

Potensi Pemanfaatan Gelombang Laut Menjadi Tenaga Listrik Dengan Metoda Oscillating Water Column di Pulau Bawean Gresik

Mohammad Sidik¹, Nazarudin Sinaga^{1,2}

¹ Magister Energi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Indonesia;

² Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia;

Email : moh.sidik@students.undip.ac.id, nazarsinaga@lecturer.undip.ac.id

Abstrak : Pulau Bawean yang terletak di laut Jawa yang berjarak 120 km sebelah utara Gresik. Kebutuhan energi listrik di Pulau Bawean diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel akan tetapi masih ada beberapa desa yang belum dialiri listrik. Keterlambatan suplai bahan bakar solar dikarenakan ombak yang besar juga merupakan permasalahan yang dialami oleh PLTD di Pulau Bawean. Melihat permasalahan tersebut, maka makalah ini akan membahas mengenai analisis dan perhitungan potensi pemanfaatan gelombang laut yang di konversi menjadi energi listrik dengan menggunakan metoda Oscillating Water Column di perairan Pulau Bawean Gresik. Metode ini dipilih karena sudah ada prototype di Pantai Baron Yogyakarta dan output ini lebih stabil dan sesuai dengan wilayah perairan Pulau Bawean. Dari hasil perhitungan daya didapatkan daya yang terkecil dihasilkan di bulan April dan Maret sebesar 4,869.91 Watt sementara di bulan Juli-Agustus dan Nopember – Desember sebesar 272,236.17 Watt. PLTGL dengan metoda Oscillating Water Column di perairan Pulau Bawean dapat memberikan kontribusi daya listrik untuk kurang lebih 325 rumah nelayan sederhana pada kondisi pembangkitan maksimum dan efisiensi sebesar 11,971 %.

Kata Kunci : Oscillating Water Column (OWC), Potensi Gelombang Laut, Energi Listrik.

Abstract : Bawean Island which is located in the Java Sea which is 120 km north of Gresik. The need for electrical energy on Bawean Island is obtained from Diesel Power Plants, but there are still several villages that have not had electricity. Delays in the supply of diesel fuel due to large waves are also a problem experienced by PLTD on Bawean Island. Seeing these problems, this paper will discuss the analysis and calculation of the potential utilization of sea waves converted to electrical energy using the Oscillating Water Column method in the waters of Bawean Gresik Island. This method was chosen because there is already a prototype at Baron Beach, Yogyakarta and this output is more stable and in accordance with the territorial waters of Bawean Island. From the results of the power calculation, it

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2023, Vol. 4, No. 2, pp 132 – 144

Received : 12 April 2023

Accepted : 16 Juni 2023

Published : 20 Juli 2023



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: [2809-5456](#) and e-ISSN: [2722-6719](#)) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

was found that the smallest power was generated in April and March of 4,869.91 Watts while in July-August and November-December it was 272,236.17 Watts. PLTGL with the Oscillating Water Column method in the waters of Bawean Island can contribute electrical power to approximately 325 simple fishermen's houses at maximum generation conditions and an efficiency of 11,971%.

Keywords : Oscillating Water Column (OWC), Ocean Wave Potential, Electrical Energy.

1. Pendahuluan

Kabupaten Gresik dibagi menjadi dua wilayah, yaitu Gresik daratan dan Pulau Bawean. Pulau Bawean terletak di Laut Jawa yang berjarak sekitar 80 mil atau 120 Km sebelah utara Gresik.(Maghrobby, 2020) Pulau Bawean memiliki luas wilayah 196.97 Km² yang terdiri dari dua kecamatan yaitu kecamatan Sangkapura dan Kecamatan Tambak. Pulau Bawean mempunyai jumlah penduduk sebanyak 80,289 Jiwa paada tahun 2020. (BPS Kabupaten Gresik, 2021) Berikut dibawah ini peta lokasi pulau bawean pada gambar 1



