

POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT (PLTGL) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF DI INDONESIA

Friscela Yona Nagifea¹⁾, Sudarti²⁾, Yushardi³⁾

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jember

Email: friscelafea@gmail.com¹⁾

Nomor Telp : +62 856 4319 3736

Asal Negara: Indonesia

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik akan terus bertambah seiring dengan perkembangan penduduk dan kemajuan teknologi. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa energi alternatif memiliki peran yang sangat penting sebagai pengganti listrik berbahan dasar fosil. Dalam penelitian kali ini bertujuan untuk menganalisis potensi PLTGL, yakni salah satu jenis pembangkit listrik yang diberdayakan oleh kekuatan gelombang laut, sebagai alternatif untuk menghasilkan energi listrik di Indonesia. Dalam melakukan penelitian tersebut, kami menggunakan pendekatan kualitatif induktif sebagai metode untuk pengumpulan informasi dan cara menarik kesimpulan dari data. Yang mana nantinya penulis akan menganalisis 13 jurnal terdahulu agar dapat mengumpulkan fakta-fakta mengenai PLTGL. Selain itu penulis juga akan menganalisis data BMKG mengenai ketinggian gelombang di Indonesia dan data BPPT tentang penggunaan listrik yang ada di Indonesia. Beberapa literatur jurnal menjelaskan bahwa gelombang laut dapat dimanfaatkan untuk menggantikan energi tidak terbarukan untuk menghasilkan listrik secara baik dan efektif. Alasannya, Indonesia dikaruniai dengan $\frac{3}{4}$ perairan yang dapat membuka peluang besar bagi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) ini. Hasil analisis juga menunjukkan adanya kesempatan positif yang dapat digunakan dalam pengembangan PLTGL yang menghasilkan listrik pada kisaran 4,3 kW/m gelombang. Namun, tidak semua wilayah Indonesia dapat menggunakan jenis PLTGL yang sama sekaligus, melainkan penggunaan berbagai jenis PLTGL ini bergantung pada ketinggian gelombang yang dihasilkan di tiap-tiap daerah.

Kata kunci: PLTGL, listrik, energi alternatif

ABSTRACT

The need for electrical energy will continue to grow along with population development and technological advances. From this it can be seen that alternative energy has a very important role as a substitute for fossil-based electricity. This study intention is to gain the potential analysis of ocean power to make a wave as electricity (PLTGL) as an alternative energy source in Indonesia. To find the information around the subject, qualitative-inductive approach was chosen as the method. Which later the author will analyze the previous 13 journals in order to collect facts about PLTGL. In addition, the author will also analyze BMKG data regarding wave height in Indonesia and BPPT data on electricity use in Indonesia. Several journal literatures explain that ocean waves can be used as a good and effective alternative energy source. Supported by Indonesia's almost water territory, it can open up great opportunities for this Ocean Wave Power Plant (PLTGL). Some conclusion told that Indonesia has enormous potential in the development of PLTGL, which is around 4.3 kW/m wave. However, not all regions in Indonesia can use the same type of PLTGL at once, but the use of various types of PLTGL depends on the wave height generated in each region.

Keywords: PLTGL, electricity, alternative energy

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan dan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia akan berdampak pada penggunaan energi listrik yang terus meningkat. Disamping itu, perkembangan teknologi juga menjadi pengaruh pertambahan penggunaan listrik. Hal tersebut menyebabkan energi listrik berperan penting dalam kehidupan.

Hampir keseluruhan pembangkit listrik yang ada di Indonesia saat ini masih menggunakan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui (Muarif et al., 2020). Apabila sumber energi tidak terbarukan ini terus dipakai secara terus-menerus, dapat

mengakibatkan kepunahan energi. Untuk mencegah kepunahan sumber energi tersebut diperlukan suatu terobosan baru berupa energi alternatif agar kebutuhan energi listrik dapat terus terpenuhi.

Energi alternatif atau energi terbarukan merupakan energi yang memiliki fungsi untuk mengganti bahan bakar fosil. Menurut KBBI sendiri energi alternatif merupakan energi yang bukan berasal dari minyak bumi, contohnya seperti tenaga air, gas alam, biomassa, gambut, dan batu bara. Energi alternatif seperti yang telah dijelaskan sebelumnya sudah banyak dikembangkan oleh masyarakat salah satunya ialah PLTGL.

