Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

| ISSN (Online) 3025-2598 |

Artikel Penelitian

Analisis Potensi Energi Gelombang Laut Menjadi Energi Listrik Menggunakan Teknologi Pembangkit *Oscillating Water Column* di Pulau Sipora Kepulauan Mentawai

Alfikri Ikhsan [a]

[a]*Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163*

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 09 Desember 2024
Revisi Akhir: 23 Desember 2024
Diterbitkan *Online*: 30 Desember 2024

KATA KUNCI

Wave energy

Oscillating water column

Pulau sipora

KORESPONDENSI

E-mail:

alfikri.ikhsan@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

This study assesses the potential of wave energy generation in Pulau Sipora, Mentawai Islands, Indonesia, utilizing Oscillating Water Column (OWC) technology. Analysis of 2023 wave height data from ERA5 reanalysis indicates average wave heights ranging from 1.5 m to 2.5 m, classifying them as moderate. Under maximum wave conditions (2.67 m height and 5.80 s period), the net electrical power output can reach 93.06 kW. Conversely, under minimum wave conditions (0.72 m height and 3.01 s period), the output decreases to 3.51 kW. The annual average net power output is 14.81 kW, with a seasonal increase to 21.65 kW during the moderate wave period from June to October. Assuming a household energy requirement of 100 W, this capacity could supply electricity to approximately 216 homes. Additionally, the chamber width of the OWC system significantly influences power output; larger chambers enhance energy conversion efficiency. These findings suggest that Pulau Sipora possesses viable potential for developing wave energy power generation using OWC technology, offering a sustainable energy alternative, particularly during periods of moderate wave activity.

1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan dan baru (EBT) memiliki kontribusi yang krusial dalam upaya dekarbonisasi ekonomi global serta penguatan ketahanan energi nasional. Sebagai bagian dari kebijakan tersebut, pemerintah menetapkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 79 Tahun 2014[1], yang memuat target bauran EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 31% pada tahun 2050. Selanjutnya, target ini diperjelas melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang diatur dalam Peraturan Presiden No. 22 Tahun 2017. Dalam konteks energi gelombang laut yang masuk kategori EBT lainnya, pemerintah menetapkan sasaran kapasitas pembangkit sebesar 3,1 GW pada tahun 2025 dan 6,1 GW pada tahun 2050[2]. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah strategis yang terarah untuk mendorong pengembangan pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Indonesia secara lebih optimal.

Pulau Sipora salah satu pulau di Kepulauan Mentawai yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dibandingkan pulau lain di sekitarnya. Saat ini, suplai listrik di Sipora masih bergantung pada pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) yang rentan terhadap fluktuasi harga bahan bakar dan emisi karbon yang tinggi. Biaya produksi listrik

https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.29-33.2024
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

yang mahal akibat fluktuasi harga serta tantangan transportasi bahan bakar ke wilayah kepulauan menjadi persoalan yang krusial [3]. Berdasarkan data RUPTL PLN 2021–2030[4] daya mampu PLTD Tuapejat sebesar 3,4 MW dan beban puncak hingga 2,3 MW, diperlukan energi alternatif berbasis potensi lokal untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat.

Teknologi *Oscillating Water Column* (OWC) secara luas diterapkan di berbagai negara untuk mengubah energi gelombang laut menjadi listrik. Cara kerjanya melibatkan interaksi gelombang laut dengan struktur OWC yang memiliki kolom terbuka di bagian bawah untuk memungkinkan masuknya air laut. Gelombang yang masuk menyebabkan air di dalam ruang tersebut berosilasi secara vertikal, dan gerakan ini digunakan untuk menggerakkan turbin searah yang mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Teknologi ini telah berhasil diterapkan di berbagai lokasi, termasuk Islay (Skotlandia), Azores (Portugal), Mutriku (Spanyol), Sakata (Jepang), dan Australia (Ocean Linx)[5].

