

# POTENSI PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT DI PERAIRAN SELATAN PULAU JAWA DALAM MENDUKUNG KETAHANAN ENERGI

## POTENTIAL UTILIZATION OF OCEAN WAVE POWER PLANT IN SOUTH WATERS OF JAVA ISLAND FOR SUPPORTING ENERGY SECURITY

Ahmad Vidura<sup>1</sup>, Rudy Laksmono W<sup>2</sup>, Mukhtasor<sup>3</sup>

1 & 2 Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Unhan RI,  
3 Departemen Teknik kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh  
November

(ahmadvidura@gmail.com<sup>1</sup>, rudy.laksmono@idu.ac.id<sup>2</sup>, mukhtasor\_isp@yahoo.com<sup>3</sup>)

**Abstrak** – Energi fosil masih sangat mendominasi dengan proporsi 91%. Mengingat ancaman krisis iklim yang kian nyata, komitmen untuk mereduksi jumlah emisi yang dilepas ke lingkungan perlu dilakukan. Salah satu langkah penghindaran emisi adalah transisi energi ke energi bersih. Sebagai negara maritim, energi laut menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang tersedia dalam jumlah besar di Indonesia namun belum banyak dimanfaatkan. Diapit oleh dua samudera, Indonesia memiliki potensi energi gelombang laut yang besar. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi pemanfaatan pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Perairan Selatan Jawa, menganalisis kendala pengembangan pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Perairan Selatan Jawa, dan menganalisis upaya untuk mengatasi kendala tersebut. Penelitian dilakukan dengan desain kuasi kualitatif dengan terbatas pada kajian teknis. Hasil yang didapat menyimpulkan bahwa Perairan Selatan Pulau Jawa memiliki Potensi Energi Gelombang Laut yang cukup besar. Pengembangan PLTGL di Selatan Pulau Jawa juga menghadapi beberapa kendala namun masih potensial untuk dikembangkan dengan beberapa strategi mengingat sumber daya yang tersedia cukup besar.

**Kata Kunci:** Energi Laut, Gelombang Laut, Ketahanan Energi, PLTGL, Transisi Energi

**Abstract** – Fossil energy still dominates with a proportion of 91%. Given the increasingly real threat of the climate crisis, a commitment to reduce the number of emissions released into the environment needs to be made. One of the emission avoidance measures is the energy transition to clean energy. As a maritime country, marine energy is one of the renewable energy sources that are available in large quantities in Indonesia but has not been widely used. Flanked by two oceans, Indonesia has great potential for ocean wave energy. This study aims to analyze the potential utilization of ocean wave power plants in the Southern Waters of Java, analyze the constraints of developing ocean wave power plants in the Southern Waters of Java, and analyze efforts to overcome these obstacles. The research was conducted with a quasi-qualitative design with a limitation on technical studies. The results obtained concluded that the Southern Waters of Java Island has a large enough Ocean Wave Energy Potential. The development of PLTGL in the South of Java Island also faces several obstacles, but there is still potential to be developed with several strategies considering the available resources are quite large.

**Keywords:** Energy Security, Energy Transition, Ocean Energy, Ocean Waves, WEC,

## Pendahuluan

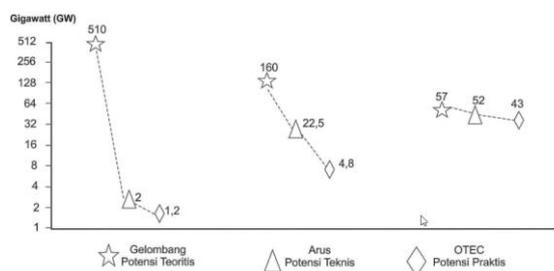
Energi memiliki peran yang sangat vital untuk kualitas hidup yang baik. Berbagai macam mobilitas dan aktivitas yang dijalani kita sebagai manusia membutuhkan kehadiran energi setiap harinya (Jelley dan Jelley, 2020). Pemenuhan terhadap kebutuhan energi telah menjadi salah satu hal penting dalam mewujudkan ketahanan nasional. Gangguan pasokan energi secara langsung akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan pembangunan suatu negara (Yandri *et al.*, 2018). Pertumbuhan ekonomi pertumbuhan penduduk (termasuk migrasi desa ke kota) serta perubahan gaya hidup yang semakin mengarah pada *energy-intensive* mendorong permintaan energi di Indonesia terus meningkat (Bappenas, 2014). Oleh karena itu, masing-masing negara perlu memiliki strategi energi khusus untuk mengamankan pembangunan nasionalnya melalui pengelolaan energi yang tepat. Pemanfaatan energi terbarukan dengan memanfaatkan sumber daya alam di Indonesia dinilai sebagai cara tepat untuk memperkuat ketahanan nasional dan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014

tentang Kebijakan Energi Nasional, penggunaan energi terbarukan menjadi prioritas sedangkan energi berbasis fosil seperti solar dan batu bara diminimalkan. Di sisi lain, data bauran energi Indonesia pada tahun 2018 menunjukkan bahwa energi fosil (minyak, gas, dan batu bara) masih sangat mendominasi dengan proporsi 91% (DEN, 2019).

