



KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT METODE OSCILLATING WATER COLUMN DI TEMAJUK KALIMANTAN BARAT

Syahrul¹, Yandri², Kho Hie Khwee³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

¹syahrulrasyid@student.untan.ac.id

Abstract

Indonesia, as a maritime country, has significant potential for utilizing ocean wave energy as a renewable energy source. One of the areas with such potential is Temajuk Beach, Sambas Regency, West Kalimantan. This study aims to analyze ocean wave characteristics and calculate the potential electrical power generated using the Oscillating Water Column (OWC) method. The research employed a quantitative approach using wave height data from August 2024 to July 2025 obtained from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), along with seawater density data measured directly at the research site with an average value of 1.017 kg/m^3 . The calculations were conducted theoretically using an OWC chamber cross-sectional area of 4 m^2 and a total system efficiency of 11.917%. The results showed that electrical power production fluctuated significantly due to seasonal influences. The highest power output occurred in January 2025 at 421,010.751 watts, while the lowest occurred in August 2024 at 4,695.739 watts, with a total annual accumulated power of 1,348,561.084 watts. These findings indicate that Temajuk Beach has the potential to be developed as a site for an Oscillating Water Column (OWC)-based Wave Power Plant to support sustainable electricity needs in coastal areas.

Keywords: Ocean wave energy, Wave Power Plant, Oscillating Water Column, Temajuk Beach

Article History

Received: June 2026

Reviewed: July 2026

Published: July 2026

Plagiarism Checker No.:
237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed
under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Abstrak

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi besar dalam pemanfaatan energi gelombang laut sebagai sumber energi terbarukan. Salah satu wilayah yang memiliki potensi tersebut adalah Pantai Temajuk, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik gelombang laut dan menghitung potensi daya listrik menggunakan metode Oscillating Water Column (OWC). Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan data tinggi gelombang periode Agustus 2024-Juli 2025 dari ECMWF serta data massa jenis air laut hasil pengukuran langsung sebesar 1.017 kg/m^3 . Perhitungan dilakukan secara teoritis dengan luas penampang chamber OWC 4 m^2 dan efisiensi sistem 11,917%. Hasil penelitian menunjukkan daya listrik mengalami fluktuasi akibat pengaruh musim. Daya tertinggi terjadi pada Januari 2025 sebesar 421.010,751 watt dan terendah pada Agustus 2024 sebesar 4.695,739 watt, dengan total akumulasi daya selama satu tahun mencapai 1.348.561,084 watt. Hasil tersebut menunjukkan Pantai Temajuk berpotensi dikembangkan sebagai lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) metode OWC untuk mendukung kebutuhan listrik berkelanjutan di wilayah pesisir

Kata Kunci: Energi gelombang laut, PLTGL, Oscillating Water Column, Pantai Temajuk

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pesatnya perkembangan teknologi di Indonesia, kebutuhan akan energi listrik terus mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini menjadikan energi listrik sebagai elemen krusial yang menopang berbagai lini kehidupan masyarakat.

Hampir keseluruhan pembangkit listrik yang ada di Indonesia saat ini masih menggunakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui seperti batu bara. Apabila sumber energi tidak terbarukan ini terus dipakai secara terus-menerus, dapat mengakibatkan kepunahan energi. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengungkapkan bahwa cadangan batu bara nasional per 2023 tercatat mencapai 31,7 miliar ton. Jumlah tersebut cukup untuk memenuhi kebutuhan hingga 50-60 tahun ke depan, tanpa adanya penemuan cadangan baru [1].

Untuk mencegah kepunahan sumber energi tersebut diperlukan suatu terobosan baru berupa energi alternatif agar kebutuhan energi listrik dapat terus terpenuhi. Terutama sumber energi terbarukan yaitu: air, angin, surya, biomassa, geothermal dan gelombang laut. Indonesia sebagian besar wilayahnya adalah lautan. Meskipun demikian, belum ada pemanfaatan yang maksimal terutama untuk pembangkit listrik. Gelombang laut dapat digunakan sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik. Oleh karena itu, perlu adanya kajian maupun penelitian agar dapat dimanfaatkan.

Sebagai negara maritim terbesar di dunia, Indonesia memiliki banyak potensi sumber daya alam yang bisa dimanfaatkan, termasuk energi gelombang laut sebagai sumber energi terbarukan. Indonesia juga negara dengan panjang garis pantai terbesar kedua di dunia dengan panjang garis pantai sekitar 54.720 km yang meliputi lebih dari 17.000 pulau [2]. Salah satunya desa Temajuk yang memiliki garis pantai sepanjang 60 km. Desa Temajuk terletak di Kecamatan Paloh, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat, dan berbatasan langsung dengan Malaysia. Pantai ini terkenal dengan keindahan alamnya yang masih alami, pasir putih yang lembut, dan air laut

yang jernih. Garis pantai yang panjang membuat pembangkit listrik tenaga gelombang laut berpotensi untuk dioperasikan di Desa Temajuk.