Gambar 1. Lokasi Pulau Bawean

Pulau Bawean memiliki keindahan alam sehingga berpotensi menjadi daya tarik wisata. Pulau Bawean memiliki objek wisata berupa danau, pantai, gugusan gunung, hutan cagar alam, suaka margasatwa dengan hewan khas Pulau Bawean yaitu Rusa Bawean dan seni budaya.(Ramli et al., 2012) Peta wisata Pulau Bawean bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Wisata Pulau Bawean

Keindahan Pulau Bawean menjadi daya tarik wisata warga Surabaya dan sekitarnya untuk datang. (Noor & Romadhon, 2020) Potensi wisata di Pulau Bawean tidak di tunjang dengan penyediaan energi listrik yang memadai sehingga ada beberapa desa yang masih belum di aliri listrik. Berdasarkan data dari PLN di Pulau Bawean sudah terpasang PLTD dengan kapasitas 7.9 MW yang terdiri dari PLTD kapasitas 3.5 MW yang dimiliki oleh PT.PLN dan PLTD kapasitas 4.4 MW milik swasta. Akan tetapi PLTD di Pulau Bawean hanya mampu menyuplai Energi Listrik sebesar 4.2 MW dengan rincian PLTD milik PLN hanya mampu menyuplai 1.1 MW dan PLTD milik swasta hanya mampu menyuplai sebesar 3.1 MW. (Menteri ESDM RI, 2021) PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) ini menggunakan bahan bakar solar. PLTD ini mempunyai hambatan dalam penyediaan bahan bakar solar dikarenakan ombak yang cukup tinggi sehingga diperlukan adanya perencanaan pembangkit listrik alternatif untuk mengatasi masalah pemenuhan kebutuhan Energi Listrik di Pulau Bawean.(Widowaty, 2014)

Pulau Bawean sangat memerlukan energi alternatif dan bersih sebagai penunjang roda perekonomian di Pulau Bawean.(IESR, 2017)Berdasarkan kebijakan energi nasional yang terdapat di dalam PP No.79 Tahun 2014 dimana tahun 2025 pemanfaatan EBT minimal sebanyak 23 % dan Pada tahun 2050 minimal sebesar 31 %.(Dewan Energi Nasional, 2020) Berdasarkan energi bauran skenario RUED Provinsi Jawa Timur bahwa pemanfaatan EBT pada tahun 2020 meningkat sebanyak 4.86 %, pada tahun 2025 menjadi 17.09 % kemudian di tahun 2050 pemanfaatan menjadi 19.56 %.(Peraturan Daerah Jawa Timur, 2019)

Energi Baru terbarukan mempunyai banyak keuntungan yaitu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dikarenakan bahan bakar fosil terbatas jumlahnya(Kholiq, 2015), Perlindungan terhadap lingkungan bahwa sumber energi terbarukan menyumbang nol atau hampir nol persen dari emisi gas rumah kaca dan polusi udara lainnya, Mengurangi impor bahan bakar, merangsang peningkatan pembangunan ekonomi dan berdampak pada peningkatan lapangan kerja, lokasi sumber energi terbarukan terdapat di daerah pedesaan, terutama daerah yang tertinggal sehingga dapat menyumbangkan pembangunan ekonomi daerah tersebut sehingga kebutuhan peradaban akan meningkat dengan adanya listrik.(Maradin, 2021)

Melihat topografi Pulau Bawean yang dikelilingi oleh laut, jenis pembangkit listrik energi baru terbarukan sangat sesuai dengan daerah kepulauan. Melihat wilayah pulau bawean di kelilingi oleh