Mengingat ancaman krisis iklim yang kian nyata, komitmen untuk mereduksi jumlah emisi yang dilepas ke lingkungan perlu dilakukan. Salah satu langkah penghindaran emisi adalah transisi energi yang mengalihkan ketergantungan pada energi fosil ke sumber energi lain yang lebih bersih. Dalam Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2018-2027, porsi EBT dalam struktur energi untuk pembangkit listrik ditargetkan meningkat menjadi 23% pada tahun 2025.

Energi terbarukan berasal dari unsur alam yang tersedia di bumi dalam jumlah yang sangat besar. Sebagai negara maritim dengan laut seluas 5,9 juta km<sup>2</sup> (DJPRL KKP dalam Subagiyo *et al.*, 2017), energi laut menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang tersedia dalam jumlah besar di Indonesia. Energi laut sendiri dapat didefinisikan sebagai energi yang dihasilkan dari dinamika massa air laut. Dengan wilayah laut yang memiliki

proporsi 76,9% dari wilayah negaranya (Ramadhan & Arifin, 2013), Indonesia belum banyak memanfaatkan laut yang menjadi kekayaannya sebagai sumber energi. Vignesh *et al.* (2019) menyebutkan bahwa setidaknya ada lima jenis energi laut yang dapat digunakan, antara lain energi gelombang, energi pasang surut, energi arus laut, energi gradien suhu laut, dan energi gradien salinitas laut.



**Gambar 1.** Potensi Energi Laut Indonesia  
 Sumber: Mukhtasor, 2012 dan Erwandi, 2011 dalam Luhur, 2013

Potensi listrik yang dihasilkan dari energi laut di Indonesia telah banyak dikaji dan dihitung oleh berbagai pihak. Asosiasi Energi Laut Indonesia – ASELI menyebutkan potensi energi laut Indonesia berdasarkan tiga jenis teknologi konversi energi laut, yaitu arus pasang surut, gelombang laut dan energi perbedaan suhu air laut yang dikelompokkan menjadi potensi teoritis, potensi teknis, dan potensi praktis yang tersaji pada Gambar 1 (Luhur *et al.*, 2013). Penelitian lain yang dilakukan Lubis (2007) menyebutkan bahwa energi laut di

sepanjang pantai Indonesia berpotensi menghasilkan lebih dari 2 TW jika dikonversikan secara optimal menjadi listrik.

Memiliki wilayah geografis yang diapit oleh dua samudera (Pasifik dan Hindia), Indonesia memiliki potensi energi gelombang laut yang besar. Salah satu wilayah perairan yang memiliki gelombang cukup tinggi adalah Perairan Selatan Pulau Jawa. Hal tersebut dikarenakan letaknya yang berhadapan dengan Samudera Hindia. Penelitian Manek (2019), tinggi gelombang di Perairan Selatan Pulau Jawa berkisar antara 0,8 m - 4,05 m. Nilai tinggi gelombang tertinggi terjadi pada bulan Agustus. Berdasarkan kondisi-kondisi tersebut, peneliti mencoba melakukan penelitian tentang potensi energi gelombang laut sebagai salah satu sumber energi terbarukan. Penelitian yang dilakukan peneliti terbatas pada kajian potensi teknis pemanfaatan pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Perairan Selatan Pulau Jawa. Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat menjadi referensi awal mengenai pemanfaatan energi laut khususnya gelombang laut di Perairan Selatan Pulau Jawa.

## **Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif yang memperhatikan kondisi alamiah suatu obyek (Sugiyono, 2017). Menurut Sugiyono (2017), teknik pengumpulan data dapat dilakukan melalui observasi, wawancara, survei, dokumen dan keempat kombinasi tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan pengumpulan data menggunakan observasi, wawancara dan telaah dokumen. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis SWOT. Analisis SWOT digunakan untuk menganalisis pemanfaatan PLTGL. Fatimah (2016) menyebutkan bahwa pada dasarnya Analisis SWOT merupakan akronim atau singkatan dari *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities* dan *Threats*. Analisis SWOT ini merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menilai kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman dalam spekulasi perencanaan. Beberapa ahli mengatakan bahwa analisis SWOT adalah alat perencanaan strategis klasik yang menyediakan cara mudah untuk memperkirakan cara terbaik untuk menentukan strategi. Alat ini memudahkan praktisi untuk mengidentifikasi apa yang dapat dicapai dan apa yang perlu diperhatikan.

## **Waktu dan Tempat**

Penelitian dilaksanakan di beberapa lokasi untuk mendapat sumber informasi yang memadai. Ada pun lokasi yang menjadi tempat pelaksanaan penelitian antara lain: Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE) – BPPT BRIN, Balai Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai (BIPDP) – BPPT BRIN, dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Lokasi-lokasi tersebut merupakan tempat dilakukannya wawancara kepada narasumber atau subyek penelitian yang telah ditentukan dalam penelitian ini. Penelitian berlangsung mulai bulan Agustus 2021 hingga Februari 2022.

## **Objek dan Subjek Penelitian**

Objek penelitian adalah sasaran ilmiah yang ditentukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data guna tujuan tertentu dan menggunakannya untuk tujuan yang objektif, valid, dan reliabel (Sugiyono, 2017). Dalam penelitian ini, topik yang dijadikan objek penelitian oleh penulis adalah potensi pemanfaatan pembangkit listrik tenaga gelombang laut di Perairan Selatan Pulau Jawa.

