

Studi Kelayakan Potensi Pembangkit Listrik Gelombang Laut *Oscillating Water Column* (PLTGL-OWC) Di Perairan Pesisir Barat Lampung

M. Adrian Firdaus. T, Muhammad Syaukani^{*)}, Angga Irfan S, Andrian Prima Jaya M, dan Rizki Yanuar

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera

**) Corresponding author: muhammad.syaukani@ms.itera.ac.id*

Abstract

The use of renewable energy sources has increased rapidly in recent years. One of the most significant potentials for renewable energy in Indonesia is ocean wave energy. This is due to Indonesia's geographical location, which is an archipelagic country. One of the uses of ocean wave energy is using Ocean Wave Power Generation Technology Oscillating Water Column (PLGL-OCW). This research was conducted as an initial study of PLGL-OWC technology as a power plant to determine the potential for energy and electrical power in Pulau Pisang, Lampung Province. This research method collects ocean wave data and converts it into potential energy and electrical power. The results showed that using PLGL-OWC technology in Pulau Pisang area could produce the highest energy is 11888,93 kJ and the lowest is 60,63 kJ. While the largest potential electrical power that can be generated is 1691.4 kW and the smallest of 20.23 kW with the largest and smallest average electric power of 26.63 kW and 0.09 kW respectively

Abstrak

Pemanfaatan sumber energi terbarukan telah meningkat pesat beberapa tahun terakhir ini. Salah satu potensi terbesar energi terbarukan di Indonesia yaitu energi gelombang laut. Hal ini karena letak geografis Indonesia yang merupakan negara kepulauan. Salah satu pemanfaatan energi gelombang laut yaitu menggunakan teknologi Pembangkit Listrik Gelombang Laut *Oscillating Water Column* (PLGL-OCW). Penelitian ini dilakukan sebagai kajian awal teknologi PLGL-OWC sebagai pembangkit listrik untuk mengetahui potensi besarnya energi dan daya listrik di Pulau Pisang, Provinsi Lampung. Metode penelitian ini yaitu melakukan pengumpulan data gelombang laut kemudian dikonversikan menjadi potensi energi dan daya listrik. Hasil penelitian diperoleh bahwa penggunaan teknologi PLGL-OWC di kawasan Pulau Pisang dapat menghasilkan energi total terbesar adalah 11887,93 kJ dan yang terendah adalah sebesar 60,83 kJ. Sedangkan potensi daya listrik terbesar yang dapat dihasilkan adalah 1691,4 kW dan yang terkecil sebesar 20,23 kW dengan daya listrik rata-rata terbesar dan terkecil berturut-turut sebesar 26,63 kW dan 0,09 kW.

Kata kunci : *Pulau Pisang, Electric Power, Energy, Ocean Wave, PLTGL-OWC.*

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan pasokan energi listrik dan bahan bakar terus bertambah setiap tahunnya [1]. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah penduduk, perluasan pembangunan dari tahun ke tahun dan perkembangan teknologi, pada saat ini minyak bumi mendominasi 49% sumber energi mentah pada bauran energi diikuti gas 20% dan 24,5% batu bara [2][3]. Hal tersebut menyebabkan ketersediaan energi listrik sangat penting dalam kehidupan. Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia yang diperoleh dari pembangkit listrik. Pembangkit listrik tersebut sebagian besar masih menggunakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui [4]. Penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui secara terus menerus, dapat menyebabkan habisnya sumber daya tersebut. Selain itu, penggunaan sumber daya alam tersebut sebagai pembangkit listrik menyebabkan terjadinya polusi udara. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan Energi Nasional, Indonesia menetapkan dan ingin mewujudkan pergeseran pemakaian minyak bumi menjadi 20% dari total energi mix pada tahun 2025 dan mengalihkannya dengan penggunaan energi terbarukan seperti penggunaan tenaga air (gelombang laut)[5][6].

