text{ m/s}$$

Maka daya gelombang:

$$P = 6.614,7 \text{ W/m}$$

Daya sebesar ini menunjukkan potensi energi gelombang yang cukup besar di Pantai Panjang.

3.5 Daya Efektif dan Efisiensi Energi

3.5.1 Daya Efektif

$$P_{rt} = P \times W_{phys}$$

Dengan $W_{phys} = 0,4 \text{ m}$,

$$P_{rt} = 6.614,7 \times 0,4 = 2645,88 \text{ W}$$

3.5.2 Efektivitas Energi

$$W_{eff} = \frac{P_{rt}}{P_{up}} = 0,447$$

3.5.3 Energi Efektif

$$E_{eff} = W_{eff} \cdot E$$

$$E_{eff} = 0,447 \cdot 757,1026 = 338,4248 \text{ J/m}^2$$

3.5.4 Efisiensi Energi Gelombang

$$\mu = \frac{E_{eff}}{E} \times 100\%$$
$$\mu = \frac{338,4248}{757,1026} \times 100\% = 44,6\%$$

3.6 Pembahasan

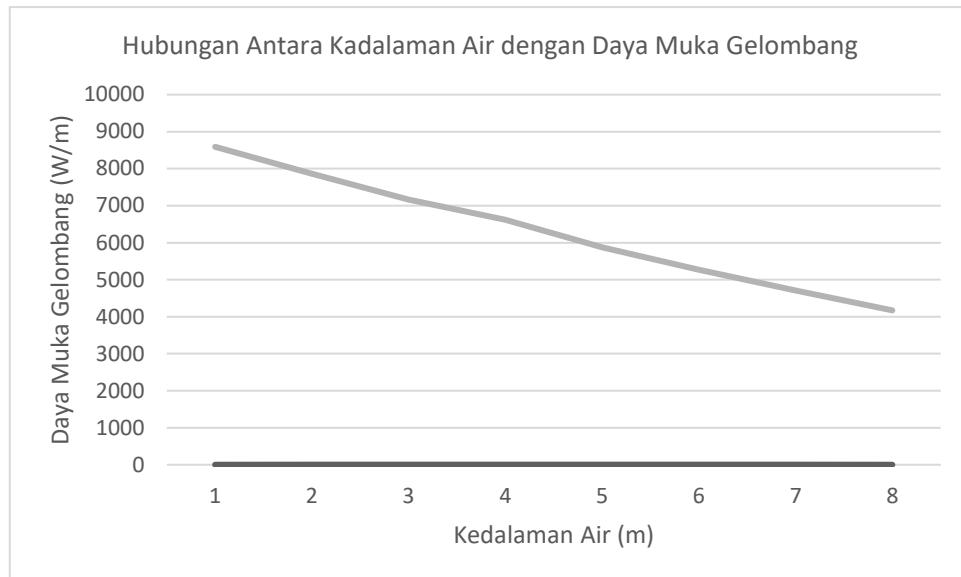
Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelombang laut di Pantai Panjang memiliki sifat gelombang dengan amplitudo dan tinggi yang cukup besar serta periode yang pendek. Kombinasi ini menghasilkan kecepatan rambat hingga 5,89 m/s, yang memberikan kontribusi signifikan terhadap energi dan daya gelombang.

Daya total gelombang mencapai 757,1026 W, dan energi efektif yang dapat dimanfaatkan mencapai 338,4248 W, dengan efisiensi konversi sebesar 44,6%. Nilai ini termasuk kategori baik untuk gelombang pantai terbuka, terutama yang berada pada zona energik Samudra Hindia.

Hasil ini menunjukkan bahwa Pantai Panjang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTG), khususnya menggunakan konsep Oscillating Water Column (OWC). Meskipun analisis ini masih bersifat awal, perhitungan energi dan efisiensi menunjukkan bahwa wilayah ini layak dipertimbangkan untuk penelitian lanjutan dan pengembangan instalasi energi terbarukan berbasis gelombang laut.

3.7 Grafik Hubungan Antar Parameter

3.7.1 Grafik Hubungan Antara Daya per Muka Gelombang dengan Kedalaman Permukaan



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Daya per Muka Gelombang dengan Kedalaman Permukaan

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran parameter gelombang menggunakan aplikasi *Tracker* serta perhitungan karakteristik fisik gelombang, dapat disimpulkan bahwa Pantai Panjang Kota Bengkulu memiliki potensi energi gelombang yang cukup besar untuk mendukung pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTG). Gelombang laut di wilayah ini memiliki tinggi sekitar 1,377 m, periode 4,08 s, dan kecepatan rambat mencapai 5,89 m/s, yang menunjukkan kondisi gelombang yang kuat dan stabil akibat pengaruh langsung dari Samudra Hindia. Perhitungan energi dan daya menunjukkan bahwa gelombang menghasilkan energi sebesar 757,1026 J/m² dan daya sebesar 6.614,7 W/m, yang menggambarkan bahwa Pantai Panjang memiliki suplai energi gelombang yang signifikan. Setelah mempertimbangkan faktor efektivitas transmisi energi, energi efektif yang dapat dimanfaatkan adalah 338,4248 J/m² dengan efisiensi konversi sebesar 44,6%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa sebagian besar energi gelombang dapat ditangkap dan dimanfaatkan, sehingga Pantai Panjang memiliki kelayakan awal yang baik untuk dikembangkan sebagai lokasi PLTG. Dengan demikian, rumusan masalah penelitian ini dapat dijawab bahwa potensi energi gelombang di Pantai Panjang cukup besar dan didukung oleh efisiensi konversi yang memadai, sehingga wilayah ini layak dipertimbangkan untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga gelombang di masa mendatang.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar studi lanjutan dilakukan dengan cakupan data yang lebih luas, baik dari segi durasi pengukuran gelombang maupun variasi kondisi cuaca dan musim. Pengukuran yang lebih panjang dan komprehensif akan memberikan gambaran karakteristik gelombang yang lebih representatif terhadap kondisi tahunan Pantai Panjang. Dengan demikian, penelitian berikutnya dapat memberikan landasan yang lebih kuat bagi pengembangan energi terbarukan berbasis gelombang laut di Bengkulu.