Subyek penelitian adalah individu atau sekelompok individu yang menjadi sumber data penelitian atau memberikan

informasi kepada peneliti. Dalam penelitian ini, subyek penelitian adalah orang-orang yang terlibat langsung dalam memberikan informasi atau data penelitian baik secara perorangan, kelembagaan, atau badan usaha milik negara. Tabel 1 merangkum daftar subyek penelitian yang menjadi narasumber dalam penelitian ini.

**Tabel 1.** Subyek Penelitian

No	Instansi	Narasumber
1	Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE) BPPT BRIN	Ir. Andri Subandriya, MSi
2	Balai Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai BPPT BRIN	Ir. Widjo Kongko, M.Eng
3.	Balai Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai BPPT BRIN	Ir. Aris Subarkah, M.T
4	Kementerian Energi dan Suberdaya Mineral (KESDM)	Dr. Nono Suprayetno

Sumber: diolah oleh Peneliti, 2022

## Hasil dan Pembahasan

### Perkembangan Pemanfaatan PLTGL

Energi gelombang laut yang merupakan energi terbarukan bersumber dari dinamika alam di laut memiliki potensi lokal yang kaya di Indonesia. Narasumber berpendapat bahwa dengan laut yang begitu luas dan garis pantai yang sangat panjang, Indonesia memiliki potensi energi laut yang sangat besar mulai dari

arus, angin, pasang surut, perbedaan temperatur, dan gelombang laut. Di sisi lain, permintaan terhadap energi juga terus meningkat sehingga potensi tersebut akan sangat baik apabila dapat dimanfaatkan. Pemanfaatan energi gelombang laut juga bisa dikombinasikan dengan teknologi lain misalnya pemecah gelombang.

Pemanfaatan PLTGL di Indonesia belum semaju pemanfaatan energi terbarukan lainnya. Pengembangan PLTGL sejauh ini masih sebatas pada tahap riset dan penelitian dan belum sampai pada tahap pemanfaatan secara komersial. Salah satu alasan dari hal tersebut adalah belum adanya teknologi yang cukup terbukti untuk dapat memanfaatkan potensi energi gelombang yang ada.

Penelitian dan pengembangan PLTGL yang telah dilakukan oleh BPPT sudah sampai pada tahap uji coba pemanfaatan PLTGL. Pengembangan PLTGL diawali dengan kajian potensi sumber daya. Ketersediaan potensi energi gelombang yang telah didapat melalui kajian sumber daya kemudian dimanfaatkan melalui teknologi konversi energi. Setidaknya ada dua jenis teknologi konversi energi yang telah dikembangkan

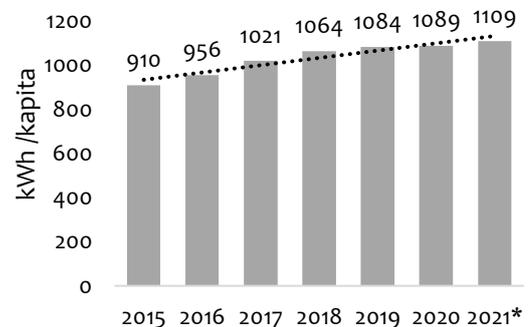
oleh BPPT BRIN, yakni PLTA bersumber energi gelombang laut, PLTGL OWC, dan PLTAGL atau Pembangkit Listrik Tenaga Arus dan Gelombang Laut.

Pemanfaatan PLTGL sebagai pendukung ketahanan energi di Indonesia belum menjadi prioritas. Hal tersebut kembali lagi kepada kematangan teknologi PLTGL yang belum mencapai keekonomian yang baik. Berdasarkan keterangan narasumber, untuk mencapai transisi energi yang cepat, teknologi yang sudah siap lebih diprioritaskan seperti panas bumi dan solar PV.

### Potensi Pemanfaatan PLTGL

Seiring dengan perkembangan teknologi dan kemajuan zaman, konsumsi energi khususnya energi listrik terus meningkat. Konsumsi listrik Indonesia mencapai 1.109 kilo Watt jam (kWh) per kapita pada kuartal ketiga tahun 2021. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), secara tren sejak tahun 2015 konsumsi listrik per kapita di Indonesia terus meningkat. Peningkatan terbesar yang terjadi pada tahun 2017 sebesar 6,8%, sedangkan peningkatan terkecil yang terjadi pada tahun 2020 sebesar 0,4 %. Ke depan permintaan baru akan meningkat akibat penggunaan

kendaraan listrik dan kompor listrik yang diakselerasi oleh program pemerintah.



**Gambar 2.** Konsumsi Listrik Indonesia

\*) Kuartal III 2021

Sumber: Kementerian ESDM, 2021 dalam Dihni & Mutia, 2021

Secara garis besar sebagai negara maritim dengan laut yang luas dan garis pantai yang sangat panjang Indonesia memiliki potensi energi laut yang besar. Salah satu energi laut yang potensial adalah energi gelombang laut terutama di wilayah perairan laut yang berhadapan dengan samudera. Energi gelombang laut juga merupakan energi yang rendah emisi sehingga ramah lingkungan.