Alternatif teknologi pembangkit tenaga gelombang laut yang lebih banyak dikembangkan adalah teknik osilasi kolom air (*oscillating water column*). Proses pembangkitan tenaga listrik dengan teknologi ini melalui 2 tahapan proses. Gelombang laut yang datang menekan udara pada kolom air kemudian diteruskan ke kolom atau ruang tertutup yang terhubung dengan turbin generator. Tekanan tersebut akan menggerakkan turbin generator pembangkit listrik. Sebaliknya, gelombang laut yang meninggalkan kolom air diikuti oleh gerakan udara dalam ruang tertutup yang menggerakkan turbin generator pembangkit listrik juga [7]. Penggunaan energi gelombang laut untuk sumber energi listrik sebenarnya bukan hal yang baru lagi. Indonesia memiliki potensi yang besar dalam pengembangan energi gelombang laut sekitar 41 gigawatt sehingga dapat membantu memenuhi konsumsi listrik nasional. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh Muhammad Fikry Syach dkk., 2020, hasil tinggi dan periode gelombang signifikan diperoleh 0,63 meter dan 4,05 detik, dengan sudut konversi antar-lengan modul Pelamis adalah $46,85^\circ$ menggunakan *dampers spring* antara 1,00-1,73 meter, dengan rata-rata rapat daya energi gelombang yang dihasilkan sebesar 82,01 kW/m²; maksimum 299,93 kW/m²; minimum 17,32 kW/m² pada daerah perairan Nias [8][9]. Berbagai teknologi *Wave Energy Converter* (WEC) telah dikembangkan untuk dapat memanfaatkan sumber energi gelombang laut. Teknologi *oscillating water column* (OWC) dianggap sebagai salah satu konverter energi gelombang yang berhasil dikembangkan dan menjanjikan. Hal ini dikarenakan struktur yang sederhana dan ramah lingkungan [10][11]. Teknologi ini memanfaatkan kompresi dan dekompresi udara. Sehingga, udara dipaksa keluar dan masuk melewati turbin [12][13].

Melihat dari topologi di Pulau Pisang pada propinsi Lampung yang dikelilingi oleh laut dan tinggi gelombang yang cukup signifikan yaitu sebesar 0,941 – 2,975 meter [14]. Maka, teknologi pembangkit listrik tenaga gelombang laut sangat cocok untuk dikembangkan di perairan Lampung. Salah satu lokasi yang berpotensi untuk didirikan pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan teknologi OWC ini dan sangat membutuhkan suplai listrik di Lampung adalah Pulau Pisang. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa kawasan di perairan Pulau Pisang berhadapan langsung dengan laut lepas (Samudra Hindia) sehingga ketinggian gelombang yang dihasilkan cukup tinggi dan konstan [15]. Selain itu, mengutip dari Kupastuntas.co, Pulau Pisang mengalami pemadaman total selama lebih kurang 2 bulan terhitung sejak tanggal 7 September 2021 [16].

Berdasarkan penjabaran masalah tersebut, maka perlu diadakannya penelitian lebih lanjut tentang potensi dari penggunaan pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan teknologi OWC yang berlokasi di laut yang ada di kawasan Pulau Pisang. Pulau Pisang merupakan pulau yang berada di wilayah Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung. Secara geografis Pulau Pisang terletak pada koordinat $05^\circ 02' 52''$ Lintang Selatan dan $103^\circ 45' 01''$ Bujur Timur. Pulau Pisang sendiri memiliki batas-batas wilayah. Bagian barat dan selatan Pulau Pisang berbatasan langsung

dengan Samudera Hindia. Bagian utara dan timur berbatasan dengan Pulau Sumatera [17]. Selain itu, dari pembahasan sebelumnya dapat diambil beberapa topik yang penting untuk diteliti lebih lanjut seperti berapakah besar energi dan daya listrik yang dihasilkan gelombang laut dengan penggunaan teknologi OWC. Diharapkan dengan adanya penelitian ini, dapat membantu pemerintah untuk mengetahui potensi laut pesisir barat pada propinsi Lampung salah satunya di perairan pesisir barat. Sehingga dapat membantu masyarakat yang ada di Pulau Pisang untuk mendapatkan suplai aliran listrik sebagai pendukung dari aliran listrik utama.

METODE PENELITIAN

Pulau yang menjadi fokus kajian pada penelitian ini adalah Pulau Pisang, Kabupaten Pesisir Barat, Lampung. Data angin diperoleh dari *European Centre for Medium-range Weather Forecasts* (ECMWF). Data angin tersebut merupakan data angin selama satu tahun terhitung sejak 1 Januari 2022 – 31 Desember 2022. Kemudian data tersebut diinput ke *software* ODV (*Ocean Data View*) agar data dapat diolah dengan menggunakan Microsoft Excel. Pengolahan data angin menjadi data gelombang dilakukan dengan menggunakan metode *Shore Protection Manual* (SPM).