laut maka potensi pemanfaatan energi berasal dari laut sangat besar. (Wayan Arta Wijaya, 2010) Badan penelitian di Indonesia telah melakukan beberapa penelitian terkait potensi laut di Indonesia yaitu BPPT telah melakukan penelitian potensi arus laut dimana lokasinya di selat Flores dan Suramadu. Di selat Flores berhasil menghasilkan daya 2 kW dengan arus 1,4 m/detik dan di Suramadu bisa menghasilkan paling besar yaitu 2,328 kW dengan arus 2 m/detik. (Kasharjanto et al., 2017), Perairan Indonesia merupakan perairan wilayah kawasan laut tropis. Dimana perairan Indonesia dapat menghasilkan potensi sumber panas air laut di Indonesia dimana manfaatnya terutama dalam bidang sumber energi terbarukan seperti Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC). (S. Riyanto, 2017) Berdasarkan studi bahwa di Pulau Bali mempunyai potensi untuk PLTPL bila dimanfaatkan karena memiliki beda suhu rata-rata berkisar antara 20-24°C mempunyai potensi sekitar ~136,000 MW (N.H. Raharjo, S. Mahmudsyah, 2011), BPPT telah membuat prototype terkait potensi gelombang laut di daerah Baron Yogyakarta dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar dengan sistem OWC mempunyai efisiensi 11,917% dan berdasarkan potensinya di Indonesia bahwa Daya terbesar yang dapat dihasilkan adalah sebesar 1.968.235 Watt di daerah perairan selatan Banten hingga Jawa Barat, Perairan selatan Jawa Tengah, Perairan selatan Jawa Timur dan di wilayah perairan Laut Arafuru. (Utami, 2010)

Berdasarkan lokasi pulau bawean maka pembangkit listrik tenaga gelombang laut sangat cocok untuk dikembangkan di Pulau Bawean. Jenis pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini selain ramah lingkungan, dalam pembangunan dan pengoperasiannya tidak akan merusak ekosistem alam di Pulau Bawean, sehingga Pulau Bawean akan tetap menjadi daerah tujuan wisata yang terkenal dengan keindahan alamnya. (Wayan Arta Wijaya, 2010).

2. Landasan Teori

2.1. Potensi Gelombang Laut

Indonesia merupakan negara kepulauan yang mana sebagian besar wilayahnya adalah laut. Laut memiliki potensi yang besar untuk dijadikan salah satu sumber energi baru dan terbarukan yang ekonomis dan ramah lingkungan yaitu dengan pemanfaatan gelombang laut. Gelombang laut ini akan mengkonversi energi mekanik menjadi energi Listrik. [12] Untuk konversi energi gelombang laut menjadi energi listrik ada 3 sistem dasar yaitu sistem saluran yang menyalurkan gelombang ke waduk (Sistem Channel), Sistem apung yang menggerakkan pompa hidrolik (Sistem Float) dan sistem kolom yang berosilasi yang menggunakan gelombang untuk memampatkan udara di dalam wadah (Oscillating Water Column System). (Raja.A.K., Srivastava.A.p, 2006).

2.2. Sistem Channel

Prinsip kerja WAB akan didasarkan pada manipulasi elevasi gelombang atau karakteristik perambatan gelombang dengan menggerakkan mekanisme WEC (biasanya pelampung) dan sebagai gantinya, energi kinetik akan diubah menjadi listrik. Prinsip WAB secara garis besar dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu translasi esensial (point absorber) dan rotasi esensial (engsel). (Falcão & Henriques, 2016) Prinsip pemasangan perangkat WEC ini dapat di dasar laut (terendam) atau terapung di atas permukaan laut. (Barakaz & Marjani, 2021).

2.3. Sistem Float

Juga dikenal sebagai perangkat "spill-over", adalah perangkat tetap atau overtopping yang menggunakan landai dan sisi runcing yang diposisikan tegak lurus terhadap gelombang. Gelombang laut didorong ke atas tanjakan dan di sisi-sisinya mengisi reservoir pasang surut kecil yang terletak 2

Setelah mengetahui periode gelombang laut maka dapat menghitung besar panjang dan kecepatan gelombang dengan menggunakan rumus perhitungan berdasarkan persamaan (2) yang disarankan oleh David Rose. (Azizie et al., 2020)