Pengembangan energi laut telah berhasil dilakukan oleh PLTGL dan mampu bekerja secara teknis. PLTGL yang telah berhasil dikembangkan antara lain PLTA bersumber energi gelombang laut, PLTGL OWC, dan PLTAGL atau Pembangkit Listrik Tenaga Arus dan Gelombang Laut. Ketiganya telah mampu bekerja secara teknis untuk menghasilkan

energi. Apa bila berhasil dikembangkan lebih lanjut dan beroperasi dengan baik, PLTGL mampu menjadi salah satu alternatif sumber energi.

Aris Subarkah, M.Si menuturkan bahwa energi gelombang laut merupakan salah satu alternatif dalam menghadirkan energi bersih karena gelombang sebagai pembangkit energi listrik selalu terbarukan terus menerus dan tidak menimbulkan masalah lingkungan yang berarti seperti tidak terjadi pencemaran lingkungan. Beliau berpendapat pemanfaatan energi gelombang laut di Indonesia layak untuk diterapkan. Kendalanya memang pemanfaatan energi gelombang menjadi energi listrik memerlukan biaya yang sangat mahal.

Perairan Selatan Pulau Jawa memiliki gelombang yang cukup tinggi. Hal ini dikarenakan posisi geografisnya yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia menjadikan *fetch* yang tersedia semakin luas. *Fetch* yang luas memberikan keleluasaan pada angin dalam bergerak tanpa hambatan sehingga memberikan dorongan pada muka air laut yang kemudian menghasilkan gelombang yang tinggi. Gelombang laut yang tinggi menyimpan energi mekanik yang besar.

Selain sebagai sumber energi untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat, energi gelombang laut juga merupakan energi bersih yang akan mendukung jalannya transisi energi di Indonesia. Sesuai NDC, target penurunan emisi tahun 2030 pada sektor energi mencapai 314 juta ton CO<sub>2</sub>e dengan upaya sendiri dan 446 juta ton CO<sub>2</sub>e dengan bantuan internasional. Hingga akhir tahun 2021, realisasi mitigasi mencapai 69,5 juta ton CO<sub>2</sub>e di mana angka ini sudah melebihi angka target sebesar 67 juta ton CO<sub>2</sub>e. Kendati demikian, saat ini kementerian ESDM masih menyusun peta jalan transisi energi menuju karbon netral dengan target sebagai berikut:

- a) 2021 – 2025: 198 juta ton CO<sub>2</sub>e
- b) 2026 – 2030: 314 juta ton CO<sub>2</sub>e
- c) 2031 – 2035: 475 juta ton CO<sub>2</sub>e
- d) 2036 – 2040: 796 juta ton CO<sub>2</sub>e
- e) 2041 – 2050: 956 juta ton CO<sub>2</sub>e
- f) 2051 – 2060: 1.526 juta ton CO<sub>2</sub>e

Kementerian ESDM berkomitmen dalam pencegahan perubahan iklim dunia dan memiliki target EBT sebesar 23% di tahun 2025, untuk mencapai target tersebut potensi EBT di Indonesia harus dimanfaatkan secara optimal, termasuk memanfaatkan energi laut, sebagai pembangkit listrik. Dalam Peraturan

Menteri ESDM No. 50 Tahun 2017 disebutkan bahwa Pembangkit Listrik yang memanfaatkan Tenaga Gerakan dan Perbedaan Suhu Lapisan Laut adalah arus laut, gelombang laut, pasang surut laut (*tidal*), atau perbedaan suhu lapisan laut (*ocean thermal energy conversion*). Pada RUPTL 2021 – 2030, pengembangan Pembangkit EBT yang direncanakan termasuk pembangkit listrik tenaga air laut.

Adanya PLTGL nantinya bukan hanya berperan sebagai suplai energi yang terus meningkat, melainkan juga pendukung transisi energi menuju energi bersih. Energi gelombang laut yang merupakan energi terbarukan akan meningkatkan bauran EBT. Dalam transisi energi, Kementerian ESDM menyebutkan bahwa terdapat 3 kunci penting yang diperlukan untuk menuju target EBT, NDC dan *Net Zero Emission* (NZE) yaitu:

1. Akselerasi pengembangan EBT di mana Indonesia memiliki peluang yang sangat besar untuk mengembangkan potensi EBT sebesar 3,686 GW mengingat hingga saat ini pemanfaatan EBT baru mencapai 10.889 MW.
2. *Phasing out* PLTU yaitu pemberhentian operasi PLTU mengurangi emisi Gas Rumah

Kaca dan menciptakan tambahan *demand* untuk EBT.

3. Percepatan kendaraan listrik yang didorong oleh konsumsi BBM sektor transportasi yang terus meningkat dan produksi minyak yang terus menurun di mana berdampak pada peningkatan impor dan defisit neraca perdagangan.