Penggunaan energi gelombang laut sebagai sumber energi listrik ini sebenarnya bukan teknologi baru (Suprpto, 2022). Meskipun bukan teknologi baru, energi alternatif dengan menggunakan mekanisme gelombang laut ini memiliki peluang besar apabila diterapkan di wilayah Indonesia. Indonesia termasuk dalam negara maritim dengan kepulauan garis terluar pantai sekitar 95,181 km (Suprpto, 2022). Dengan kondisi tersebut wilayah Indonesia memiliki potensi besar untuk menciptakan sumber energi terbarukan yang berasal dari laut (Agung Mardiansyah et al., 2014). PLTGL adalah pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi berupa ombak laut di perairan atau garis pantai. PLTGL diciptakan untuk mendapatkan energi listrik dengan memanfaatkan energi kinetik gelombang laut. Menurut (Aminuddin, 2018) pada umumnya PLTGL beroperasi dengan mengubah gelombang untuk dijadikan alat penggerak turbin (mekanik) yang dari sanalah kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik..

Energi tersebut pada dasarnya tercipta karena adanya angin ketika di sisi lain angin timbul karena keberadaan energi matahari. Gesekan di antara angin air lautlah yang memunculkan gelombang. Di saat yang sama, potensi air laut kalah jika dibandingkan dengan jumlah energi yang dapat diberikan energi surya, namun kelebihanannya dibandingkan matahari adalah kerapatannya. Kelebihan tersebut mampu menghasilkan 2-3 kW/m² (Parjiman et al., 2018). Oleh karena itu pemanfaatan mekanisme gelombang air laut dapat membuka peluang Indonesia sebagai salah satu negara penghasil energi di perairan. Terdapat sejumlah penelitian yang menyatakan bahwa sekitar 70 kW/m energi gelombang air laut dihasilkan di beberapa daerah di Indonesia. Selain itu, di tempat yang lain, 40 kW/m energi bisa dihasilkan. Tempat itu adalah Pantai Selatan (Pulau Jawa) (Parjiman et al., 2018).

Pada penelitian kali ini, akan menganalisis potensi PLTGL yang mengubah energi mekanik gelombang air laut menjadi energi alternatif

pengganti fosil. Sampai saat ini masih sedikit literatur yang meneliti mengenai gelombang air laut. Berdasarkan pernyataan di atas, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi PLTGL sebagai energi alternatif di Indonesia. Hal ini menjadi penting untuk diteliti, sehingga diharapkan artikel ini dapat berimplikasi kepada tambahan *current literature* yang sudah ada.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang dilakukan penulis dalam penelitian ini ialah pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif merupakan pendekatan yang sering digunakan dalam penelitian, karena dalam pendekatan ini cenderung mendeskripsikan dan menganalisis suatu hal secara mendalam. Oleh karenanya, penulis, pada penelitian ini, akan menganalisis secara mendalam tentang potensi PLTGL di perairan Indonesia. Apabila dihubungkan dengan jenis penelitiannya, maka dalam artikel ini penulis menggunakan jenis penelitian *Grounded Theory*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan menggeneralisasikan mekanisme perubahan energi mekanik gelombang laut menjadi energi listrik.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Penulis menggunakan teknik pengumpulan data dengan analisis induktif. Yang mana, nantinya peneliti akan menelaah jurnal terkait dengan topik Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL). Setidaknya 13 jurnal pada kurun waktu 10 tahun terdekat menjadi rujukan. Selain itu, penulis juga akan menelaah data tentang bagaimana kondisi gelombang laut yang ada di Indonesia agar dapat mengetahui potensi penggunaan PLTGL di beberapa laut Indonesia. Hal tersebut menyebabkan data yang terkumpul bersifat sekunder. Apabila data yang dibutuhkan telah terkumpul secara deskriptif maka dapat ditarik kesimpulan berdasarkan pada poin-poin umum setiap pernyataannya.

Tabel 1. Daftar nama jurnal dan penelitian

No.	Penulis	Judul	Tahun	Hasil
1.	Sigit Arrohman, Dwi Aries Himawanto	Peluang dan Tantangan Pengembangan Teknologi <i>Oscillating Water Column</i> (OWS) di Indonesia	2021	Negara republik Indonesia memiliki potensi pengembangan energi gelombang laut yang baik. Dengan rata-rata ketinggian berkisar antara 1-4 m yang ada di laut Indonesia dapat menjadi jalan pembuka bagi peluang tersebut. Tinggi gelombang laut tertinggi terletak pada bagian timur Indonesia. Kemudian energi kinetik yang stabil terdapat pada bulan Maret hingga Oktober.
2.	Muhammad Alip Pratama, Arnando Fajar Sidhiq, Yuri	Perancangan Sistem Kendali Alat Elektronik Rumah	2021	Perancangan sistem kendali alat elektronik diciptakan guna untuk mengatasi permasalahan pemborosan