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

Dimana: T : Periode (detik)
 λ : Panjang Gelombang (meter)

Setelah mengetahui panjang gelombang, maka kecepatan gelombang dapat diperoleh dengan menggunakan rumus perhitungan berdasarkan persamaan (3). (Azizie et al., 2020)

$$V = \lambda/T \quad (3)$$

Dimana: V : Kecepatan gelombang (meter/detik)
 λ : Panjang Gelombang (meter)
 T : Periode (detik)

Perhitungan energi gelombang laut dengan metode Oscillating Water Column bisa dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan berdasarkan persamaan (4). (Faulincia, 2019)

$$E_w = 1/4 \times w \times \rho \times g \times a^2 \times \lambda \quad (4)$$

Dimana: E_w : Energi gelombang (Joule)
 w : lebar chamber OWC (meter)
 ρ : Massa jenis air laut (Kg/m³)
 g : Gravitasi Bumi (m/detik²)
 a : Amplitudo Gelombang (h/2)
 λ : Panjang Gelombang (meter)

Setelah mengetahui energi gelombang laut dengan metode Oscillating Water Column, maka Daya yang dibangkitkan dari energi gelombang laut di daerah perairan Pulau Bawean dapat diperoleh dengan menggunakan rumus perhitungan berdasarkan persamaan (5). (Masters, 2005)

$$P_w = E_w/T \quad (5)$$

Dimana: P_w : Daya Listrik (Watt)
 E_w : Energi gelombang (Joule)
 T : Periode (detik)

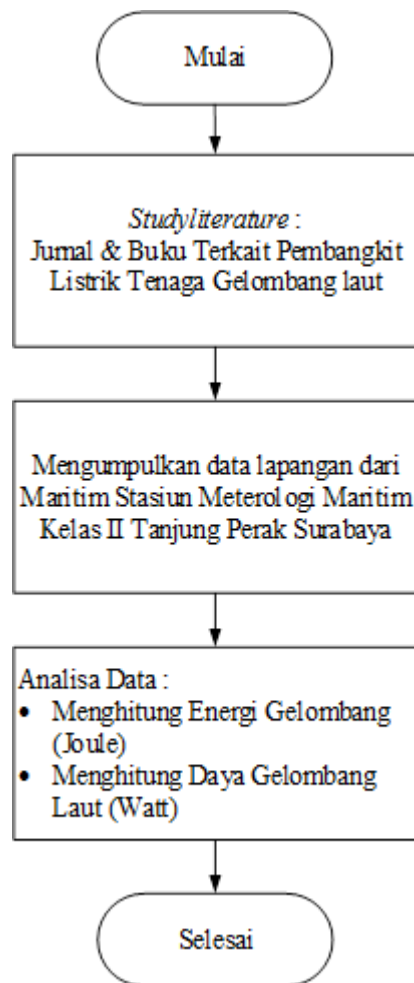
3. Metode Penelitian

Untuk menunjang hasil penulisan yang sesuai dengan yang diinginkan, maka dilakukan suatu pendekatan studi dengan melakukan kegiatan di bawah ini :

1. Mengolah data tinggi gelombang laut di wilayah perairan Pulau Bawean yang bersumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika stasiun meteorologi maritim Kelas II Tanjung Perak Surabaya sehingga didapatkan energi gelombang laut yang di konversi menjadi energi listrik yang optimal.

2. Menggunakan metoda Oscillating Water Column terkait pemanfaatan gelombang laut untuk mengkonversi menjadi energi listrik.