Setelah data gelombang didapatkan, Perhitung besarnya energi gelombang laut dengan metode *oscillating water column*, hal pertama yang harus diketahui adalah ketersediaan akan energi gelombang laut. Total energi gelombang air laut dapat diketahui dengan menjumlahkan besarnya energi kinetik dan energi potensial yang dihasilkan oleh gelombang air laut. Energi potensial merupakan energi yang ada karena posisi relatif atau konfigurasi gelombang laut pada suatu sistem fisik. Energi potensial dihitung dengan rumus [18][19]:

$$E_p = mg \left(\frac{y(x,t)}{2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Besarnya energi potensial dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$E_p = \frac{w\rho g y^2}{2} = w\rho g \left(\frac{a^2}{2} \right) \sin^2(kx - \omega t) \dots \dots \dots (2)$$

Kemudian, besarnya energi potensial gelombang lebih dari 1 periode dengan asumsi bahwa gelombang merupakan fungsi dari x terhadap waktu, sehingga persamaannya menjadi :

$$y = (x, t - \omega t) dx \dots \dots \dots (3)$$

$$dE_p = 0,5 w\rho g a^2 \sin^2(kx - \omega t) dx \dots \dots \dots (4)$$

Dengan memanfaatkan persamaan $k = 2\pi/\lambda$ dan $\omega = 2\pi/T$, maka didapatkan persamaan:

$$E_p = \frac{1}{4} w\rho g a^2 \lambda (J) \dots \dots \dots (5)$$

Energi kinetik adalah bagian energi yang berhubungan dengan gerakan dari gelombang laut. Besarnya energi kinetik lebih dari 1 periode adalah sebanding dengan besarnya energi potensial yang dihasilkan, sehingga dapat dirumuskan dengan:

$$E_k = \frac{1}{4} w \rho g a^2 \lambda \text{ (J)} \dots \dots \dots (6)$$

Total energi gelombang air laut dapat diketahui dengan menjumlahkan besarnya energi kinetik dan energi potensial yang dihasilkan oleh gelombang air laut [16][17]. Sehingga dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$E_w = E_k + E_p = \frac{1}{2} w \rho g a^2 \lambda \text{ (J)} \dots \dots \dots (7)$$

Berdasarkan persamaan 3, maka dapat diketahui besarnya *energy density* dengan persamaan berikut:

$$E_{WD} = \frac{E_w}{\lambda_w} = \frac{1}{2} \rho g a^2 \left(\frac{J}{m^2} \right) \dots \dots \dots (8)$$

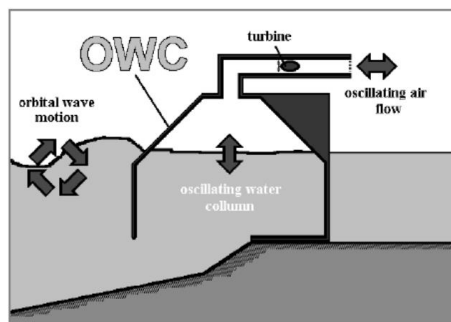
Energy density adalah besarnya kerapatan energi yang dihasilkan gelombang laut tiap 1 satuan luas permukaan. Dalam menentukan besarnya daya listrik (PW) yang dihasilkan gelombang laut digunakan persamaan berikut :

$$P_w = \frac{E_w}{T} \text{ (W)} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana wave power adalah besarnya daya listrik yang mampu dihasilkan oleh gelombang laut. Kemudian, untuk menentukan besarnya *power density* yang dihasilkan gelombang laut digunakan persamaan berikut:

$$P_{WD} = \frac{P_w}{\lambda_w} = \frac{1}{2T} \rho g a^2 \left(\frac{W}{m^2} \right) \dots \dots \dots (6)$$

Perhitungan daya listrik yang dihasilkan oleh gelombang laut dengan menggunakan teknologi OWC menggunakan dengan lebar chamber yaitu 35 m [18]. Adapun skematik pembangkit listrik OWC secara umum ditunjukkan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pembangkit Listrik Gelombang Laut OWC [18]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Perencanaan penempatan pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan menggunakan teknologi *oscillating water column* (PLTGL-OWC) adalah perairan laut yang

berada di kawasan Pulau Pisang. Lokasi tersebut memiliki kedalaman sekitar 50 m dan terletak ± 4 km dari garis pantai Pulau Pisang. Lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi penempatan PLTGL-OWC.