	Rahmanto, Ade Surahman	Tangga		listrik. dengan menggunakan fitur internet <i>Of Things</i> dapat mengatasi kekhawatiran dari kecerobohan manusia dalam mematikan peralatan elektronik.
3.	Sri Agustina, Muhammad Yusup, Suci Dwijayanti, Muhammad Otong, Bhakti Yudho Suprpto	Desain Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Berbasis Keseimbangan Gyroscope	2021	Berdasarkan penggunaan simulasi dan uji interaksi, gimbal serta PTO generator mampu membuat tegangan sebesar 5 v DC. Hasil yang diperoleh tersebut digunakan untuk referensi apakah PLTGL yang dibuat dapat dikendalikan dengan baik menggunakan tegangan tersebut.
4.	Muhammad Fikry Syach, Muhammad Farras Ayasy, Novia Safinatunnajah	Pemetaan Perkiraan Potensi Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Sistem Pelamis di Perairan Nias	2020	Menurut penelitian, tinggi gelombang signifikan dan periode masing-masing adalah 0,63 m dan 4,05 s. Sudut konversi antara lengan modul Pelamis berada di 46,85° saat memanfaatkan pegas peredam pada 1,00 hingga 1,73 m. Dari beberapa uji coba, mean yang didapatkan adalah 82,01 kW/m ² , dengan rapat maksimum 199,93 kW/m ² dan rapat minimum 17,31 kW/m ² .
5.	C. A. Siregar, Sudirman Lubis	Perencanaan Instrumen Konversi Energi tenaga Gelombang Dengan Menggunakan teknik Kolom Osilasi	2020	Beberapa hasil eksperimen diperoleh dari perancangan dan pengujian pembangkit listrik tenaga gelombang laut berdasarkan konsep tiga osilasi, antara lain a) Menghasilkan listrik sebesar 0,06 v pada ketinggian antara dasar dengan permukaan laut 30 cm, dengan ketinggian gelombang 1. Amplitudo atau panjangnya gelombang didapatkan 66 cm; b) menciptakan listrik sebesar 0,08 v pada ketinggian permukaan laut 40 cm, dengan ketinggian gelombang 5 cm dan amplitudo atau panjang gelombang 75 cm; dan c) menciptakan listrik sebesar 0,06 v pada permukaan air
6.	Syamsul Muarif, Widi Aribowo S.T.,M.T., Ir.Achmad Imam A M.Pd., Unit Three kartini S.T.,M.T.	Rancangan Bangun <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Ombak	2020	Pada siang hari, prototipe yang diuji dalam percobaan ini mampu melakukan yang terbaik dengan tegangan mulai dari 10,6 v hingga 10,7 v, yang dapat dicapai dengan menggunakan generator DC dengan kecepatan putaran mulai dari 623 putaran per menit hingga 710 putaran per menit.
7.	Chahyono Shaputra, Rahmat Rasyid	Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Piezoelektrik dengan Modul Charging TP5100 pada Bangunan Groir Pemecah Ombak Pantai Padang	2019	Uji coba menunjukkan gaya mekanis sangat dipengaruhi ombak ketika piezoelektrik dikenai oleh ombak. Hal tersebut menyebabkan tegangan akan semakin besar, begitu pula sebaliknya. Dari percobaan ini menghasilkan 2,75 v DC dan daya 45,83mW.
8.	Soegeng Hardjono	Analisis Ketinggian Gelombang yang Sesuai untuk Pengoperasian Kapal Cepat Rudal 60M di	2018	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai KCR 60M dimana ini menunjukkan bahwa ia dapat beroperasi saat gelombang berada pada ketinggian maksimum 4,73 m. Sedangkan tinggi