### **Kendala Pengembangan PLTGL**

Direktorat Aneka EBT Kementerian ESDM melalui Dr. Nono Suprayetno mengatakan bahwa potensi energi gelombang laut ada, namun ada beberapa hal yang perlu mendapatkan perhatian khusus. Salah satunya adalah belum adanya teknologi konversi yang matang. Pada umumnya, teknologi konversi energi gelombang laut dikembangkan di Eropa Barat dan Amerika Utara yang memiliki kondisi hidro-oseanografi dan morfologi dasar laut yang sangat berbeda dengan di Indonesia. Hal yang kedua adalah aspek keekonomian. Dengan belum matangnya dan belum adanya teknologi konversi energi laut secara komersial maka harga energi dari konversi energi gelombang laut masih belum cukup kompetitif dibandingkan teknologi energi bersih lain misalnya energi surya, hidro, bayu

ataupun panas bumi. Diharapkan dengan perkembangan teknologi konversi ke depan yang semakin maju maka harga energi dari teknologi laut akan makin kompetitif dan dapat dijadikan alternatif dalam penyediaan energi bersih.

Narasumber lain dalam penelitian ini juga mengatakan bahwa teknologi konversi energi laut belum cukup *proven*. Dengan belum matangnya dan belum adanya teknologi konversi energi laut secara komersial maka harga energi dari konversi energi gelombang laut masih belum cukup kompetitif dibandingkan teknologi energi bersih lain misalnya energi surya, hidro, bayu ataupun panas bumi. Karenanya juga dibutuhkan penelitian lanjutan untuk menghadirkan teknologi yang lebih efektif dan efisien dalam memanen energi gelombang atau untuk mengembangkan teknologi yang sudah ada agar lebih maksimal.

Pengembangan teknologi konversi energi gelombang laut juga dihadapkan dengan kondisi alam yang sulit dan keterbatasan anggaran dalam pengembangannya. Kondisi wilayah instalasi yang berada di laut memiliki tingkat kesulitan yang tinggi sehingga baik pemasangan dan pemeliharaan membutuhkan biaya tinggi. Keterbatasan anggaran yang ada juga menjadikan

pengembangan teknologi konversi energi gelombang laut belum menjadi prioritas dibanding jenis energi terbarukan lainnya yang lebih matang. Hal ini menjadi masalah yang berputar di mana anggaran belum diprioritaskan untuk teknologi konversi energi gelombang laut yang belum matang dan teknologi energi gelombang laut belum bisa maksimal karena butuh biaya untuk pengembangannya.

Keterbatasan anggaran juga menjadi salah satu pemicu lain mengapa PLTGL di Indonesia belum banyak berkembang seperti pembangkit lain. Hal ini kemudian menjadi masalah yang berputar di mana PLTGL tidak berkembang karena keterbatasan anggaran, dan anggaran untuk PLTGL menjadi terbatas karena diprioritaskan untuk konversi energi lain yang sudah lebih matang. Keadaan tersebut menjadikan PLTGL tertinggal dari pembangkit lain kendati memiliki potensi yang besar. Penelitian dan pengembangan perlu dilakukan untuk menghasilkan teknologi PLTGL yang lebih matang dan ekonomis. Namun demikian, untuk mengembangkan teknologi tersebut juga diperlukan biaya yang tidak murah, karenanya diperlukan dukungan pemerintah ataupun investasi swasta dalam pengembangannya. Pada PLTGL

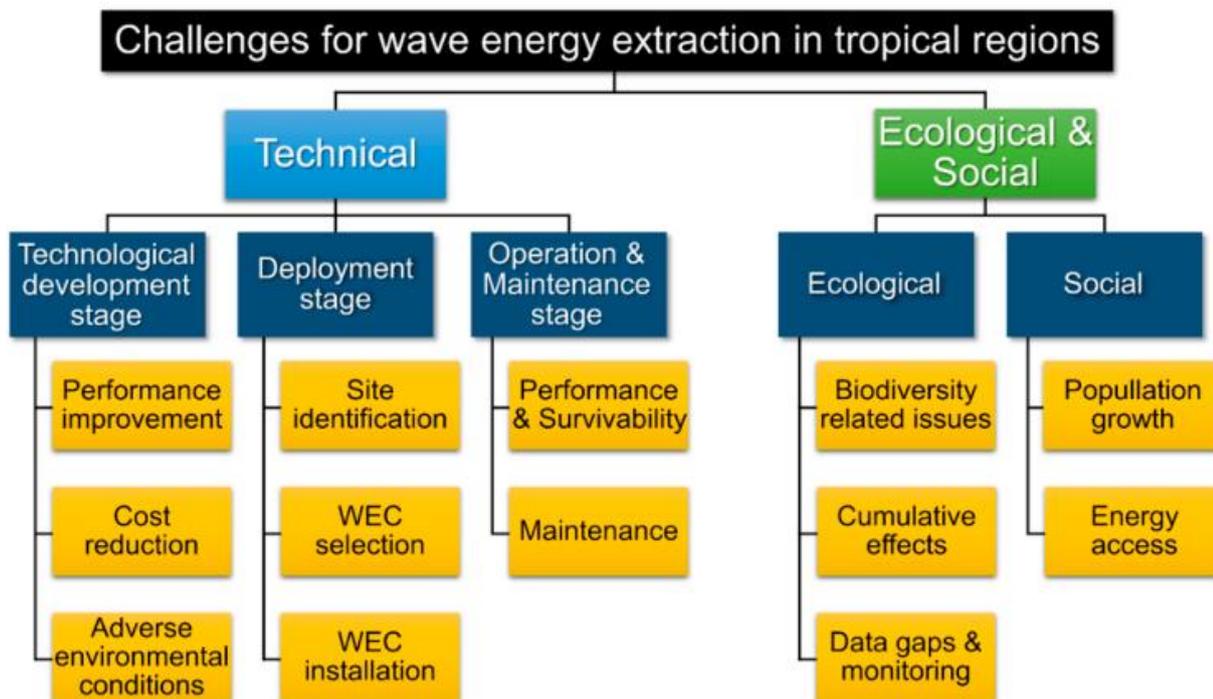
yang sudah terbukti berhasil memanfaatkan energi gelombang, skema pembiayaan perlu dirancang ulang di masa transisi energi seperti ini untuk merealisasikan komersialisasi energi gelombang laut.