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut pada dasarnya memiliki prinsip kerja yaitu mengkonversi energi gelombang laut (energi mekanik) menjadi energi listrik[14]. Akumulasi energi gelombang laut akan memutar turbin yang dihubungkan ke generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga gelombang laut ada beberapa metoda yaitu Point Absorber, Overtopping, Palamis, dan Oscillating Water Column (OWC).

Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) metode OWC dipilih karena cocok ditempatkan di daerah pesisir dan bisa dibangun di tepi pantai atau dekat garis pantai. Gelombang laut selalu ada baik siang maupun malam, dan terkhusus untuk metode OWC memiliki keunggulan yaitu distribusi dan pemeliharaannya yang lebih mudah karena sebagian besar komponen berada di darat atau dalam struktur tertutup.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teknologi Oscillating Water Column (OWC)

Oscillating Water Column (OWC) merupakan teknologi yang digunakan untuk mengkonversi energi dari gelombang laut menjadi energi listrik dengan menerapkan prinsip kolom osilasi. Cara kerja sistem OWC yaitu dengan menangkap energi gelombang laut yang masuk ke arah lubang pintu OWC, sehingga menyebabkan terjadinya fluktuasi atau osilasi dari gerakan air di dalam chamber OWC, sehingga menghasilkan tekanan udara dan tekanan udara inilah yang akan menggerakkan turbin, lalu generator akan mengubah energi pada turbin menjadi energi listrik[13].

2.2. Bagian Utama PLTGL-OWC

1. Chamber (Ruang Kolom Air)

Chamber (ruang kolom air) adalah struktur beton atau baja yang terendam sebagian dilaut, berfungsi menampung air laut yang naik-turun (berosilasi) akibat gelombang, sekaligus memerangkap udara di atasnya.

2. Turbin

Turbin adalah koponen yang diletakkan di bagian atas kolom osilasi. Turbin ini digerakkan oleh tekanan udara yang didorong keluar atau dihisap masuk oleh pergerakan air didalam kolom. Biasanya digunakan jenis turbin khusus seperti turbin *wells* yang dapat berputar ke satu arah meskipun arah aliran udaranya bolak-balik.

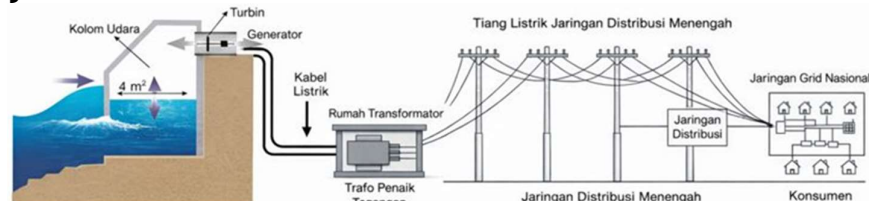
3. Generator

Generator adalah perangkat yang terhubung dengan turbin, berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator asinkron (atau generator induksi) adalah komponen krusial yang umum digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) jenis *Oscillating Water Column* (OWC). Generator ini berfungsi mengubah energi mekanik dari putaran turbin (yang digerakkan oleh udara hasil dorongan ombak) menjadi energi listrik arus bolak-balik (AC).

4. Sistem Transmisi/Kelistrikan

Sistem transmisi/kelistrikan adalah kabel dan komponen elektronik untuk menyalurkan energi listrik yang dihasilkan ke daratan atau jaringan listrik.

2.3. Skema Kerja PLTGL OWC



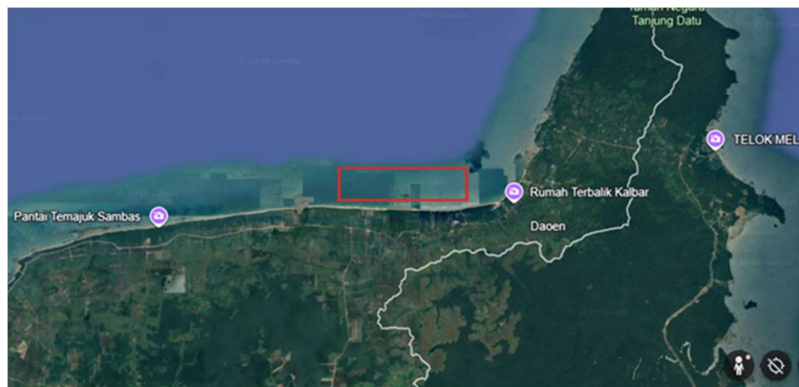
Gambar 1. Skema kerja PLTGL OWC

1. Tahap Induksi Gelombang
Gelombang laut masuk ke ruang OWC sehingga permukaan air naik-turun dan menghasilkan aliran udara bolak-balik di dalam kolom udara.
2. Tahap Konversi Mekanik
Aliran udara memutar turbin *Wells* yang terhubung dengan generator untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.
3. Tahap Transformasi
Listrik dari generator dialirkan ke transformator untuk menaikkan tegangan agar mengurangi rugi-rugi daya saat transmisi.
4. Tahap Distribusi
Listrik bertegangan menengah disalurkan melalui jaringan distribusi menuju gardu dan konsumen untuk digunakan sehari-hari.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laut pantai Temajuk disekitar titik koordinat $1^{\circ}59'57.0''$ Lintang Utara dan $109^{\circ}33'31.4''$ Bujur Timur. Pantai ini memiliki garis pantai yang sangat panjang, mencapai sekitar 44 km hingga 60 km.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

3.2. Data Tinggi Gelombang

Data rata-rata tinggi gelombang laut Temajuk diperoleh dari data sekunder yang bersumber dari European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) dengan resolusi waktu per jam selama periode satu tahun, yaitu mulai bulan Agustus 2024 hingga Juli 2025. Data tersebut kemudian diolah dan dinormalisasikan ke dalam skala harian guna mempermudah proses analisis dan perhitungan lebih lanjut. Berikut adalah Data Tinggi gelombang laut Temajuk Perhari Agustus 2024-Juli 2025.