Gambar 1 juga menunjukkan area di sekitar Pulau Pisang. Gambar ini diambil dari atas menggunakan aplikasi *google earth pro*. Tanda kota merah menunjukkan lokasi PLTGL-OWC yang akan dibangun. Berdasarkan data yang didapatkan pada tahun 2022, laut di kawasan Pulau Pisang memiliki tinggi gelombang laut mulai dari 0,03 m sampai dengan 1,87 m dan dengan periode gelombang rata-rata adalah sebesar 1,46 detik. Ketinggian gelombang laut yang terjadi pada lokasi yang ditinjau cukup besar dan berfluktuatif setiap bulannya. Tingginya gelombang laut yang ada di kawasan ini karena berhadapan langsung dengan laut lepas. Adapun fluktuatif dari tinggi gelombang sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin di saat itu.

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan teknologi (OWC yang digunakan pada penelitian ini merupakan OWC tipe *floating*. OWC tipe ini akan diletakkan pada kedalaman tertentu untuk mendapatkan tinggi gelombang sesuai yang diinginkan. OWC tipe ini dinilai lebih fleksibel dalam menghadapi pasang surut air laut karena terletak di tengah laut yang tidak terpengaruh oleh pasang surut air laut. Listrik yang dihasilkan dialirkan melalui kabel transmisi menuju ke daratan.

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan menggunakan teknologi OWC memanfaatkan gerakan naik dan turun gelombang laut untuk menghasilkan listrik. Daya listrik yang dihasilkan, tidak dapat dilepaskan oleh pengaruh energi dari gelombang laut. Energi gelombang laut terdiri dari dua bentuk energi yaitu energi potensial dan energi kinetik. Besarnya energi potensial dan energi kinetik gelombang laut pada tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, tinggi gelombang memiliki nilai yang berfluktuatif. Nilai gelombang tertinggi terjadi pada bulan Desember dengan rata-rata ketinggian adalah 0,24 meter dan ketinggian maksimum sebesar 1,87. Sedangkan, tinggi gelombang rata-rata terendah terjadi pada bulan Juni dengan tinggi rata-rata sebesar 0,03 meter dan tinggi gelombang maksimum terjadi pada bulan Juli sebesar 0,31 meter. Merujuk pada persamaan 5 dan 6, Besarnya energi potensial dan kinetik gelombang berbanding lurus dengan besarnya tinggi dan periode gelombang. Sehingga, Pada bulan Desember besarnya energi potensial dan kinetik rata-rata sebesar 12,82 kJ dan besarnya energi potensial dan kinetik maksimum yang dapat dihasilkan adalah sebesar 5943,97 kJ. Hal ini jauh lebih besar jika dibandingkan dengan bulan Juni dan Juli dengan energi potensial dan kinetik rata-rata sebesar 0,04 kJ dan 0,15 kJ.

Tabel 1. Energi potensial dan energi kinetik gelombang laut pada tahun 2022.

Bulan	Tinggi Gelombang (m)		Energi Potensial (kJ)		Energi Kinetik (kJ)	
	Rata-rata	Maksimum	Rata-rata	Maksimum	Rata-rata	Maksimum
1	0,08	0,76	0,56	367,76	0,56	367,76
2	0,16	1,24	4,14	1906,20	4,14	1906,20
3	0,16	0,90	3,91	728,56	3,91	728,56
4	0,08	0,66	0,59	249,03	0,59	249,03
5	0,08	0,77	0,58	375,88	0,58	375,88
6	0,03	0,33	0,04	35,74	0,04	35,74
7	0,05	0,31	0,15	30,42	0,15	30,42
8	0,09	0,74	0,66	372,52	0,66	372,52
9	0,10	0,69	0,99	298,84	0,99	298,84
10	0,09	0,83	0,69	562,52	0,69	562,52
11	0,20	1,67	7,91	4415,17	7,91	4415,17
12	0,24	1,87	12,82	5943,97	12,82	5943,97

Tabel 2. Energi total dan *energy density* gelombang laut pada tahun 2022.