Energi gelombang laut juga merupakan energi terbarukan sehingga memiliki sifat yang sama dengan energi terbarukan lain yang bersumber dari alam yakni sifat *intermittent*. Energi yang dihasilkan bergantung pada kondisi alam yang terjadi khususnya gelombang. Di Perairan Selatan Jawa sendiri, variabilitas gelombang bergantung pada musim yang terjadi. Gelombang tinggi terjadi pada saat musim timur, sedangkan pada musim barat terjadi sebaliknya. Berkaitan dengan kondisi alam yang ada, penelitian mengenai karakteristik gelombang laut perlu diteliti lebih dalam untuk menyusun strategi kapan waktu pemasangan yang tepat dan penyesuaian-penyesuaian yang dilakukan. Untuk mengatasi sifat *intermittentnya*, perlu juga dilakukan pengembangan penyimpanan energi agar dapat menstabilkan pasokan energi ke pelanggan.

Kendala-kendala dan tantangan pengembangan PLTGL tersebut

(sebagaimana informasi dari para narasumber) sesuai dengan yang dinarasikan oleh Felix *et al.* (2019). Felix *et al.* menyebutkan kendala pengembangan PLTGL di wilayah tropis seperti pada Gambar 3. Tantangan untuk ekstraksi energi gelombang dapat dipisahkan menjadi masalah teknis tentang perangkat (termasuk teknologi konverter energi gelombang itu sendiri) dan implementasinya yang berkaitan dengan penempatan, pengoperasian, pemeliharaan, dan pemindahan, serta masalah sosial dan ekologi.

Pengoperasian perangkat apa pun di lingkungan laut lebih rumit implementasinya dibandingkan perangkat yang berbasis di darat. Dalam kasus PLTGL yang berinteraksi langsung dengan ombak, tantangannya bahkan lebih terasa. Di seluruh dunia, upaya difokuskan pada peningkatan kinerja PLTGL dan pengurangan biaya PLTGL. Selain itu, perangkat yang kokoh juga diperlukan untuk menghadapi kondisi yang bisa saja menyebabkan perawatan yang sulit dan mahal sehingga menghasilkan biaya yang lebih mahal.



**Gambar 3.** Kendala Pengembangan PLTGL  
 Sumber: Felix et al., 2019

Ketika nantinya PLTGL berhasil dibangun dan mulai beroperasi, maka tantangan selanjutnya yang akan dihadapi adalah operasional dan pemeliharaan yang berkaitan dengan kinerja dan kemampuan bertahan PLTGL. PLTGL mungkin dapat mengalami kejadian ekstrem akibat hantaman gelombang yang signifikan pada struktur perangkat eksternal, atau akselerasi tinggi dari pergerakan masa air yang mungkin merusak struktur atau komponen listrik atau mekaniknya. Tantangan-tantangan ini harus diatasi melalui penelitian teknis untuk mengidentifikasi mode kegagalan perangkat dan untuk meningkatkan

perilaku dinamisnya dalam kondisi gelombang ekstrem, termasuk efek hidro-elastis (Felix et al., 2019).

Pemeliharaan merupakan salah satu langkah preventif yang perlu dilakukan daripada perbaikan yang lebih mahal untuk dilakukan. Hal ini juga dapat mencegah kerusakan akibat lingkungan. Karena kebanyakan PLTGL adalah struktur laut dengan bagian yang bergerak seperti artikulasi atau kabel, kelelahan struktural menjadi perhatian penting. Felix et al., (2019) menyebutkan bahwa Inspeksi berkala diperlukan untuk memverifikasi kondisi komponen listrik dan mekanik, serta untuk memastikan pelumasan komponen yang bergerak, sehingga menghindari gesekan di antara

mereka. Temperatur yang tinggi di daerah tropis dapat mempercepat penyebaran mikroorganisme air di dalam perangkat, sehingga degradasi komponen yang diinduksi *biofouling* merupakan ancaman yang sangat nyata.

### **Strategi Pengembangan PLTGL**

Ada tiga tahapan penting dalam pengembangan PLTGL yang perlu diperhatikan. Tahapan tersebut meliputi penentuan lokasi, penentuan teknologi PLTGL, dan terakhir instalasi. Ketiganya membutuhkan ketepatan yang didasarkan pada riset penelitian yang akurat.