		Perairan Indonesia		rata-rata gelombang laut di Indonesia ialah masih di bawah 4,73 m yang menyebabkan KCR 60M dapat berjalan kecuali pada bulan Desember dan Januari karena pada bulan tersebut gelombang laut dipengaruhi oleh angin <i>moonsun</i> Asia. Angin <i>moonsun</i> tersebut menyebabkan tinggi gelombang bertambah menjadi ekstrim >4,73 m di wilayah Utara maupun Selatan Equator serta perairan antar pulau.
9.	Parjiman, Daryanto, Massus Subekti, Muhammad Rif'an	Simulasi Gelombang Laut untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)	2018	Dalam penelitian ini mengembangkan model simulasi gelombang laut secara visual dan tervalidasi, sehingga diperoleh hasil yang sesuai dengan perhitungan manual.
10.	Jamrud Aminuddin, R. Farzand Abdullatif, Wihantoro	Persamaan Energi untuk Perhitungan dan Pemetaan Area yang Berpotensi untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut	2015	Menurut temuan penelitian yang telah dilakukan, massa jenis air, amplitudo, dan percepatan gravitasi merupakan unsur-unsur yang mempengaruhi besarnya energi yang diciptakan oleh gelombang laut. Studi ini juga mengungkapkan bahwa nilai energi rata-rata gelombang laut kira-kira sama dengan dua kali tinggi gelombang laut. Informasi ini diperoleh dari perbandingan keduanya.
11.	Mochmad Khoirul Rizal febri Karim, Sardono Sarwito, Indra Ranu Kusuma	Perancangan Prototype Pembangkit Listrik tenaga Gelombang Laut Tipe Oscilating Water Column di Pantai Bandealit Jember	2014	Di laboratorium, perbandingan dua set data gelombang menunjukkan bahwa dengan ketinggian 0,2 m dan 0,23 m menghasilkan daya keluaran rata-rata 4,8 mWatt dan 8,27 mWatt, sedangkan perhitungan matematis menggunakan tinggi gelombang yang sama menunjukkan bahwa dapat menghasilkan daya rata-rata masing-masing 8,1 watt dan 13,2 watt.
12.	Lutfi Agung Mardiansyah, Aris Ismanto, Wahyu Budi Setyawan	Kajian Potensi Gelombang laut sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) dengan Sistem <i>Oscilastting Water Column</i> (OWC) Di perairan Pantai Bengkulu	2014	Di lapangan, pengukuran dilakukan dalam dua kondisi yang berbeda: kondisi pertama tinggi gelombang 0,87 m dan periode 3,53 s, sedangkan kondisi kedua tinggi gelombang 0,89 m dan periode 3,56 s. Dalam penyelidikan ini, lebar prototipe adalah 2,4 m. Temuan mengungkapkan bahwa musim timur melihat kemungkinan kepadatan gelombang tahunan tertinggi selama periode waktu penelitian (2003-2012), dengan nilai masing-masing 7600,64 joule/m ² dan 1661,76 watt/m ² .
13.	Redita Dicky Setiawan, Toto Cimurti, Rahmad Kurniawan, Dadang Hermawan	Pemanfaatan Gelombang Air Laut untuk Pembangkit Tenaga Listrik Mini Berbasis <i>Mikrohidro System</i>	2013	Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa jika semakin tinggi gelombang maka semakin tinggi pula voltase, arus, dan efisiensi.

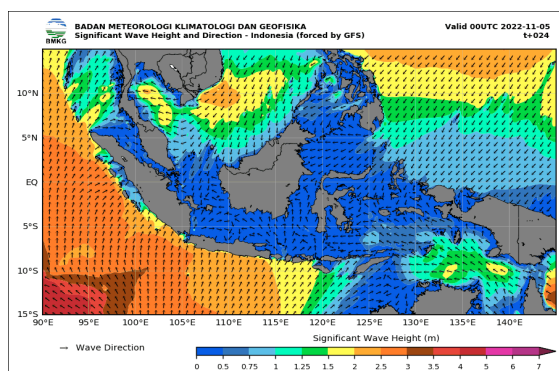
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kondisi Ketinggian Gelombang Air Laut Indonesia

Gelombang air laut merupakan pergerakan naik-turun, yang arahnya tegak lurus di atas permukaan laut dengan membentuk kurva sinusoidal (Aminuddin, 2018). Terciptanya gelombang air laut diakibatkan karena adanya gaya pembangkit yang dapat merubah benda bergerak di sekitar permukaan laut, angin, gangguan seismik, dan pengaruh dari medan gravitasi bulan dan matahari (Suprpto, 2022). Gelombang laut yang termasuk ke dalam gelombang irregular ini memiliki permukaan yang tidak beraturan dari waktu ke waktu. Bentuknya bervariasi bergantung pada kecepatan angin (Aminuddin, 2018).

Gelombang laut Indonesia memiliki karakteristik, seperti pola yang terkait dengan siklus angin monsun. Selama periode monsun Asia dan monsun Australia, dua puncak gelombang tertinggi terjadi. Monsun Australia berlangsung dari Juni hingga Agustus, sedangkan Monsun Asia berlangsung dari Desember hingga Februari. (Hardjono, 2018). Gelombang laut Indonesia memiliki karakteristik, seperti pola yang terkait dengan siklus angin monsun. Selama periode monsun Asia dan monsun Australia, dua puncak gelombang tertinggi terjadi. Monsun Australia berlangsung dari Juni hingga Agustus, sedangkan Monsun Asia berlangsung dari Desember hingga Februari. (Hardjono, 2018).

Kondisi wilayah Indonesia yang hampir 70% berupa perairan ini banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai pemenuh sumber daya hayati dan non hayati. Laut Indonesia mengandung berbagai sumber energi selain sumber makanan. Kelangkaan sumber energi konvensional dapat diatasi dengan sumber energi berbasis laut. Karena energi laut memiliki potensi untuk memasok empat kali kebutuhan listrik dunia, penelitian dan skala komersial telah dikembangkan di beberapa negara maju mengenai sumber energi berbasis laut ini.