Tabel 1. Data Rata-rata Tinggi gelombang laut (m) Temajuk Perhari Agustus 2024-Juli 2025

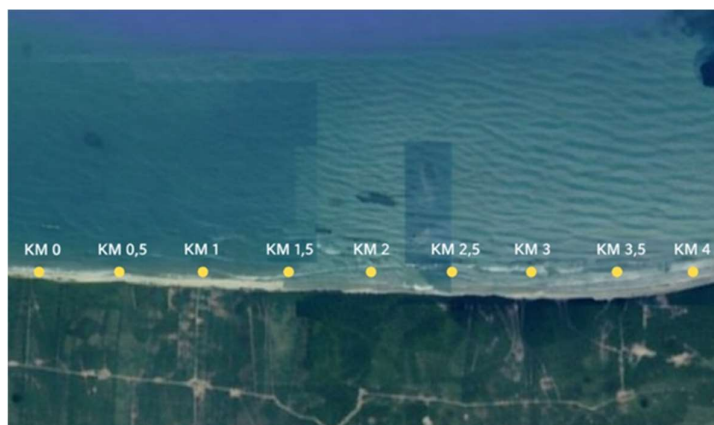
Tgl	Bulan											
	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	0,165	0,428	0,179	0,486	1,207	1,507	1,203	0,925	0,785	0,520	0,263	0,179
2	0,234	0,317	0,296	0,638	0,905	1,426	0,968	0,765	0,902	0,502	0,375	0,377
3	0,219	0,275	0,486	0,661	0,765	1,127	0,828	0,601	0,946	0,474	0,277	0,315
4	0,169	0,334	0,625	0,557	0,709	1,235	0,858	0,518	1,045	0,434	0,245	0,269
5	0,205	0,195	0,806	0,536	0,820	1,521	1,521	0,398	0,883	0,330	0,252	0,175
6	0,143	0,286	0,768	0,592	0,746	1,551	1,488	0,356	0,712	0,263	0,269	0,239



7	0,218	0,309	0,757	0,729	0,790	1,366	1,191	0,373	0,730	0,259	0,278	0,493
8	0,237	0,349	0,609	1,001	0,873	1,187	1,084	0,501	0,650	0,236	0,288	0,258
9	0,245	0,294	0,509	1,145	1,223	1,352	1,771	1,066	0,604	0,219	0,251	0,280
10	0,197	0,259	0,471	1,109	1,371	1,319	1,954	1,067	0,525	0,187	0,293	0,368
11	0,282	0,397	0,446	0,906	1,350	1,946	1,633	1,040	0,461	0,221	0,396	0,278
12	0,259	0,299	0,499	0,783	0,927	2,197	1,130	0,876	0,347	0,272	0,241	0,341
13	0,183	0,363	0,561	0,701	0,777	2,216	0,812	0,821	0,276	0,236	0,217	0,254
14	0,180	0,327	0,625	0,776	0,780	1,640	0,717	0,639	0,294	0,323	0,298	0,267
15	0,183	0,298	0,638	0,729	1,124	1,124	0,756	0,627	0,510	0,423	0,293	0,377
16	0,176	0,322	0,629	0,693	1,388	0,959	0,813	0,512	0,662	0,425	0,263	0,368
17	0,167	0,209	0,538	0,608	1,593	1,682	0,749	0,581	0,618	0,370	0,246	0,318
18	0,206	0,289	0,441	0,845	1,385	1,752	0,808	0,970	0,476	0,316	0,266	0,274
19	0,186	0,384	0,393	0,851	1,517	1,548	0,825	1,468	0,373	0,331	0,372	0,306
20	0,184	0,333	0,444	1,080	1,772	1,391	0,912	1,854	0,385	0,338	0,324	0,351
21	0,246	0,342	0,393	1,232	1,862	1,135	0,958	1,598	0,357	0,214	0,334	0,329
22	0,223	0,273	0,368	1,257	1,739	1,190	0,929	1,417	0,322	0,216	0,285	0,248
23	0,250	0,414	0,637	0,991	1,503	0,918	0,833	1,251	0,271	0,212	0,191	0,191
24	0,249	0,335	0,743	1,064	1,303	0,903	0,948	1,055	0,219	0,207	0,213	0,209
25	0,315	0,309	0,850	1,008	1,273	0,783	1,250	0,845	0,270	0,188	0,284	0,196
26	0,267	0,271	0,781	0,977	1,097	0,645	1,361	0,651	0,230	0,227	0,246	0,224
27	0,282	0,313	0,687	1,073	0,891	0,993	1,365	0,473	0,268	0,239	0,160	0,269
28	0,313	0,308	0,493	1,141	0,817	1,712	1,150	0,340	0,414	0,270	0,176	0,266
29	0,353	0,253	0,403	1,410	1,228	1,829		0,264	0,528	0,514	0,269	0,292
30	0,213	0,224	0,370	1,570	1,776	1,601		0,248	0,520	0,407	0,238	0,230
31	0,386		0,332		1,458	1,414		0,370		0,339		0,284