Laws dan Eps (2016) menyarankan pemilihan lokasi yang cocok untuk ekstraksi energi gelombang di daerah tropis harus dilakukan melalui penilaian teoritis dan teknis sumber daya, yaitu memperkirakan daya kotor dengan data yang tersedia atau simulasi. Setelah identifikasi awal lokasi potensial dilakukan, evaluasi yang lebih spesifik harus menelaah lebih lanjut teknologi prospektif (yaitu, penilaian teknis). Di wilayah tropis, keanekaragaman hayati lebih melimpah daripada di wilayah lain di dunia, sehingga pembatasan ekologis juga harus lebih diperhatikan. Akhirnya, analisis tekno-ekonomi daerah harus

dilakukan untuk mengidentifikasi lokasi yang paling menguntungkan untuk investasi.

Berkaitan dengan pemilihan teknologi pembangkit gelombang, dua cara diusulkan. Cara pertama adalah dengan menghadirkan prototipe siap pakai yang sesuai untuk mencapai kondisi operasional, pada efisiensi maksimum di lokasi prospektif. Cara kedua menggunakan PLTGL yang ada diadaptasi sesuai karakteristik gelombang di lokasi preospektif. Untuk opsi kedua, kontrol kualitas selama proses desain diperlukan. Validasi dan pengujian operasional juga diperlukan, sehingga pedoman seperti Tingkat Kesiapan Teknologi harus diikuti (De Rose *et al.*, 2017).

Pada saat instalasi PLTGL, kondisi substrat, lingkungan, dan masalah logistik semuanya dapat mempengaruhi kegiatan instalasi. Studi rinci terkait dengan kondisi geomorfologi dan oseanografi dari lokasi potensial untuk penyebaran diperlukan untuk memprediksi perubahan kekuatan substrat. Penelitian diperlukan untuk merancang prosedur instalasi, yang sesuai dengan peraturan internasional terkait dengan penyebaran infrastruktur laut. Hal penting lainnya yang perlu dipertimbangkan adalah upaya logistik

yang diperlukan untuk memperoleh Bahan, peralatan, atau mesin tambahan atau Pelengkap untuk pemasangan; sangat penting untuk mempertimbangkan lokasi yang dekat dengan instalasi pesisir, angkatan laut, atau lepas pantai dengan infrastruktur untuk penyimpanan, suplai, dan transportasi komponen.

Pengembangan energi gelombang laut di Indonesia memiliki potensi dan prospek yang cukup besar sehingga perlu dimanfaatkan. Kendati demikian, pengembangan PLTGL masih memiliki beberapa kendala. Karenanya, perlu adanya strategi yang tepat dalam mengembangkan PLTGL di Indonesia. Dalam penelitian ini, peneliti menyusun strategi yang dibangun berdasarkan pemetaan SWOT yang telah dilakukan. Strategi SWOT dirumuskan pada Tabel 2.

Strategi SO dirumuskan berdasarkan kekuatan dan peluang yang dapat meningkatkan potensi pengembangan pembangkit listrik tenaga gelombang laut. Rumusan SO disusun dari jawaban narasumber penelitian, observasi dan dokumen pendukung sehingga menghasilkan strategi sebagai untuk memanfaatkan energi gelombang laut sebagai pembangkit listrik secara

maksimal dengan beberapa cara sebagai berikut:

1. **Melakukan evaluasi Pengembangan PLTGL yang telah dilakukan**

Pengembangan pembangkit listrik telah dilakukan sebelumnya oleh BPPT BRIN. Ada tiga jenis pembangkit yang telah berhasil dikembangkan yakni PLTA energi gelombang, PLTGL OWC, PLTAGL. Beberapa evaluasi perlu dilakukan berdasarkan pengembangan yang telah dilakukan. Salah satunya melakukan pengembangan lanjutan untuk PLTGL di lepas pantai.

2. **Menyusun peta jalan dan perencanaan pengembangan PLTGL**

Peta jalan perlu disusun berdasarkan pada evaluasi yang dilakukan. Sampai saat ini, peta jalan pengembangan energi laut di Indonesia masih terbatas di pengembangan pembangkit listrik tenaga arus laut yakni melakukan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut sebesar 13.4 GW ditargetkan untuk memenuhi NZE (*Net Zero Emission*) pada tahun 2060.

3. **Merealisasi pengembangan PLTGL**

Setelah peta jalan telah disusun, langkah selanjutnya adalah merealisasikan rencana tersebut.

Bersamaan dengan realisasi, dilakukan juga evaluasi dan perbaikan rencana agar memberi hasil yang lebih maksimal.

Strategi WO dirumuskan untuk mengantisipasi kekurangan atau kelemahan yang ada dari PLTGL berdasarkan peluang yang ada. Strategi WO dirumuskan sebagai berikut:

**1. Mengembangkan teknologi PLTGL yang lebih efisien**

Teknologi PLTGL perlu dikembangkan lebih matang lagi untuk menghasilkan perangkat yang mampu bekerja secara optimum. Berkaitan dengan pengembangan yang dilakukan, kesesuaian teknologi dengan karakteristik gelombang laut di Indonesia khususnya perairan Selatan Jawa perlu dilakukan. Hal ini agar menciptakan kombinasi sesuai antara teknologi dan kondisi alam sehingga menghasilkan energi yang lebih besar.