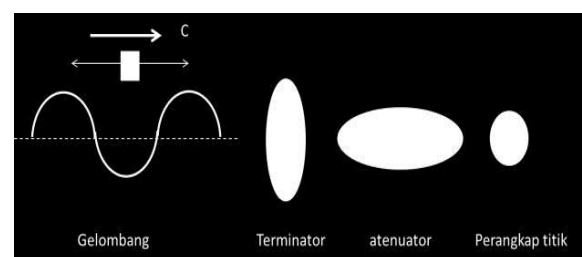
Gambar 1. Peta perkiraan tinggi gelombang (Sumber: maritim.bmkg.go.id)

Dapat dilihat pada Gambar 1. saat ini beberapa wilayah perairan yang ada di Indonesia memiliki kemungkinan gelombang tinggi pada 5

November 2022 seperti Selat Sunda bagian Selatan Perairan Selatan Banten sampai P. Sumba, Samudra Hindia Selatan Banten sampai Jawa Tengah, Laut Natuna Utara, dan Samudra Hindia Barat Aceh hingga Lampung. BMKG memperkirakan bahwa wilayah-wilayah tersebut memiliki tinggi gelombang 2,50 m hingga 4 m. Selain itu juga terdapat beberapa wilayah lain yang memiliki potensi gelombang sedang seperti Perairan Barat Aceh hingga Lampung, Samudra Hindia Selatan Jawa Timur hingga P. Sumba, Laut Sawu, Perairan Kep. Tanimbar, Laut Arafuru, Perairan Utara Sabang, Perairan Kep. Natuna, dan Samudra Pasifik Utara Halmahera hingga samudra Pasifik Utara Jayapura. Wilayah-wilayah tersebut memiliki potensi gelombang dengan tinggi 1,25 m hingga 2,50 m. Selain data BMKG tersebut (Hardjono, 2018) menyebutkan bahwa kebanyakan gelombang di Indonesia memiliki ketinggian rendah karena kurang dari 4,73 m pada sisi utara, yakni perbatasan laut Cina Selatan kecuali pada periode Desember serta Januari dengan tinggi gelombang yang mampu hingga 5,1 m di sisi Utara serta Selatan Equator maupun perairan Antar-Pulau.

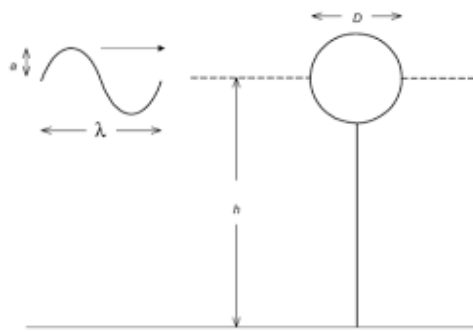
3.2. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)

Meskipun banyak peneliti menyebutkan bahwa konsep PLTGL ini berbeda-beda, namun pada dasarnya memiliki konsep yang sama di antaranya terminator, attenuator, juga point absorber. Terminator merupakan sebuah peranti yang memiliki ekstensi horizontal besar yang berada pada sudut yang sama dengan arah rambat gelombang. Di sisi lain, attenuator berbeda dengan terminator karena memiliki bentuk ortogonal jika dihadapkan arah propagasi gelombang. Sedangkan point absorber (perangkat titik) lebih kecil daripada panjang gelombang dominan. (Gambar 1).



Gambar 2. Skala dan orientasi terminator, attenuator, dan perangkat titik (sumber: Parjiman dkk., 2018)

Pergerakan ponton yang terdapat diatas permukaan laut akibat gelombang terdiri atas tiga model gerak translasi (*surgey, sway, heave*) dan tiga gerak rotasi (*roll, pitch, yaw*) yang mengacu pada sumbu koordinat (x, y, z) seperti yang ada pada Gambar 2. Hal tersebut akan menyebabkan terminator, attenuator, dan perangkat titik terendam secara bergantian.



Gambar 3. Skematik ponton melampung di atas permukaan laut
(Sumber: Partjiman dkk., 2018)

Gerakan ponton merupakan hal utama dari skema pada PLTGL karena inilah yang mampu memberikan energi listrik. Tidak cukup sampai di sini, perlunya pepaduan antara gerakan ponton dengan generator secara langsung atau memodifikasinya dengan bandul yang dikopling magnet, atau dapat juga dengan pemompa air laut untuk ditampung dan selanjutnya dialirkan ke generator seperti Gambar 3.

PLTGL terbagi menjadi 4 jenis, di antaranya:

3.2.1. PLTGS-OWC

PLTGL-OWC (*Oscillating Water Column*) adalah salah satu alternatif teknologi yang diciptakan menggunakan metode isolasi untuk mengubah energi gelombang air laut menjadi energi listrik (Arrohman & Himawanto, 2021). PLTGL-OWC sebagai pembangkit listrik tenaga gelombang air laut yang memiliki komponen turbin dan ruang udara. Ruang udara ini terendam sebagian di bawah permukaan laut, dan pada bagian bawahnya terbuka agar dapat bergerak naik turun. Pada saat ruang udara bergerak naik dan turun akan mendorong udara yang terdapat di dalam ruang tersebut melintasi turbin. Karena gelombang laut memiliki sifat selalu berosilasi, maka udara akan didorong atau ditarik melalui turbin. Pasang surut air laut sangat berpengaruh terhadap PLTGL-OWC, sehingga jika air laut mengalami pasang surut PLTGL-OWC tidak dapat beroperasi secara optimal (Suprpto, 2022).