3.3. Data Pengukuran Massa Jenis Air Laut

Data massa jenis air laut di wilayah Temajuk diperoleh melalui pengujian dan pengukuran langsung di lokasi penelitian. Pengambilan data dilakukan sebanyak 9 kali pengukuran yang tersebar secara merata di sepanjang garis pantai dengan panjang total sekitar 4 km, dimulai dari km 0 hingga km 4 dengan interval setiap 0,5 km. Pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh gambaran distribusi massa jenis air laut pada setiap titik lokasi, sehingga dapat diketahui variasi karakteristik air laut di sepanjang area penelitian secara lebih akurat.



Gambar 3. Lokasi Titik Pengukuran Massa Jenis Air Laut



Berikut merupakan hasil pengukuran massa jenis air laut yang telah dilakukan pada sembilan titik pengamatan di sepanjang garis pantai Temajuk. Pengukuran dilakukan mulai dari KM 0 hingga KM 4 dengan interval setiap 0,5 km.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Massa Jenis Air Laut Temajuk

NO	Km	kg/liter
1	0	1,018
2	0,5	1,019
3	1	1,017
4	1,5	1,016
5	2	1,017
6	2,5	1,016
7	3	1,016
8	3,5	1,016
9	4	1,019
Rata-rata		1,017

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai massa jenis air laut berkisar antara 1,016 kg/liter hingga 1,019 kg/liter. Perbedaan nilai pada setiap titik menunjukkan adanya variasi kecil yang kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, salinitas, dan kondisi perairan setempat. Secara keseluruhan, rata-rata massa jenis air laut di lokasi penelitian adalah sebesar 1,017 kg/liter, yang menunjukkan bahwa karakteristik air laut di wilayah tersebut relatif stabil dan tidak mengalami perbedaan yang signifikan di sepanjang area pengamatan. Untuk mengubah massa jenis air laut satuan kg/liter ke kg/m³, cukup mengalikannya dengan 1000, karena dalam 1 m³ terdapat 1000 liter.

$$\begin{aligned}
 \text{Massa jenis (kg/m}^3\text{)} &= \text{Massa jenis (kg/liter)} \times 1.000 \\
 &= 1,017 \times 1000 \\
 &= 1.017 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

3.5. Perhitungan Pada PLTGL - OWC

3.5.1. Perhitungan Periode dan Panjang Gelombang

Periode gelombang laut merupakan durasi yang diperlukan oleh satu gelombang untuk melewati satu titik tetap, yang nilainya dipengaruhi oleh karakteristik fisik gelombang di lokasi penelitian. Berdasarkan rata-rata tinggi gelombang di perairan, periode gelombang dapat diestimasi menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Kim Nielsen dengan rumus[3]:

$$T = 3,55/H \quad (3.1)$$

Keterangan:

T = Periode gelombang (s)

H = Tinggi gelombang (m)

Setelah mengetahui periode gelombang laut maka dapat dihitung besar Panjang gelombang dengan menggunakan rumus[3]:

$$\lambda = 5,12T^2 \quad (3.2)$$

Keterangan:

λ = Panjang gelombang (m)

T = Periode gelombang (s)



3.5.2. Perhitungan Energi dan Daya PLTGL-OWC

Konversi energi pada sistem Oscillating Water Column (OWC) dimulai dari pemanfaatan energi potensial gelombang menjadi tekanan udara dengan asumsi luas penampang ruang kolom OWC sebesar 4m^2 . Besar energi gelombang yang tersedia pada kolom air dapat dihitung dengan menggunakan rumus[3]:

$$E_G = \frac{1}{4} w \rho g a^2 \lambda \quad (3.3)$$

Keterangan:

E_G = Energi Gelombang (joule)

w = Luas penampang *chamber* OWC (4 m^2)

ρ = Massa jenis air laut (kg/m^3)

g = Gravitasi bumi ($9,81\text{ m/s}^2$)

a = Amplitudo gelombang ($a = H/2$)

H = Tinggi gelombang (m)

λ = Panjang gelombang (m)

Setelah nilai energi gelombang diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung daya gelombang dengan menggunakan rumus[3]:

$$P_G = \frac{E_G}{T} \quad (3.4)$$

Keterangan:

P_G = Daya Gelombang (watt)

E_G = Energi Gelombang (joule)

T = Periode gelombang (s)

Setelah didapat daya gelombang barulah kita bisa menghitung daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh energi gelombang dengan rumus[5]:

$$P_L = P_G \cdot \eta_{\text{OWC}} \quad (3.5)$$

Keterangan:

P_L = Daya Listrik

η_{OWC} = Efisiensi Total Pembangkit OWC

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perhitungan Daya Listrik PLTGL-OWC Perhari (watt)

Hasil perhitungan daya listrik Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) dengan metode *Oscillating Water Column* (OWC) per hari menunjukkan adanya variasi nilai daya yang dipengaruhi oleh perubahan karakteristik gelombang laut pada setiap waktu pengamatan. Data hasil perhitungan ini digunakan untuk menggambarkan potensi energi listrik harian yang dapat dihasilkan serta menjadi dasar dalam menganalisis kinerja sistem PLTGL-OWC di lokasi penelitian.