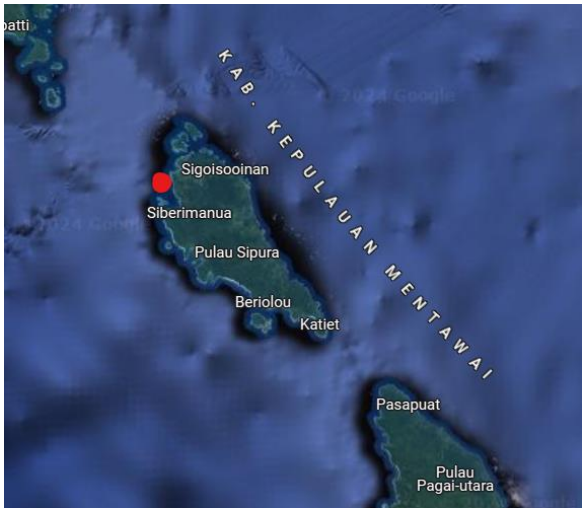
Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi penerapan teknologi OWC di Pulau Sipora menggunakan data reanalisis ERA5 untuk periode waktu pada tahun 2023. Ketinggian gelombang rata-rata antara 1,5 m hingga 2,5 m yang tergolong kategori moderate [7], menunjukkan bahwa perairan Pulau Sipora memiliki potensi yang cukup baik.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan statistik kuantitatif untuk menganalisis potensi energi gelombang yang dapat dibangkitkan di Pulau Sipora Kepulauan Mentawai. Proses analisis mencakup tahapan berikut :

2.1. Analisis Data Gelombang

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang berbasis pada reanalisis citra terhadap ketinggian gelombang laut. Data yang dijadikan dasar perhitungan adalah data ketinggian gelombang laut setiap jam selama satu tahun yang diambil dari dataset ERA5 yang tersedia dari ECMWF *(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)*, dengan cakupan waktu pada tahun 2023. Data ERA5 adalah hasil reanalisis atmosfer global yang menyediakan data dengan resolusi temporal yang sangat tinggi yaitu pada hitungan setiap jam dan spasial yang mencapai 0,25° x 0,25°[6]. Pengambilan titik untuk ekstraksi data adalah pada koordinat latitude -2.1100 dan longitude 99.4900 yang berada di perairan Pulau Sipora Kepulauan Mentawai seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Koordinat Pengambilan Data Reanalisis

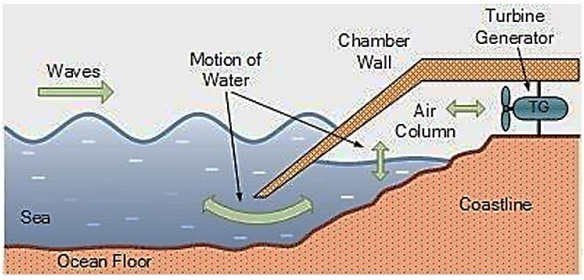
2.2. Analisis Perhitungan Energi Pembangkit

Perhitungan energi pembangkit berdasarkan skenario perhitungan menggunakan teknologi OWC *(Oscillating Water Column).* Prinsip Skema kerja alat OWC adalah mengubah energi gelombang laut menjadi energi listrik berdasarkan prinsip kerja kolom isolasi.

Gelombang yang datang dari laut akan menabrak bangunan OWC dimana pada bagian bawah bangunan OWC terdapat kolom terbuka untuk masuknya air laut, karena tumbukan gelombang air laut maka air laut yang terdapat di bagian dalam chamber OWC akan berisolasi naik turun. Gerakan naik turun ini yang digunakan untuk

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.29-33.2024

menggerakkan turbin searah [5]. Skema cara kerja teknologi OWC dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Cara Kerja Teknologi OWC [7]

Dalam melakukan perhitungan energi untuk konversi energi gelombang menjadi energi listrik, rumus perhitungan yang diperlukan menggunakan beberapa persamaan adalah sebagai berikut:

2.2.1. Perhitungan periode gelombang

Periode gelombang laut dipengaruhi oleh tinggi gelombang. Rumus perhitungan periode gelombang laut dapat menggunakan persamaan (1) berikut [8]:

$$T = 3.55\sqrt{H} \quad (1)$$

2.2.2. Perhitungan Panjang Gelombang

Setelah menghitung periode gelombang laut maka dapat menghitung panjang gelombang dengan menggunakan persamaan (2) berikut [8]:

$$\lambda = 5.12\, T^2 \quad (2)$$

2.2.3. Perhitungan Energi Gelombang

Perhitungan energi gelombang laut dengan metode *Oscillating Water Column* bisa dihitung dengan menggunakan persamaan (3) [9]. Kemudian mengambil referensi ukuran OWC pada prototipe yang dikembangkan oleh Balai Pengkajian Dinamika Pantai di Yogyakarta dengan ukuran chamber 2,4 m sebagai berikut:

$$Ew = 0{,}25 \times w \times \rho \times g \times a^2 \times \lambda \quad (3)$$