Untuk skema alur penelitian Pemanfaatan Gelombang Laut Menjadi Listrik Dengan Metode Osilasi Kolom Air di Pulau Bawean Gresik dapat ditunjukkan pada gambar 4

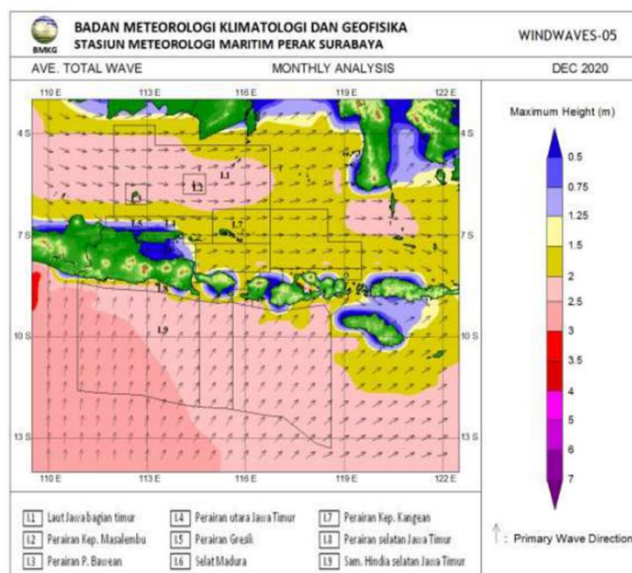


Gambar 4. Bagan Alur Penelitian Pemanfaatan Gelombang Laut Menjadi Listrik Menggunakan Metode Osilasi Kolom Air di Pulau Bawean Gresik

4. Hasil, Pembahasan dan Analisa

4.1. Data Hidro-Oseanografi

Data hidro-oseanografi meliputi data gelombang laut di wilayah perairan Pulau Bawean. Salah satu contoh dapat dilihat pada Gambar 3 adalah rata-rata gelombang laut di bulan desember 2020.



Data ini sangat menentukan perkiraan awal besarnya daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Data tinggi gelombang laut di wilayah perairan Pulau Bawean diperoleh melalui Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika stasiun meteorologi maritim Kelas II Tanjung Perak Surabaya pada hasil analisis di bulan Januari – Desember 2020 yang mana dilihat pada Tabel 1. (Hermawan et al., 2020)

Tabel 1.
 Tinggi dan arah gelombang laut di wilayah perairan Pulau bawean pada bulan Januari – Desember pada tahun 2020

BULAN	GELOMBANG LAUT	TINGGI GELOMBANG LAUT	
	ARAH	MINIMUM (METER)	MAKSIMUM (METER)
Desember	Barat Laut	2	2.5
Nopember	Barat Laut	2	2.5
Oktober	Timur	0.8	1.5
September	Timur	1.5	2
Agustus	Timur	1.5	2.5
Juli	Timur	1.5	2.5
Juni	Timur	1.5	2.5
Mei	Timur	1.3	2
April	Timur	0.5	1.3
Maret	Barat Laut	0.5	0.8
Februari	Barat Laut	1.3	1.5
Januari	Barat Laut	1.5	2

Berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika stasiun meteorologi maritim Kelas II Tanjung Perak Surabaya di daerah pantai mayangkara, di desa kepuh teluk, kecamatan tambak, kabupaten Gresik mempunyai gelombang laut yang tinggi sehingga cocok di bangun untuk

PLTGL, Berikut di bawah ini lokasi lokasi yang cocok untuk di bangun PLTGL di pulau bawean yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 4. Lokasi potensial untuk PLTGL

4.2. Panjang dan Kecepatan Gelombang Laut

Berdasarkan rumus pada persamaan (1) dan (2) pada Bab 2 akan didapatkan periode dan panjang gelombang laut di wilayah perairan Pulau bawean pada bulan Januari – Desember pada tahun 2020 yang mana dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.