Tabel 3. Hasil Perhitungan Daya Listrik PLTGL-OWC Perhari (watt)

Tgl	Bulan											
	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	59,857	649,339	73,154	891,810	8640,878	15072,400	8572,512	4443,914	2950,472	1055,213	192,519	73,458
2	142,469	304,668	257,929	1756,309	4209,472	13127,242	4982,557	2764,506	4179,473	965,233	464,070	471,159
3	121,760	213,988	890,759	1920,512	2764,788	7281,417	3369,306	1509,867	4698,431	833,773	219,137	300,714
4	63,783	347,577	1671,492	1252,014	2283,451	9151,546	3682,293	1041,178	6033,959	669,408	160,247	203,361
5	102,812	91,258	3150,081	1135,494	3287,411	15418,748	15409,775	540,485	3953,703	338,190	172,825	69,695
6	41,786	235,891	2795,943	1454,826	2599,525	16195,820	14587,625	407,855	2307,339	191,093	202,050	151,212
7	120,518	286,674	2695,647	2448,916	2993,976	11774,966	8372,007	458,716	2458,818	184,099	221,124	922,590
8	147,665	387,832	1562,314	5421,242	3843,676	8297,944	6604,265	959,985	1841,588	145,479	240,976	182,307
9	160,369	252,346	999,550	7575,150	8936,283	11484,017	22553,180	6339,467	1534,754	121,927	170,482	224,339
10	93,408	184,646	822,737	6995,482	11884,393	10789,468	28840,848	6347,603	1079,731	81,270	252,002	443,648
11	228,149	536,328	715,852	4222,348	11432,585	28541,648	18401,321	5961,459	780,693	123,638	531,848	220,638
12	185,317	263,388	949,977	2934,464	4474,700	38632,196	7331,973	3874,738	382,278	207,907	153,696	366,883
13	77,535	429,335	1273,066	2226,175	2878,810	39482,410	3209,204	3300,442	215,253	146,189	118,771	174,926
14	74,168	330,447	1666,911	2866,136	2901,223	18604,474	2351,873	1766,273	252,503	320,736	262,759	199,499
15	77,710	261,537	1759,714	2455,131	7228,230	7237,441	2681,167	1680,023	1001,439	628,479	250,929	471,275
16	69,820	316,791	1695,058	2159,185	12257,089	4868,768	3223,357	1014,243	1925,854	637,994	190,997	443,237
17	61,785	107,728	1144,479	1558,102	17315,954	19829,346	2625,297	1392,216	1621,541	448,435	162,411	308,901
18	104,186	243,409	697,343	3545,112	12197,430	21948,373	3170,221	5002,814	846,156	302,217	196,639	212,436
19	81,019	495,183	523,212	3606,167	15303,258	16110,037	3341,979	14114,870	460,111	340,608	456,619	280,368
20	78,536	346,362	709,056	6551,586	22578,869	12332,319	4286,762	25274,801	495,475	358,239	323,679	394,828
21	162,947	368,676	524,447	9100,789	25552,484	7421,991	4857,916	17437,818	411,927	114,105	349,241	336,358
22	126,742	210,416	444,250	9564,185	21556,489	8349,380	4494,615	12920,824	318,269	117,144	233,533	164,858
23	169,255	595,595	1752,867	5282,540	14952,949	4360,792	3417,273	9461,881	207,170	112,320	86,169	86,648
24	167,151	350,055	2572,120	6307,484	10474,852	4181,176	4722,575	6175,143	121,138	105,629	112,975	108,150
25	301,457	287,722	3602,583	5512,025	9881,445	2931,628	9433,126	3543,901	203,873	83,284	232,326	91,354
26	198,969	206,400	2909,035	5099,662	6805,832	1801,896	11680,146	1848,027	136,613	132,086	162,441	128,684
27	227,383	295,452	2111,075	6438,342	4047,988	5303,753	11770,853	831,759	199,977	150,335	55,527	203,277
28	295,020	283,546	920,267	7509,741	3256,280	20726,696	7665,069	364,270	596,691	204,482	70,632	197,721
29	400,715	173,695	558,476	12751,535	9025,082	24455,069		193,123	1095,086	1025,101	203,161	249,841
30	113,725	127,657	449,131	16698,520	22718,246	17527,782		165,471	1055,213	571,169	149,536	137,327
31	499,580		344,173		13870,507	12842,407		450,238		360,176		231,934