3.2.2. PLTGL-AWS

PLTGL-AWS (*Archimedes Wave Swing*) adalah pembangkit listrik yang menggunakan gelombang laut serta piston berisi udara. Piston tersebut akan mengapung di permukaan dan berkontraksi akibat adanya tekanan gelombang laut. Kemudian terdapat bagian yang dipasang di dasar laut dan terhubung dengan generator untuk mengubahnya menjadi energi listrik. Permukaan dasar laut yang datar menjadi komponen penting dalam pembangunan PLTGL-AWS. Hal tersebut memerlukan rancangan yang matang serta dana yang besar (Suprpto, 2022).

3.2.3. PLTGL-Pelamis

PLTGL-Pelamis ialah pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang memiliki komponen berupa silinder yang digabungkan dengan sambungan khusus. Sambungan khusus ini terdiri dari penggerak hidrolik yang berfungsi sebagai pemompa. Dengan gerakan yang tercipta ini akan menggerakkan generator listrik dan kemudian akan menghasilkan daya. Dalam PLTGL-Pelamis diperlukan gelombang laut yang sangat besar agar dapat menggerakkan hidrolik untuk menghasilkan tenaga (Syach et al., 2020).

3.2.4. PLTGL-Duck

Jenis PLTGL yang terakhir ini merupakan pembangkit listrik tenaga gelombang laut yang bergerak mengambang, tenggelam, asimetris, tertambat, dan naik turun. Salah satu contoh PLTGL-Duck ialah menggunakan prinsip *gyroscope*. Prinsip *gyroscope* ini akan mengubah gerakan goyang menjadi tenaga listrik (Suprpto, 2022).

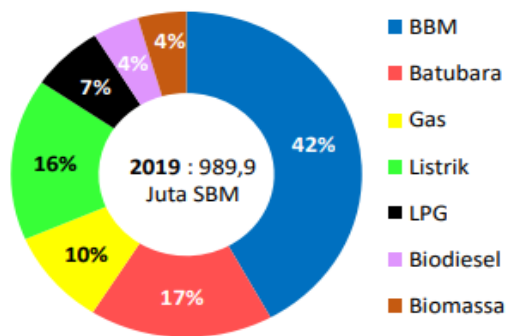
3.3. Potensi PLTGL di Indonesia Sebagai Solusi Permasalahan

3.3.1. Potensi Konversi Energi Gelombang Menjadi Listrik

Telah banyak penelitian yang mempelajari tentang seberapa besar potensi penggunaan gelombang laut agar dapat menghasilkan energi listrik. (Setiawan et al., 2013) menyebutkan bahwa Inggris menjadi salah satu negara yang meneliti tentang energi alternatif bersumber gelombang laut terbanyak di dunia. Dari hasil penelitian yang telah ada sebelumnya, deretan gelombang yang bertempat di pantai Selandia Baru memiliki tinggi rata-rata 1 meter dan periode 9 s. Dengan tinggi tersebut gelombang pantai Selandia Baru dapat menghasilkan daya sebesar 4,3 kW per meter panjang ombak. Kemudian dengan ketinggian ombak 2-3 m dapat menghasilkan daya hingga 39 kW per meter panjang ombak.

Jika ditinjau dengan ombak yang memiliki ketinggian hingga 100 m dan periode 12 s maka dapat menghasilkan daya sebesar 600 kW/m. Di Indonesia sendiri banyak sekali pantai yang memiliki ketinggian ombak (gelombang) mencapai 5 m hingga lebih terutama pada bulan Desember hingga Januari. Pada bulan Desember dan Januari tersebut gelombang laut yang ada di Indonesia dipengaruhi oleh angin *moonsun* Asia. Angin *moonsun* ini menghasilkan hembusan angin kencang yang menyebabkan gelombang tinggi di wilayah laut Indonesia yang dapat mencapai 5,1 m bahkan lebih. Wilayah Indonesia dengan gelombang tinggi tersebut dapat ditemukan di wilayah Utara di perbatasan Laut Cina Selatan. Oleh karena itu, perlunya penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan gelombang di pantai Indonesia.