Bulan	Tinggi Gelombang (m)		Energi Total (kJ)		<i>Energy density</i> (kJ/m ²)	
	Rata-rata	Maksimum	Rata-rata	Maksimum	Rata-rata	Maksimum
1	0,08	0,76	1,13	735,52	0,009	0,74
2	0,16	1,24	8,28	3812,41	0,034	1,94
3	0,16	0,90	7,81	1457,11	0,031	1,02
4	0,08	0,66	1,19	498,05	0,009	0,55
5	0,08	0,77	1,15	751,76	0,009	0,75
6	0,03	0,33	0,07	71,49	0,001	0,14
7	0,05	0,31	0,30	60,83	0,004	0,12
8	0,09	0,74	1,32	745,05	0,010	0,70
9	0,10	0,69	1,97	597,67	0,013	0,59
10	0,09	0,83	1,39	1125,03	0,010	0,86
11	0,20	1,67	15,83	8830,34	0,051	3,53
12	0,24	1,87	25,63	11887,93	0,073	4,40
Tahunan (Rata-rata)	0,11	0,90	5,51	2547,77	0,02	1,28

Tabel 2 menunjukkan besarnya energi total dan *energy density* yang dihasilkan oleh gelombang laut pada tahun 2022. Energi total merupakan penjumlahan antara besarnya energi potensial dan energi kinetik. Pada penelitian ini, Besarnya energi total akan selalu berhubungan dengan hasil yang tertampil pada Tabel 1. Energi total tertinggi terjadi pada bulan Desember dengan rata-rata sebesar 25,63 kJ dan maksimal sebesar 11887,93 kJ. Sedangkan energi total maksimum tahunan rata-rata yang dihasilkan sebesar 2547,77 kW. Energi total rata-rata terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0,07 kJ dan energi total terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 60,83 kJ. Hal yang sama juga terjadi pada besarnya *energy density*. Nilai *energy density* maksimum tertinggi adalah 4,40 kJ/m² yang terjadi pada bulan Desember dan yang terendah sebesar 0,12 kJ/m² yang terjadi pada bulan Juli.

Tabel 3. Daya listrik dan *power density* gelombang laut pada tahun 2022.

Bulan	Tinggi Gelombang (m)		Daya listrik (kW)		<i>Power density</i> (kW/m ²)	
	Rata-rata	Maksimum	Rata-rata	Maksimum	Rata-rata	Maksimum
1	0,08	0,76	0,88	172,07	0,007	0,17
2	0,16	1,24	4,64	636,20	0,019	0,32
3	0,16	0,90	4,09	285,43	0,016	0,20
4	0,08	0,66	0,93	122,42	0,007	0,14
5	0,08	0,77	0,92	175,38	0,007	0,17
6	0,03	0,33	0,09	23,15	0,002	0,04
7	0,05	0,31	0,28	20,23	0,003	0,04
8	0,09	0,74	1,01	168,72	0,007	0,16
9	0,10	0,69	1,38	139,19	0,009	0,14
10	0,09	0,83	1,07	230,09	0,008	0,18
11	0,20	1,67	15,83	1304,70	0,051	3,53
12	0,24	1,87	25,63	1691,44	0,073	4,40
Tahunan (Rata-rata)	0,11	0,90	4,73	414,09	0,02	0,79

Tabel 3 menunjukkan besarnya daya listrik dan *power density* yang mampu dihasilkan oleh gelombang laut dengan menggunakan teknologi *oscillating water column* pada tahun 2022. Daya listrik yang dihasilkan sangatlah bervariasi. Daya listrik tertinggi baik itu rata-rata maupun maksimum terjadi pada bulan Desember. Pada bulan tersebut, daya listrik rata-rata yang mampu dihasilkan sebesar 25,63 kW dan maksimum sebesar 1691,44 kW. Sedangkan daya listrik maksimum tahunan rata-rata yang dihasilkan sebesar 414,09 kW. Daya listrik rata-rata terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 0,09 kW dan daya listrik terkecil yang dihasilkan terjadi pada bulan Juli sebesar 20,23 kW. Hal yang sama juga terjadi untuk *power density*. Bulan Desember menghasilkan nilai terbesar baik untuk rata-rata maupun maksimum. Besarnya *power density* tersebut adalah 0,073 kW/m² dan 4,40 kW/m². Nilai terendah untuk *power density* rata-rata terjadi pada bulan Juni sebesar 0,002 kW/m² dan *power density* terendah terjadi pada bulan Juli sebesar 0,041 kW/m².