4.2. Hasil Perhitungan Daya Listrik Setahun

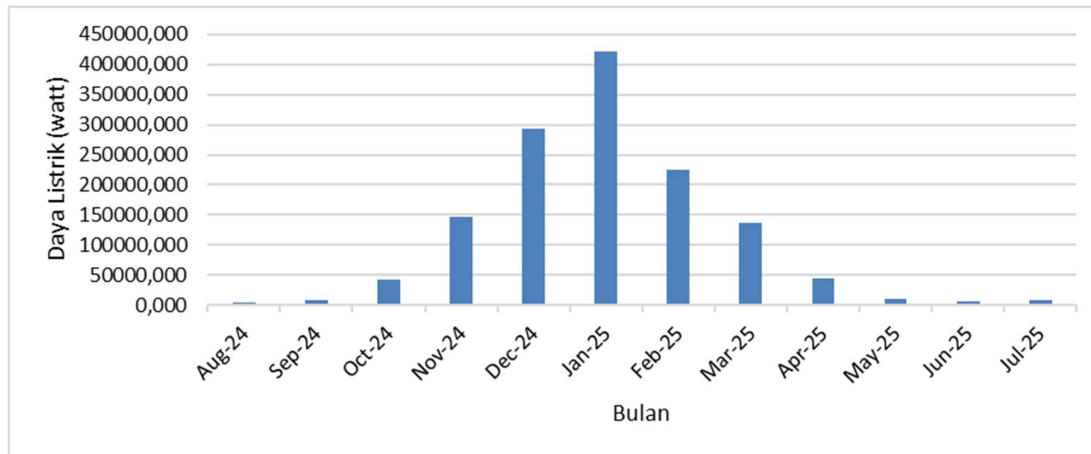
Hasil perhitungan daya listrik setahun merupakan akumulasi dari hasil perhitungan daya listrik PLTGL metode Oscillating Water Column (OWC) per hari selama periode satu tahun pengamatan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui total potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari pemanfaatan energi gelombang laut di lokasi penelitian. Nilai daya listrik tahunan yang diperoleh menunjukkan besarnya potensi energi yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan, serta memberikan gambaran mengenai pengaruh perubahan kondisi gelombang laut terhadap jumlah energi listrik yang dihasilkan sepanjang tahun.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Daya Listrik Selama Setahun

No	Bulan	Tinggi Gelombang (m)	Daya Listrik (watt)
1	Agu-24	0,230	4.695,739
2	Sep-24	0,310	9.183,940
3	Okt-24	0,541	42.169,542
4	Nov-24	0,905	147.240,984



5	Des-24	1,192	293.513,277
6	Jan-25	1,393	421.010,751
7	Feb-25	1,101	225.639,092
8	Mar-25	0,789	137.143,997
9	Apr-25	0,519	43.365,529
10	Mei-25	0,313	10.020,747
11	Jun-25	0,270	65.99,321
12	Jul-25	0,285	79.78,165
Total Daya Listrik (watt)			1.348.561,084



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Daya Listrik Selama Setahun

4.3. Analisis Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan daya listrik selama satu tahun pada bulan Agustus 2024-Juli 2025 yang disajikan pada Tabel 4, terdapat beberapa poin penting yang dapat dianalisis lebih lanjut:

1. Pengaruh Musim terhadap Potensi Daya

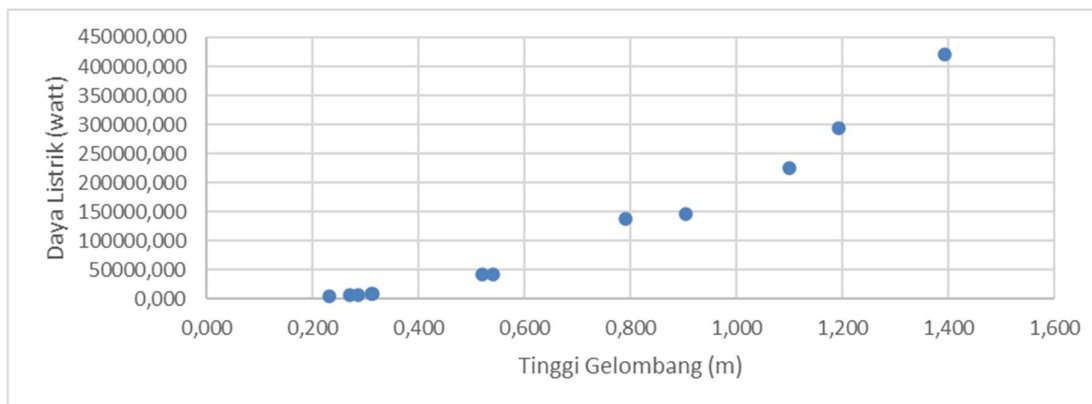
Berdasarkan hasil perhitungan daya listrik selama satu tahun (Agustus 2024 - Juli 2025), terlihat bahwa produksi daya listrik PLTGL metode *Oscillating Water Column* (OWC) di Pantai Temajuk mengalami fluktuasi yang dipengaruhi oleh pola musim. Daya listrik tertinggi terjadi pada bulan Januari 2025 sebesar 421.010,751 watt, sedangkan daya terendah terjadi pada bulan Agustus 2024 sebesar 4.695,739 watt. Kondisi ini sesuai dengan teori pola musim di Indonesia yang dipengaruhi oleh sistem angin monsun. Pada musim barat (November-Maret), angin bertiup dari Benua Asia menuju Australia sehingga meningkatkan kecepatan angin di wilayah perairan dan menyebabkan tinggi gelombang meningkat. Hal ini terlihat pada data penelitian di mana tinggi gelombang dan daya listrik mulai meningkat pada bulan November dan mencapai puncaknya pada bulan Desember hingga Januari. Selanjutnya pada musim peralihan (Maret-Mei) kondisi angin menjadi tidak stabil sehingga tinggi gelombang mulai menurun dan menyebabkan penurunan daya listrik yang dihasilkan. Pada musim timur (Juni-September) tinggi gelombang cenderung lebih rendah sehingga energi gelombang yang masuk ke sistem OWC juga lebih kecil. Hal ini menyebabkan daya listrik yang dihasilkan pada periode tersebut relatif rendah dibandingkan musim barat.