2.2.4. Perhitungan Daya yang Dibangkitkan

Setelah mengetahui energi gelombang laut dengan metode *Oscillating Water Column*, maka Daya yang dibangkitkan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (4) berikut [10]:

$$Pw = Ew/T \quad (4)$$

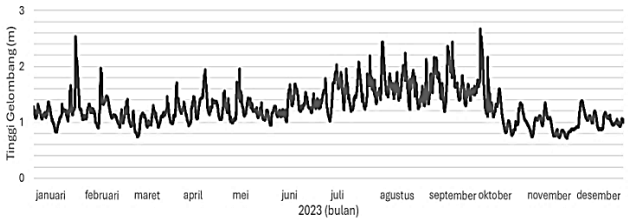
Untuk perhitungan daya netto maka dikalikan dengan efisiensi total dari sistem OWC sebesar 29% [5], seperti yang diperlihatkan pada persamaan (5).

$$Pw\ nett = Pw \times efisiensi\ OWC \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Ketinggian Gelombang Laut Tahun 2023

Gambar 3 berikut ini merupakan hasil data ketinggian gelombang sepanjang tahun 2023 dari data reanalisis ERA5. Timeframe data terdiri dari data ketinggian gelombang dalam setiap jam sepanjang tahun 2023.



Gambar 3. Ketinggian Gelombang Tahun 2023

Data fluktuasi ketinggian gelombang di tahun 2023 yang terlihat pada Gambar 3 mencatat nilai ketinggian gelombang maksimum yaitu 2,67 m yang terjadi pada bulan Oktober, sementara nilai terendah sebesar 0,72 m yang terjadi pada bulan November. Dengan rata-rata tahunan berada pada ketinggian gelombang 1,28 m. Akan tetapi jika diambil data pada musim gelombang moderate

yang dapat dilihat pada grafik terjadi pada bulan Juni hingga bulan Oktober nilai rata-rata ketinggian gelombang yaitu 1,49 m.

3.2. Potensi Daya Listrik yang dibangkitkan

Berdasarkan persamaan yang telah dijabarkan maka dapat dihitung nilai potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan dari energi gelombang laut dengan menggunakan teknologi OWC *(Oscillating Water Column)*. Hasil perhitungan daya listrik yang dihasilkan terdapat pada Tabel *1*. Nilai variabel tetap yang digunakan yaitu massa jenis air laut ρ = 1.030 kg/m^3 , percepatan gravitasi g = 9,81 m/s^2, lebar chamber OWC w = 2,4 m.[11]

Tabel 1. Perhitungan Potensi Daya Listrik yang dibangkitkan

Parameter	Maks	Min	Rata-rata	Juni-Oktober
Tinggi Gel (H) (meter)	2,8	0,7	1,3	1,5
Periode Gel (T) (detik)	5,8	3,01	4,0	4,3
Panjang Gel (l) (meter)	172,3	46,5	82,6	96,1
Energi Gel (Ew) (Joule)	1.861.478,2	36.502,4	205.094,5	323.506,5
Daya Listrik (Pw) (Watt)	320.903,1	12.117,9	51.064,7	74.655,4
Daya Listrik Net (KiloWatt)	93,1	3,5	14,8	21,7

Analisis potensi daya listrik yang dihasilkan dari energi gelombang di Pulau Sipora pada tahun 2023 menunjukkan variasi yang cukup signifikan tergantung pada kondisi gelombang yang terjadi. Pada nilai maksimum, ketika tinggi gelombang mencapai 2,67 meter dengan periode gelombang 5,80 detik, daya listrik yang dihasilkan dapat mencapai 93,06 kW. Meskipun demikian, kondisi ini jarang terjadi, sehingga tidak bisa dijadikan patokan utama dalam perencanaan pembangkit energi berbasis gelombang.

Pada nilai minimum, dengan tinggi gelombang hanya mencapai 0,72 meter dan periode gelombang 3,01 detik, daya yang dihasilkan turun menjadi 3,51 kW. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kondisi gelombang tidak optimal, pembangkit masih dapat menghasilkan daya, meskipun dalam kapasitas yang jauh lebih rendah. Pada kondisi rata-rata tahunan, daya listrik bersih yang dihasilkan adalah 14,81 kW, dengan tinggi gelombang 1,28 meter dan periode gelombang 4,02 detik. Angka ini memberikan gambaran tentang daya yang bisa diharapkan sepanjang tahun, meskipun tetap ada fluktuasi tergantung pada musim dan kondisi cuaca. Namun, jika data diambil hanya pada musim gelombang moderat antara bulan Juni hingga Oktober, daya yang dihasilkan meningkat menjadi 21,65 kW. Ini menunjukkan potensi yang lebih besar selama periode tersebut, di mana gelombang cenderung lebih stabil. Dengan asumsi kebutuhan daya rumah tangga nelayan atau masyarakat sekitar adalah 100 watt per rumah, daya sebesar 21,65 kW dapat mencukupi kebutuhan listrik untuk sekitar 216 rumah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pembangkit berbasis energi gelombang dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kebutuhan energi lokal, meskipun dengan kapasitas yang bervariasi.