Panjang dan kecepatan gelombang laut di wilayah perairan Pulau bawean pada bulan Januari – Desember pada tahun 2020

BULAN	TINGGI GELOMBANG LAUT (H)		PERIODE GELOMBANG LAUT (T)		PANJANG GELOMBANG LAUT (λ)	
	MIN (METER)	MAKS (METER)	MIN (DETIK)	MAKS (DETIK)	MIN (METER)	MAKS (METER)
Desember	2	2.5	5.02	5.61	129.05	161.31
Nopember	2	2.5	5.02	5.61	129.05	161.31
Oktober	0.8	1.5	3.18	4.35	51.62	96.79
September	1.5	2	4.35	5.02	96.79	129.05
Agustus	1.5	2.5	4.35	5.61	96.79	161.31
Juli	1.5	2.5	4.35	5.61	96.79	161.31
Juni	1.5	2.5	4.35	5.61	96.79	161.31
Mei	1.3	2	4.05	5.02	83.88	129.05
April	0.5	1.3	2.51	4.05	32.26	83.88
Maret	0.5	0.8	2.51	3.18	32.26	51.62
Februari	1.3	1.5	4.05	4.35	83.88	96.79
Januari	1.5	2	4.35	5.02	96.79	129.05
Rata-rata	1.33	1.97	4.01	4.92	85.50	126.90

4.3. Analisis Perhitungan Kecepatan, Energi dan Daya yang dihasilkan oleh Gelombang Laut

Di Indonesia sudah ada protipe PLTGL menggunakan metode Oscillating Water Column yang telah dikembangkan oleh Balai Pengkajian Dinamika Pantai di Yogyakarta. Prototipe tersebut memiliki lebar chamber 24 meter. Untuk data lebar chamber OWC dalam perhitungan ini menggunakan 2.4 meter sesuai dengan prototipe yang ada di Indonesia, massa jenis air laut 1030 Kg/m³, dan gravitasi bumi 9,81 m/s². (Saputra, 2020)

Berdasarkan rumus pada persamaan (3), (4) dan (5) pada Bab 2 akan didapatkan kecepatan, energi dan daya gelombang laut di wilayah perairan Pulau Bawean pada bulan Januari – Desember pada tahun 2020 yang mana dilihat pada tabel 3.

Tabel 3.

Kecepatan, energi dan daya gelombang laut di wilayah perairan Pulau Bawean pada bulan Januari – Desember pada tahun 2020

BULAN	KECEPATAN GELOMBANG LAUT (V)		ENERGI GELOMBANG LAUT (E _w)		DAYA GELOMBANG LAUT (P _w)	
	MIN (meter/detik)	MAKS (meter/detik)	MIN (Joule)	MAKS (Joule)	MIN (Watt)	MAKS (Watt)
Desember	25.70	28.74	782,373.52	1,528,073.29	155,837.08	272,236.17
Nopember	25.70	28.74	782,373.52	1,528,073.29	155,837.08	272,236.17
Oktober	16.26	22.26	50,071.91	330,063.83	15,769.60	75,914.36
September	22.26	25.70	330,063.83	782,373.52	75,914.36	155,837.08
Agustus	22.26	28.74	330,063.83	1,528,073.29	75,914.36	272,236.17
Juli	22.26	28.74	330,063.83	1,528,073.29	75,914.36	272,236.17
Juni	22.26	28.74	330,063.83	1,528,073.29	75,914.36	272,236.17
Mei	20.72	25.70	214,859.33	782,373.52	53,082.84	155,837.08
April	12.85	20.72	12,224.59	214,859.33	4,869.91	53,082.84
Maret	12.85	16.26	12,224.59	50,071.91	4,869.91	15,769.60
Februari	20.72	22.26	214,859.33	330,063.83	53,082.84	75,914.36
Januari	22.26	25.70	330,063.83	782,373.52	75,914.36	155,837.08
Rata - Rata	20.51	25.19	309,942.16	909,378.83	68,576.76	170,781.10