2. Pengaruh Parameter Fisik Gelombang

Karakteristik gelombang laut merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan potensi energi gelombang yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Dalam penelitian ini, karakteristik gelombang dianalisis berdasarkan data tinggi gelombang laut yang diperoleh dari data ECMWF pada periode Agustus 2024 hingga Juli 2025 di perairan Pantai Temajuk. Berdasarkan hasil pengolahan data, tinggi gelombang laut di lokasi penelitian memiliki variasi yang cukup signifikan sepanjang tahun. Tinggi gelombang



minimum tercatat sekitar 0,230 m yang terjadi pada bulan Agustus, sedangkan tinggi gelombang maksimum mencapai sekitar 1,393 m yang terjadi pada bulan Januari. Variasi tinggi gelombang ini menunjukkan adanya pengaruh kondisi musim terhadap dinamika gelombang laut di wilayah penelitian.



Gambar 5. Grafik Hubungan Tinggi Gelombang dan Daya Listrik

Berdasarkan grafik hubungan antara tinggi gelombang (H) dan daya listrik (P_L), terlihat bahwa peningkatan tinggi gelombang menyebabkan kenaikan daya listrik yang sangat signifikan dan bersifat nonlinier. Pola grafik menunjukkan kurva naik tajam, terutama pada tinggi gelombang di atas 1 meter.

Secara teoritis, kondisi ini terjadi karena energi gelombang berbanding lurus terhadap tinggi gelombang (H). Semakin besar tinggi gelombang, maka energi mekanik yang tersedia dalam sistem meningkat secara eksponensial. Energi tersebut kemudian dikonversi menjadi daya gelombang dan selanjutnya menjadi daya listrik setelah dikalikan dengan efisiensi sistem OWC.

Selain tinggi gelombang, periode gelombang (T) juga mempengaruhi daya listrik karena periode menentukan panjang gelombang (λ). Panjang gelombang yang lebih besar menunjukkan bahwa energi tersebar dalam jarak yang lebih panjang, sehingga volume massa air yang berosilasi di dalam *chamber* OWC meningkat. Dengan luas penampang kolom sebesar 4 m^2 , peningkatan volume osilasi air akan menghasilkan tekanan udara yang lebih besar dalam kolom udara, sehingga turbin wells berputar dengan daya yang lebih tinggi. Dengan demikian, tinggi gelombang merupakan parameter dominan dalam menentukan daya listrik, sedangkan periode dan panjang gelombang berperan sebagai parameter pendukung yang memperkuat besarnya energi yang dapat dikonversi.

3. Rekomendasi Pemanfaatan

Energi dengan total daya setahun mencapai 1.348.561,084 watt, PLTGL metode OWC di Pantai Temajuk memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Meskipun pasokannya fluktuatif, rata-rata daya yang dihasilkan pada musim puncak dapat digunakan untuk mendukung kebutuhan listrik di kawasan wisata atau pemukiman pesisir Temajuk. Untuk mengatasi penurunan daya pada musim tenang (Mei-Juli), disarankan adanya integrasi dengan sistem penyimpanan energi seperti baterai atau dikombinasikan dengan energi terbarukan lain seperti panel surya.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan perhitungan dari data skunder dari ECMWF berupa tinggi gelombang laut selama satu tahun dari Agustus 2024 sampai Juli 2025 menggunakan metode *Oscillating Water Column* (OWC) maka didapat kesimpulan:

1. Karakteristik gelombang laut di lokasi penelitian menunjukkan fluktuasi musiman, di mana tinggi gelombang meningkat pada musim angin kuat dan menurun pada musim tenang. Tinggi



gelombang maksimum terjadi pada Januari 2025 sebesar 1,393 m, sedangkan minimum pada Agustus 2024 sebesar 0,230 m.