Penting juga untuk dicatat bahwa selain tinggi gelombang dan periode gelombang, lebar chamber dari sistem pembangkit, seperti OWC (Oscillating Water Column), juga berperan penting dalam menentukan jumlah daya yang dapat dihasilkan. Lebar chamber yang lebih besar dapat meningkatkan efisiensi konversi energi gelombang menjadi listrik, yang pada gilirannya meningkatkan kapasitas daya yang dihasilkan oleh sistem.[12]

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan potensi energi listrik di Pulau Sipora, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Wilayah perairan Pulau Sipora memiliki potensi untuk menghasilkan energi terbarukan dari PLTGL dengan menggunakan teknologi *Oscillating Water Column*

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.29-33.2024

2. Daya yang tertinggi dihasilkan di bulan Oktober sebesar 93,06 kW. Daya yang terendah dihasilkan di bulan November sebesar 3,51 kW. Daya rata-rata sepanjang tahun sebesar 14,81 kW.
3. Daya musim moderate pada bulan Juni hingga bulan Oktober menghasilkan daya listrik sebesar 21,65 kW.
4. Nilai daya listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh karakteristik ketinggian gelombang dan dimensi chamber OWC yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] PP No. 79, "PP No. 79 Thn 2014.pdf." pp. 1–36, 2014.

[2] J. Dixon, "Ruen," *Notes Queries*, vol. s7-XI, no. 287, p. 508, 1891, doi: 10.1093/nq/s7-XI.287.508-b.

[3] J. Wang, C. Song, Z. Huang, A. Campbell, and M. Konarova, "Remote island renewable transition potential: Affordable, reliable and sustainable generation optimisation for Mornington island," *Renew. Sustain. Energy Transit.*, vol. 5, no. March, p. 100084, 2024, doi: 10.1016/j.rset.2024.100084.

[4] RUPTL, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN PERSERO," *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 51–66, 2021, [Online]. Available: http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006%0Ahttps://doi.org/10.1.

[5] A. Pecher and J. P. Kofoed, *Handbook of Ocean Wave Energy*, *Springer Open*. 2017.

[6] H. Hersbach *et al.*, "The ERA5 global reanalysis," *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 146, no. 730, pp. 1999–2049, 2020, doi: 10.1002/qj.3803.

[7] B. S. Priyoko Prayitnoadi, "Desain Konseptual Konfigurasi Oscillating Water Column Guna Memanfaatkan Potensi Energi Gelombang Laut Di Kabupaten Sumba Barat Daya," *J. Inst. Teknol. Telkom Surabaya*, pp. 17–32, 2022.

[8] M. R. Azizie, D. A. Wicaksono, and F. Fitriana, "Analisis Energi Gelombang Air Laut Menggunakan Teknologi Ocillating Water Column," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3148.

[9] Faulincia, "Dengan Metoda Oscilating Water Column Di Perairan," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, vol. 4, no. 1, pp. 7–14, 2019.

[10] G. M. Masters, "Renewable and efficient electric power systems," *Choice Rev. Online (*, no. 06, doi: 10.1115/1.3043816.

[11] L. A. Mardiansyah, A. Ismanto, and W. B. Setyawan, "Kajian Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) dengan Sistem Oscilatting Water Column (OWC) Di Perairan Pantai Bengkulu," *J. Oseanografi*, vol. 3, no. 3, pp. 328–337, 2014, [Online]. Available: http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/joseJl.Prof.Sudarto,SHTembalangTlp./Fax.

[12] M. Sidik and N. Sinaga, "Potensi Pemanfaatan Gelombang Laut Menjadi Tenaga Listrik Dengan Metoda Oscillating Water Column di Pulau Bawean Gresik," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 4, no. 2, pp. 132–144, 2023, doi: 10.14710/jebt.2023.17306.

NOMENKLATUR

Nomenklatur disertai arti dari semua persamaan matematika ataupun nomenklatur lain di alam artikel, dituliskan pada bagian ini.

T	arti dari Periode (detik)
H	arti dari Tinggi Gelombang (meter)
λ	arti dari Panjang Gelombang (meter)
Ew	arti dari Energi gelombang (Joule)
w	arti dari lebar chamber OWC (meter)
ρ	arti dari Massa jenis air laut (Kg/m^3)
g	arti dari Gravitasi Bumi ($m/detik^2$)
a	arti dari Amplitudo Gelombang (H/2)
Pw	arti dari Daya Listrik (Watt)