3.3.2. Hasil Analisis Penggunaan listrik di Indonesia



Gambar 4. Konsumsi energi perjenis (2019) (sumber: bppt.go.id)

Total konsumsi energi final pada tahun 2019 seperti pada gambar di atas menyebutkan bahwa konsumsi tertinggi masih diduduki oleh BBM dengan persentase 42% (BPPT, 2021). Meskipun demikian, pada saat ini kehidupan manusia tidak luput dari pemanfaatan kemajuan teknologi. Tentunya teknologi tersebut akan semakin canggih dan serba otomatis, sehingga dalam penggunaannya lebih mudah dan efisien. Hingga saat ini banyak sekali keperluan manusia seperti peralatan penerangan, peralatan dapur dan lain sebagainya yang menggunakan listrik, hal tersebut dapat menyebabkan permasalahan seperti pemborosan listrik (Alip Pratama et al., 2021).

Dilansir dari *International Energy Agency* (IEA) menyebutkan bahwa energi listrik merupakan komponen penting dalam pembangunan suatu negara. Diperkirakan pada tahun 2018, konsumsi listrik secara nasional dapat mencapai 905 Kilowatt Hour (kWh)/Kapita. Hasil perolehan data konsumsi listrik diperkirakan akan terus bertambah menjadi 1.147 kWh/kapita pada tahun 2022, dan terus akan meningkat menjadi 1.501 kWh/kapita pada akhir tahun 2027 (Shaputra & Rasyid, 2019). Hal tersebut dapat menyebabkan kepunahan energi apabila tidak diatasi secara serius.

3.3.3. Solusi Permasalahan

PLTGL adalah salah satu energi alternatif yang mampu menjadi solusi dalam mengatasi kebutuhan listrik yang ada di Indonesia. Didukung dengan kondisi Indonesia yang hampir $\frac{3}{4}$ nya merupakan wilayah perairan, maka PLTGL ini apabila dimanfaatkan dengan baik dapat meningkatkan sumber listrik yang ada. Dengan adanya PLTGL maka dapat mencegah kepunahan sumber energi yang tidak dapat diperbarui seperti fosil, batu bara, gambut, dan lain sebagainya. Penggunaan PLTGL ini juga dapat terbelang gratis karena sumber energi yang diperlukan berasal dari alam, kemudian tidak menghasilkan limbah sehingga tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, beberapa teknologi PLTGL berpotensi besar jika diletakkan di perairan Indonesia. Seperti PLTGL-OWC yang memerlukan gelombang laut yang terbentuk sepanjang tahun. Karena PLTGL-OWC ini membutuhkan tinggi gelombang minimal 1 hingga 2 m, maka wilayah yang cocok dengan teknologi PLTGL ini ialah Perairan Barat Aceh sampai Lampung, Samudra Hindia Selatan Jawa Timur sampai P. Sumba, Laut Sawu, Perairan Kep. Tanimbar, Laut Arafuru, Perairan Utara Sabang, Perairan Kep. Natuna, dan Samudra Pasifik Utara Halmahera hingga samudra Pasifik Utara Jayapura.

Bagi PLTGL-Pelamis tinggi gelombang merupakan faktor penting, yang mana jika semakin tinggi gelombang laut akan semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Tinggi gelombang yang cukup besar ini memiliki peluang besar menghasilkan energi potensial yang juga tinggi. Oleh karena itu wilayah yang cocok dengan PLTGL jenis ini ialah Selat Banten hingga P. Sumba, Samudra Hindia Barat Aceh hingga Lampung, Laut Natuna Utara, dan samudra Hindia Selatan Banten hingga Jawa Tengah.

3.4. Penelitian Terdahulu Terkait PLTGL

Jika ditinjau dari penelitian-penelitian sebelumnya mengenai PLTGL memiliki latar belakang yang sama yaitu untuk mengatasi permasalahan penggunaan energi listrik di Indonesia yang terus meningkat. Penelitian yang dilakukan oleh (Mochamad Khoirul Rizal Febri Karim et al., 2014) dan (Siregar & Lubis, 2020) sama-sama menggunakan sistem *Oscillating Water Column* (OWC). Yang mana pada penelitian (Mochamad Khoirul Rizal Febri Karim et al., 2014) menyebutkan dengan memanfaatkan gelombang yang ketinggiannya mencapai 0,2 meter dan 0,23 meter akan menghasilkan daya rata-rata sebesar 4,8 dan 8, 27 mWatt. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Siregar & Lubis, 2020) yang memanfaatkan gelombang dengan ketinggian air berkisar antara 30 cm hingga 45 cm menghasilkan listrik sebesar 0,06 v hingga 0,08 v.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Gelombang air laut merupakan sumber energi yang dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. PLTGL ini memiliki banyak manfaat apabila dikelola dengan benar. PLTGL dapat bertempat di pesisir pantai hingga laut lepas bergantung pada sistem/prinsip yang digunakan. Dengan memanfaatkan wilayah Indonesia yang hampir 60% berupa perairan, maka PLTGL ini dapat membuka peluang besar bagi Indonesia agar dapat menjadi negara penghasil energi listrik terbesar di dunia. Berdasarkan analisis yang telah penulis lakukan, penggunaan jenis-jenis PLTGL bergantung pada ketinggian gelombang di tiap daerah. Beberapa wilayah Indonesia yang memiliki tinggi