Pengukuran dan analisis gelombang laut dalam penelitian ini dilakukan pada satu periode pengamatan tertentu sehingga hasil yang diperoleh merepresentasikan kondisi sesaat (*snapshot*) gelombang laut di Pantai Panjang. Oleh karena itu, hasil efisiensi dan daya gelombang yang diperoleh belum merepresentasikan variasi musiman tahunan. Analisis musiman memerlukan data jangka panjang yang berada di luar cakupan penelitian ini. Meskipun demikian, pendekatan

snapshot tetap relevan sebagai studi awal untuk mengidentifikasi potensi energi gelombang dan memberikan gambaran awal mengenai kelayakan lokasi.

References

- [1] AKBAR HADIRAKSA USMAYA, Y. M. (2018). Analisis Karakteristik Gelombang di Perairan Pulau Enggano , Bengkulu, *4*(2), 94–103.
- [2] Alamsah, A., Wahjudi, A., Moon, P. J., Hamidi, N., & Widhiyanuriyawan, D. (2025). Potensi Energi Arus dan Tinggi Gelombang Laut Indonesia Berdasarkan Data Penginderaan Jauh, *18*(April), 49–59. <https://doi.org/10.32897/techno.2025.18.1.4087>
- [3] Ali Muqsit, Yar Johan, Dede Hartono, A. O. (2020). ANALISIS KESESUAIAN KAWASAN EKOWISATA PANTAI DI PANTAI PANJANG PROVINSI BENGKULU Ali Muqsit, Yar Johan, Dede Hartono, Amelia Oktaviani, *5*(3), 566–586.
- [4] C A siregar. (2020). Pembuatan Alat Konversi Energi Memanfaatkan Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi, *1*(2), 107–115.
- [5] Friscela Yona Nagifea1), Sudarti2), Y. (n.d.). SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DI INDONESIA, *10*(2), 17–24.
- [6] Heri Saptono Warpindyasmoro1, Edberd Ryan Kantonno1, J. L. (2024). LAUT SAWU NUSA TENGGARA TIMUR, *17*(1), 51–54.
- [7] Lubis, A. M., Putri, Y. A., Saputra, R., Sinaga, J., & Hasanudin, M. (2021). KAJIAN ENERGI GELOMBANG LAUT DI DAERAH ABRASI SERANGAI , BENGKULU UTARA MELALUI, *11*(2), 143–152.
- [8] Mardiansyah, L. A., Ismanto, A., Setyawan, W. B., Oseanografi, P. S., Kelautan, J. I., & Perikanan, F. (2014). Kajian Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) dengan Sistem Oscilating Water Column (OWC) Di Perairan Pantai Bengkulu, *3*, 328–337.
- [9] Moch Rizky Sya'bana1*, Dian Sisinggih2, M. A. S. (2025). Studi Potensi Energi Gelombang laut Di Pantai Selatan Malang, *05*(02), 934–943.
- [10] Muhammad Rifki Azizie, Sofia Ariyani ', A. B. N. (2020). ANALISIS ENERGI GELOMBANG AIR LAUT MENGGUNAKAN TEKNOLOGI OCILLATING WATER COLUM, *01*(01).
- [11] Nabila, L., Afifah, N., & Safira, I. T. (2020). Optimalisasi Desain Turbin Wells pada Sistem Osilasi Kolom Air Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sebagai Upaya Meningkatkan Potensi Supply Energi Terbarukan pada Masyarakat Pesisir, *4*(2), 26–37.
- [12] Novi Rahmawati1, Sudarti2, Y. (n.d.). POTENSI SUMBER ENERGI AIR LAUT DI INDONESIA SEBAGAI, *6*(2).
- [13] Rif, M. (2018). Simulasi Gelombang Laut Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL), *9*(2).
- [14] Risky Budi Yarmanto1, Irkhos1, Suhendra2, L. (2025). Analisis Data Satelit Altimetri dalam Pemantauan Gelombang Laut di Perairan Provinsi Bengkulu, *9*(2), 99–107.
- [15] Sidik, M., & Sinaga, N. (n.d.). Potensi Pemanfaatan Gelombang Laut Menjadi Tenaga Listrik Dengan Metoda Oscillating Water Column di Pulau Bawean Gresik, (April 2023). <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.17306>
- [16] Sihombing, G., Putra, I., Lubis, K., Maiya, D., Nasution, S., & Thamrin, H. (2025). Optimalisasi Konversi Energi Gelombang Laut menjadi Listrik Menggunakan Metode Point Absorber untuk Wilayah Pesisir Indonesia JURNAL MEDIA INFORMATIKA [JUMIN], *6*(3), 2244–2249.
- [17] Siska Gustiania,* , Yoga Satria Putrab, Z. (2025). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut di Pesisir Kabupaten Ketapang Menggunakan Metode Wilson, *13*(02), 28–37.
- [18] Yulisa, E. N., & Nasal, K. (2016). Analisis kesesuaian dan daya dukung ekowisata pantai kategori rekreasi pantai laguna desa merpas kabupaten kaur, *1*(1), 97–110.