2. Hasil analisis menunjukkan bahwa tinggi gelombang berpengaruh signifikan terhadap energi gelombang dan daya listrik yang dihasilkan oleh sistem *Oscillating Water Column*.
3. Dengan luas penampang chamber 4 m² dan efisiensi sistem 11,917%, daya listrik maksimum terjadi pada Januari 2025 sebesar 421.010,751 watt, sedangkan minimum pada Agustus 2024 sebesar 4.695,739 watt. Total akumulasi daya listrik selama satu tahun mencapai 1.348.561,084 watt.
4. Pantai Temajuk memiliki potensi untuk pengembangan PLTGL, namun produksi listrik dipengaruhi oleh variasi musim sehingga diperlukan sistem penyimpanan energi atau integrasi dengan sumber energi terbarukan lain agar suplai listrik lebih stabil.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan data pengukuran langsung tinggi gelombang untuk meningkatkan akurasi hasil perhitungan.
2. Disarankan dilakukan analisis kelayakan teknis dan ekonomis sebelum implementasi skala nyata, termasuk perhitungan biaya instalasi, pemeliharaan, dan umur sistem.
3. Untuk menjaga kestabilan suplai listrik, sistem PLTGL metode OWC sebaiknya dikombinasikan dengan sistem penyimpanan energi atau sumber energi terbarukan lainnya seperti PLTS atau PLTB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. N. Setiawan, "Cadangan Batu Bara RI Cukup Hingga 60-an Tahun, Segini Jumlahnya," CNBC Indonesia. [Online]. Available: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20250617171213-4-641770/cadangan-batu-bara-ri-cukup-hingga-60-an-tahun-segini-jumlahnya#:~:text=Cadangan Batu Bara RI Cukup Hingga 60-an Tahun%2C Segini Jumlahnya,-Verda Nano Setiawan&text=Jakarta%2C CNBC Indonesia - Kem>
- [2] N. Satrianiga, "No TitleIndonesia, Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut di," RM.id. [Online]. Available: <https://rm.id/baca-berita/ekonomi-bisnis/217275/potensi-pembangkit-listrik-tenaga-gelombang-laut-di-indonesia>
- [3] 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](https://doi.org/10.14710/jebt.2023.17306).
- [4] D. W. Shintawati, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Kelautan Indonesia," pp. 1-17, 2019.
- [5] S. Utami, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem Oscilating Water Column (OWC) Di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia," Tek. Elektro, 2010.
- [6] R. W. Saputra, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Menggunakan Metoda Oscillating Water Coloumn (OWC) Di Perairan Selatan Jawa Indonesia," Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Surakarta., 2020, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/86476/1/NaskahPublikasi26.pdf>
- [7] J. U. Jasron, D. P. Mangesa, K. Boimau, B. V. Tarigan, E. U. K. Maliwemu, and M. Salombe, "Analisa Potensi Gelombang Laut sebagai Sumber Energi Terbarukan Menggunakan Perangkat Oscillating Water Column (OWC) Di Wilayah Perairan Laut Timor," LONTAR J. Tek. Mesin Undana, vol. 9, no. 01, pp. 14-20, 2022, doi: [10.35508/ljtmu.v9i01.7269](https://doi.org/10.35508/ljtmu.v9i01.7269).
- [8] M. Riadi, "Teori Gelombang Laut," KajianPustaka.com. [Online]. Available: <https://www.kajianpustaka.com/2016/01/teori-gelombang-laut.html>



- [9] R. Kurniawan, Habibie M.Najib, and Suratno, "Monthly Ocean Waves Variation Over Indonesia," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 12, no. 3, pp. 221-232, 2011, [Online]. Available: <http://puslitbang.bmkg.go.id/jmg/index.php/jmg/article/view/104>
- [10] R. Yudanto, E. S. Hadi, and Kiryanto, "Desain Konverter Gelombang Bentuk Tabung Sebagai Sumber Pembangkit Listrik Di Perairan Laut Jawa," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 2, pp. 476-484, 2017.
- [11] D. K. Aji, "Tipe Pembangkit Tenaga Ombak berdasarkan Prinsip Kerja," *Magatrika UGM*. [Online]. Available: <https://ugmmagatrika.wordpress.com/2014/07/20/tipe-pembangkit-tenaga-ombak-berdasarkan-prinsip-kerja/>
- [12] Y. Nagifea F.Y, Sudarti, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Sebagai Energi Alternatif Di Indonesia," *J. TECHNOPRENEUR*, vol. 10, no. 2, pp. 17-24, doi: <https://doi.org/10.30869/jtech.v10i2.968>.
- [13] G. Setyono and M. Ulum, "Variasi Putaran Turbin terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Menggunakan Oscillating Water Column (Variation of Turbine Rotation on the Performance of a Water Wave Power Plant Using an Oscillating Water Column)," *J. Saintek*, vol. 15, no. 2, pp. 58-60, 2018, [Online]. Available: kopertis7.go.id/uploadjurnal/5_SaintekV15No2Des2018.pdf
- [14] J. F. Ludji, V. A. Koehuan, and Nurhayati, "Analisis Efisiensi Sistem Osilator Kolom Air sebagai Pembangkit Daya Tenaga Gelombang Laut," *LONTAR: Jurnal Teknik Mesin Undana*, vol. 1, no. 2, 2014.
- [15] "ECMWF." [Online]. Available: <https://www.ecmwf.int/>