gelombang berkisar antara 1-2 meter seperti Perairan Barat Aceh sampai Lampung, Samudra Hindia Selatan Jawa Timur sampai P. Sumba, Laut Sawu, Perairan Kep. Tanimbar, Laut Arafuru, Perairan Utara Sabang, Perairan Kep. Natuna, dan Samudra Pasifik Utara Halmahera hingga samudra Pasifik Utara Jayapura cocok jika menggunakan metode PLTGL-OWC, sedangkan wilayah Indonesia yang memiliki tinggi gelombang berkisar antara 2,50-4 m seperti Laut Natuna Utara, Samudra Hindia Barat Aceh hingga Lampung, dan Samudra Hindia Selatan Banten hingga Jawa tengah cocok menggunakan PLTGL-Pelamis. Oleh karena itu diharapkan terus dikembangkannya penelitian mengenai PLTGL yang ada di Indonesia, agar pemanfaatan PLTGL sendiri dapat terus meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Mardiansyah, L., Ismanto, A., Budi Setyawan, W., Studi Oseanografi, P., Ilmu Kelautan, J., & Perikanan dan Ilmu Kelautan, F. (2014). Kajian Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) dengan Sistem Oscillating Water Column (OWC) Di Perairan Pantai Bengkulu. *Jurnal Oseanografi*, 3(3), 328–337. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/josejl.Prof.Sudarto,S HTembalangTlp./Fax>.
- Alip Pratama, M., Fajar Sidhiq, A., Rahmanto, Y., & Surahman, A. (2021). Perancangan Sistem Kendali Alat Elektronik Rumah Tangga. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, 2(1), 80–92.
- Aminuddin, J. (2018). Persamaan Energi untuk Perhitungan dan Pemetaan Area yang Berpotensi untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 9(1), 9–16. <https://doi.org/10.29122/jurnalwave.v9i1.2647>
- Arrohman, S., & Himawanto, D. A. (2021). Peluang dan tantangan pengembangan teknologi Oscillating Water Column (OWS) di Indonesia. *Jurnal Energi Dan Teknologi Manufaktur (JETM)*, 4(01), 37–42. <https://doi.org/10.33795/jetm.v4i01.24>
- Hardjono, S. (2018). Analisa Ketinggian Gelombang yang Sesuai untuk Pengoperasian Kapal Cepat Rudal 60m di Perairan Indonesia. *Warta Penelitian Perhubungan*, 30(1), 43. <https://doi.org/10.25104/warlit.v30i1.635>
- Mochamad Khoirul Rizal Febri Karim, Sarwito, S., & Indra Ranu Kusuma. (2014). Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe OWC di Pantai Bandalit Jember. *Teknik Pomits*, 3(1), 138–141.
- Muarif, S., Aribowo, W., Imam, A., & Kartini, U. T. (2020). RANCANG BANGUN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OMBAK Syamsul Muarif. *Jurnal Teknik Elektro*, 09 No. 03(Energi Terbarukan, Generator DC, Pembangkit Listrik Tenaga Ombak. Abstract), 1–7.
- Parjiman, Daryanto, Massus Subekti, & Muhammad Rif'an. (2018). Simulasi Gelombang Laut Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut. *Jurnal Teknologi Elektro*, 9(2), 50–57.
- Setiawan, R. D., Cimurti, T., Kurniawan, R., & Hermawan, D. (2013). Pemanfaatan Gelombang Air Laut untuk Pembangkit Tenaga Listrik Mini berbasis Mikrohidro System. 5(2), 17–22.
- Shaputra, C., & Rasyid, R. (2019). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Piezoelektrik dengan Modul Charging TP5100 pada Bangunan Groin Pemecah Ombak Pantai Padang. *Fiiska Unand*, 8(4), 342–347.
- Siregar, C. A., & Lubis, S. (2020). Perencanaan Instrumen Konversi Energi Tenaga Gelombang Dengan Menggunakan Teknik Kolom Osilasi. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 1(1), 63–71. <https://doi.org/10.53695/jm.v1i1.156>
- Suprpto, B. Y. (2022). Desain Pengembangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Berbasis Keseimbangan Gyroscope. *Jurnal Surya Energy*, 5(2), 50–54. <https://doi.org/10.32502/jse.v5i2.3328>
- Syach, M. F., Ayasy, M. F., & ... (2020). Pemetaan Perkiraan Potensi Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Sistem Pelamis Di Perairan *Klimatologi Dan Geofisika*, 7(3), 11–19. <https://jurnal.stmkg.ac.id/index.php/jmkg/article/view/198>