Berdasarkan hasil tersebut, maka potensi PLGL-OWC di daerah Pulau Pisang mampu menghasilkan daya mekanik maksimum yang dihasilkan sebesar 49,35 kW. Hal ini dengan mengasumsikan bahwa efisiensi rata-rata maksimum untuk PLGL-OWC sebesar 11,92% [20]. Teknologi ini juga telah diaplikasikan pada Mutriku Wave Power Plant di Spanyol dengan kapasitas daya output rata-rata sebesar 72,57 kW [21]. Dengan demikian, PLGL-OWC cukup potensial jika dibangun di Pulau Pisang apabila mengacu pada pembangkit listrik yang sudah ada dengan teknologi OWC. Selain itu, sampai saat ini teknologi PLGL-OWC masih jarang diaplikasikan di dunia karena masih dalam tahap penelitian dan pengembangan lebih lanjut sebagai sumber energi terbarukan yang potensial.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan serangkaian penelitian di perairan Pulau Pisang dan perhitungan secara teoritis pemanfaatan gelombang laut sebagai pembangkit listrik dengan teknologi *oscillating water column* dapat disimpulkan bahwa penggunaan pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan teknologi *oscillating water column* di perairan laut kawasan Pulau Pisang, dapat menghasilkan energi tertinggi yaitu 11887,93 kJ dan terendah adalah sebesar 0,073 kJ. Sedangkan untuk daya listrik yang mampu dihasilkan dari gelombang air laut dengan teknologi *oscillating water column* (OWC) di lokasi tersebut, yang tertinggi adalah sebesar 1691,4 kW dan yang terendah 0,09 kW.

Sedangkan daya mekanik maksimum rata-rata yang dihasilkan sebesar 49,35. Berdasarkan potensi ketinggian gelombang laut yang cukup besar serta besarnya energi total dan daya listrik yang dihasilkan, maka pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan metode *oscillating water column* (OWC) cukup potensial dibangun di lokasi tersebut.

DAFTAR NOTARIS

E_P	Energi Potensial	J
E_K	Energi Kinetik	J
E_W	Total Energi Gelombang Laut	J
E_{WD}	Energy Density	J/m ²
P_W	Total Daya Listrik	W
P_{WD}	Power Density	W/m ²
m	Massa Gelombang	kg
ρ	massa jenis air laut	kg/m ³
w	lebar gelombang (diasumsikan sama dengan luas <i>chamber</i> pada OWC)	m
$Y = y(x, t)$	persamaan gelombang (diasumsikan gelombang sinusoidal).	m
a	amplitudo gelombang.	
h	ketinggian gelombang	m
k	Konstanta gelombang	
λ	Panjang gelombang	m
$\omega = \frac{2\pi}{T}$	Kecepatan sudut	rad/s
T	Periode gelombang	s

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. P. Putra, M. Tuegeh, H. Tumaliang, and L. S. Patras, "Analisa Pertumbuhan Beban Terhadap Ketersediaan Energi Listrik di Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan," *J. Tek. Elektro Dan Komput. Unsrat*, vol. 3, no. 2, pp. 19–30, 2014.
- [2] A. Vidura, R. L. W, and Mukhtasor, "Potensi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Di Perairan Selatan Pulau Jawa Dalam Mendukung Ketahanan Energi," *J. Ketahanan Energi*, vol. 8, no. 1, pp. 32–48, 2022.
- [3] F. Y. Nagifea, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (Pltgl) Sebagai Energi Alternatif Di Indonesia," *J. Technopreneur*, vol. 10, no. 2, pp. 17–24, 2022, doi: 10.30869/jtech.v10i2.968.
- [4] S. Muarif, W. Aribowo, A. Imam, and U. T. Kartini, "Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Syamsul Muarif," *J. Tek. Elektro*, vol. 09 No. 03, no. Energi Terbaru, Generator DC, Pembangkit Listrik Tenaga Ombak. *Abstract*, pp. 1–7, 2020.