4.4. Potensi PLTGL dengan metoda *Oscillating Water Column* pada Pemukiman di Tepi Pantai Pulau Bawean

Dari hasil perhitungan di atas, maka daya rata-rata yang di hasilkan minimum pertahun nya adalah 68,576.76 Watt dan daya rata-rata yang di hasilkan maksimum pertahun nya adalah 170,781.10 Watt. Berdasarkan data yang di dapatkan dari prototype distem OWC yang telah diterapkan di pantai Baron Yogyakarta efisiensi dari daya yang dihasilkan sebesar 11.917 % .(Safitri et al., 2016) Sehingga daya yang terkecil dapat dibangkitkan oleh sistem ini di Pulau Bawean untuk keadaan minimum di bulan April dan Maret kurang lebih sebesar :

$$4,869.91 \text{ Watt} \times 11.971 \% = 582.98 \text{ Watt}$$

Untuk keadaan maksimum di bulan Juli-Agustus dan Nopember – Desember kurang lebih sebesar :

$$272,236.17 \text{ Watt} \times 11.971 \% = 32,589.39 \text{ Watt}$$

Daya yang dihasilkan oleh PLTGL bisa digunakan untuk menyalurkan energi listrik di rumah nelayan sederhana . Jika 1 rumah nelayan sederhana membutuhkan pasokan daya listrik sebesar 100

Watt dengan rincian 7 bola lampu 5 Watt dan 1 TV 14 inch 65 Watt. Maka dengan daya yang di hasilkan pembangkit ini kurang lebih sebesar 32,589.39 Watt dapat menyalurkan energi listrik 325 rumah nelayan sederhana di Pulau Bawean. Perlu diperhatikan tidak hanya tinggi gelombang datang dan periodenya akan tetapi lebar chamber juga berperan besar menentukan besar daya yang akan di hasilkan.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Wilayah perairan Pulau Bawean memiliki potensi untuk menghasilkan energi terbarukan yaitu PLTGL dengan metoda Oscillating Water Column.
2. Daya yang terkecil dihasilkan di bulan April dan Maret sebesar 4,869.91 Watt.
3. Daya yang terbesar dihasilkan di bulan Juli-Agustus dan Nopember – Desember sebesar 272,236.17 Watt.
4. PLTGL dengan metoda Oscillating Water Column di perairan Pulau Bawean dapat memberikan kontribusi daya listrik untuk kurang lebih 325 rumah nelayan sederhana pada kondisi pembangkitan maksimum dan efisiensi sebesar 11,971 %.

Daftar Pustaka

- Azizie, M. R., Wicaksono, D. A., & Fitriana, F. (2020). Analisis Energi Gelombang Air Laut Menggunakan Teknologi Oscillating Water Column. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.32528/elkom.v2i1.3148>
- Barakaz, A. El, & Marjani, A. El. (2021). Water Oscillation Modelling Inside The Oscillating Water Column For Wave Energy Conversion. *International Journal of Renewable Energy Research*, 11(2), 826–841.
- BPS Kabupaten Gresik. (2021). Kabupaten Gresik Dalam Angka 2021. Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik, 1–414.
- Chiarelli, M. R., Massai, A., Chiarelli, M. R., Massai, A., Russo, G., Atzeni, D., & Bianco, F. (2012). A new configuration of vertical axis wind turbine: towards the development of a highly distributed and efficient wind power generation Study of hybrid laminates (piezoelectric patches & composite laminates) View project CTWings-Curved Transonic Wings . November 2015, 3–4. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1646.2800>
- Dewan Energi Nasional. (2020). Bauran Energi Nasional.
- Falcão, A. F. O., & Henriques, J. C. C. (2016). Oscillating water column wave energy converters and air turbines: A review. *Renewable Energy*, 85(January), 1391–1424. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.086>
- Faulincia. (2019). STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT DENGAN METODA OSCILATING WATER COLUMN DI PERAIRAN KENDARI INDONESIA. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronic*, 4(1), 7–14.
- Hermawan, T., Rahayu, M. D., & Bahtiar, A. (2020). Dewan Redaksi Buletin Maritim Stasiun Maritim Kelas II Tanjung Perak Surabaya.
- IESR. (2017). 20.COMS-PUB-0001_Briefing-Paper-1_Energi-Terbarukan.pdf.
- Kasharjanto, A., Rahuna, D., & Rina, D. (2017). Study on the Implementation Of Marine Current Energy In Indonesia. 11, 75–84.

- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk mendukung Substitusi BBM. *Jurnal Iptek*. <https://doi.org/1411-7010>
- Maghrobbi, M. Z. (2020). Karakteristik wilayah pesisir pulau bawean. November.
- Maradin, D. (2021). Advantages and disadvantages of renewable energy sources utilization. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(3), 176–183. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11027>
- Masters, G. M. (2005). Renewable and efficient electric power systems. In *Choice Reviews Online* (Vol. 42, Issue 06). <https://doi.org/10.5860/choice.42-3448>
- Menteri ESDM RI. (2021). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030, 2019–2028.
- N.H Raharjo, S.Mahmudsyah, T. Y. (2011). Studi Pemanfaatan Energi Panas laut dan gelombang Laut untuk Sistem Kelistrikan di Kabupaten Karangasem Bali. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)73590-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)73590-3)
- Noor, M. A. F., & Romadhon, A. (2020). Analisis Kesesuaian Dan Daya Dukung Lingkungan Pulau Gili Noko Bawean Sebagai Kawasan Ekowisata Pantai. *Juvenil:Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 1(1), 38–46. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i1.6749>
- Pecher, A. (2016). *Handbook of Ocean Wave Energy Series 7*.
- Peraturan Daerah Jawa Timur. (2019). Peraturan Daeran No 6 Tahun 2019 : Rencana Umum Energi Daerah Provinsi Jawa Timur Tahun 2019 – 2050.
- Raja.A.K., Srivastava.A.p, D. . (2006). *Power Plant Engineering*. In New Age International Publisher.
- Ramli, M., Harini Muntasib, E. K. S., Agus, D., Kartono, P., Konservasi, D., Hutun, S., Fakultas, E., Institut, K., Bogor, P., Bagian,), Alam, R., Ekowisata, D., Ekologi, B., & Satwaliar, M. (2012). STRATEGI PENGEMBANGAN WISATA DI PULAU BAWEAN KABUPATEN GRESIK (Tourism Development Strategy in Bawean Island, Gresik Distric). *Agustus*, 17(2), 79–84.
- Rohmaniatul, S., Pratiwi, A. F., & Rahmat, S. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Sistem Oscillating Water Column. *Infotekmesin*, 12(1), 42–49. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v12i1.412>
- S. Riyanto. (2017). Kajian Pemanfaatan Potensi Suhu Air Laut Sebagai Sumber Energi Terbarukan Menghasilkan Energi Listrik. *Jurnal Inovtek Polbeng Vol 07.No1*, Juni 2017. <https://doi.org/2088-6225>
- Safitri, L. E., Jumarang, M. I., & Apriansyah, A. (2016). Studi Potensi Energi Listrik Tenaga Gelombang Laut Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Perairan Pesisir Kalimantan Barat. *Positron*, 6(1), 8–16. <https://doi.org/10.26418/positron.v6i1.14536>
- Saputra, R. wahyu. (2020). Studi potensi pembangkit listrik tenaga gelombang laut (pltgl) menggunakan metoda oscillating water coloumn (owc) di perairan selatan jawa indonesia.
- Utami, S. R. (2010). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem Oscilating Water Column (Owc) Di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia. *Teknik Elektro*, 1(1), 7.
- Vicinanza, D., Contestabile, P., & Di Lauro, E. (2017). Overtopping Breakwater for Wave Energy Conversion: Status and Perspectives. *Proceedings of the Twelfth European Wave and Tidal Energy Conference*, August, {1194\hyphen 1}--{1194\hyphen 9}.

- Wayan Arta Wijaya, I. (2010). Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Menggunakan Teknologi Oscilating Water Column Di Perairan Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. <https://doi.org/10.24843/10.24843/MITE>
- Widowaty, A. K. (2014). Studi kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTGL) di Pulau Bawean Gresik. <https://repository.its.ac.id/65293/>