- [5] M. Firdhaus, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe *Oscillating Water Column* Dengan Turbin *Mccormick*,” pp. 1–30, 2016, [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/75918/>
- [6] S. Rohmaniatul, A. F. Pratiwi, and S. Rahmat, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Sistem *Oscillating Water Column*,” *Infotekmesin*, vol. 12, no. 1, pp. 42–49, 2021, doi: 10.35970/infotekmesin.v12i1.412.
- [7] EBTKE, “Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tanpa Bahan Bakar Fosil dan Ramah Lingkungan,” *ebtke.esdm.go.id*. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2013/03/25/368/pembangkit.listrik.tenaga.gelombang.laut.tanpa.bahan.bakar.fosil.dan.ramah.lingkungan?lang=id> (accessed Jun. 09, 2023).
- [8] M. F. Syach et.al, “Pemetaan Perkiraan Potensi Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Sistem Pelamis Di Perairan Nias,” *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisisika*, vol. 7, no. 3, pp. 11–19, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.stmkg.ac.id/index.php/jmkg/article/view/198>
- [9] B. Y. Suprpto, “Desain Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Berbasis Keseimbangan *Gyroscope*,” *J. Surya Energy*, vol. 5, no. 2, 2022, doi: 10.32502/jse.v5i2.3328.
- [10] A. Mumin, “Desain Oscilating Water Column Sebagai Penghasil Energi Listrik Di wilayah Perairan Siompu Kabupaten Buton Selatan,” *J. Fokus Elektroda (Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali)*, vol. 4, no. 1, 2019, doi: 10.33772/jfe.v4i1.6572.
- [11] J. S. Kim, B. W. Nam, S. Kim, J. Park, S. Park, and K. H. Kim, “*Experimental study on hydrodynamic behavior and energy conversion of multiple oscillating-water-column chamber in regular waves*,” *Ocean Engineering.*, vol. 280, 2023, doi: 10.1016/j.oceaneng.2023.114495.
- [12] A. F. O. Falcão and J. C. C. Henriques, “*Model-prototype similarity of oscillating-water-column wave energy converters*,” *Int. J. Mar. Energy*, vol. 6, pp. 18–34, 2014, doi: 10.1016/j.ijome.2014.05.002.
- [13] A. Poullikkas, “*Technology Prospects of Wave Power Systems*,” *Electron. J. Energy Environ.*, no. January 2014, pp. 47–69, 2014.
- [14] I. A. H. A. Ali, H. D. Armono, S. Rahmawati, A. Ridlwan, and R. M. Ariefianto, “Pemodelan Tinggi Gelombang Untuk Kajian Energi Gelombang Laut Di Perairan Barat Provinsi Lampung,” *Wave J. Ilm. Teknol. Marit.*, vol. 15, no. 2, pp. 75–84, 2022, doi: 10.29122/jurnalwave.v15i2.4958.
- [15] N. A. Pradana, Hariyadi, and P. Subardjo, “Studi Kesesuaian Perairan Pulau Pisang Bagian Timur Untuk Perencanaan Wisata Bahari Selancar Air, Olahraga Air Banana Boat dan Jet Ski, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung,” *J. Mar. Res.*, vol. 2, no. 3, pp. 205–210, 2013.
- [16] E. Wahyudi, “PT PLN Siapkan 4000 Liter Solar untuk Genset Penerangan di Pulau Pisang,” *Kupastuntas.co Lampung*. <https://www.kupastuntas.co/2021/10/24/pt-pln-siapkan-4000-liter-solar-untuk-genset-penerangan-di-pulau-pisang> (accessed Jun. 08, 2023).

- [17] M. Dahlan, “Evaluasi Pelaksanaan Strategi Dinas Pariwisata Dan Ekonomi Kreatif Dalam Pengembangan Wisata Bahari Pada Daerah Tertinggal Di Kabupaten Pesisir Barat (Studi Kasus Pulau Pisang Tahun 2015),” 2016.
- [18] I. Wayan Arta Wijaya, “Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi *Oscilating Water Column* Di Perairan Bali,” Maj. Ilm. Teknol. Elektro, 2010, doi: 10.24843/10.24843/MITE.
- [19] 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.
- [20] G. A. M. P. Sirait, L. N. Qomariyatuazzamzami, N. F. Riama, and Y. D. Haryanto, “*Study on the potential of oscillating water column-Ocean wave power plant in 3T (Underdeveloped, Frontmost, and Outermost) regions in Indonesia as a new renewable energy,*” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2534, 2022, doi: 10.1063/5.0106091.
- [21] P. Technology, “*Mutriku Wave Energy Plant,*” www.power-technology.com. <https://www.power-technology.com/projects/mutriku-wave/> (accessed Jul. 12, 2023).