**2. Mengombinasikan teknologi konversi energi gelombang dengan Infrastruktur pantai lain agar lebih menekan biaya**

PLTGL juga memiliki peluang untuk dikembangkan bersama dengan infrastruktur lain agar menghemat biaya dengan fungsi yang lebih. Salah

satu contoh yang telah banyak dikembangkan adalah dengan pemecah gelombang. Infrastruktur lain yang dapat dipadukan dengan PLTGL adalah Buoy untuk keperluan *Tsunami Early Warning System* (TEWS).

Strategi ST diupayakan untuk meningkatkan potensi energi gelombang yang ada serta mengantisipasi ancaman yang dapat menghambat pengembangan PLTGL. Karenanya, dirumuskan strategi ST sebagai berikut:

**1. Menyediakan skema pembiayaan energi bersih**

Energi gelombang laut merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Sama seperti energi terbarukan lain, skema pembiayaan khusus diperlukan untuk memaksimalkan manfaat intangible yang ada padanya. Skema perdagangan karbon juga dapat menjadi alternatif biaya tambahan untuk pembiayaan energi gelombang laut.

**2. Bekerja sama dengan pihak-pihak terkait dalam hal pembiayaan dan transfer knowledge dari negara-negara yang telah berhasil mengembangkan energi gelombang laut.**

Kerjasama dengan pihak-pihak terkait baik dari nasional ataupun internasional perlu dilakukan. Kerjasama ini tidak hanya terbatas di pembiayaan tapi juga pengembangan PLTGL sendiri. Salah satu yang menjadi nilai jual pengembangan PLTGL Indonesia adalah potensi besar yang dimiliki berdasar pada kalkulasi-kalkulasi yang telah dilakukan.

Strategi WT dirancang untuk mengatasi kekurangan yang ada dalam pengembangan PLTGL sebagai alternatif energi terbarukan juga untuk mengatasi hambatan yang ada. Berikut rumusan strategi WT:

**1. Menambah anggaran untuk mengembangkan teknologi PLTGL**

Anggaran untuk pengembangan PLTGL diperlukan untuk menghentikan kondisi *deadlock* yang ada. Dengan adanya anggaran, pengembangan dapat dilakukan lebih maksimal dan segera memberi dampak yang positif bagi penyediaan energi yang bersumber dari gelombang laut sekaligus akan memperkuat ketahanan energi.

**2. Melakukan instalasi di saat gelombang tenang sehingga tidak menyulitkan**

Penelitian mengenai karakteristik gelombang laut dapat dipelajari berdasar analisis deret waktu. Analisis tersebut dapat menjadi modal perencanaan untuk melakukan instalasi ataupun pemeliharaan PLTGL. Analisis spasial juga diperlukan untuk memberikan gambaran wilayah instalasi sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan penyesuaian dalam pengembangan PLTGL.

**Kesimpulan**

Perairan Selatan Pulau Jawa memiliki Potensi Energi Gelombang Laut yang cukup besar. Hal ini dikarenakan Perairan Selatan Pulau Jawa berhadapan langsung dengan Samudera Hindia sehingga memiliki fetch yang luas untuk menghasilkan gelombang tinggi dengan energi mekanik yang besar. Kendati demikian, pengembangan PLTGL di Selatan Pulau Jawa juga menghadapi beberapa kendala yakni kondisi alam yang menyulitkan, teknologi yang masih harus dikembangkan lebih matang, dan keterbatasan anggaran. Strategi yang disusun untuk mengembangkan PLTGL di Perairan Selatan Pulau Jawa antara lain sebagai berikut:

1. Melakukan evaluasi Pengembangan PLTGL yang telah dilakukan
2. Menyusun peta jalan dan perencanaan pengembangan PLTGL dan merealisasikannya
3. Mengembangkan teknologi PLTGL yang lebih efisien
4. Mengombinasikan teknologi konversi energi gelombang dengan Infrastruktur pantai lain agar lebih menekan biaya
5. Menyediakan skema pembiayaan energi bersih
6. Bekerja sama dengan pihak-pihak terkait dalam hal pembiayaan dan *transfer knowledge* dari negara-negara yang telah berhasil mengembangkan energi gelombang laut
7. Menambah anggaran untuk mengembangkan teknologi PLTGL
8. Melakukan instalasi di saat gelombang tenang sehingga tidak menyulitkan.

#### Daftar Pustaka

- Bappenas. 2014. *Ketahanan Energi Indonesia: Gambaran Permasalahan dan Strategi Memperbaikinya*.
- De Rose, A., Buna, M., Strazza, C., Olivieri, N., Stevens, T., Peeters, L., & Tawil-Jamault, D. (2017). Technology readiness level: Guidance principles for renewable energy technologies. *European Commission: Petten, The Netherlands*, 17-27.
- DEN (2019). *Indonesia energy outlook 2019*.
- Dihni, V. A. & Mutia, A. “Konsumsi Listrik Per Kapita Indonesia Capai 1.109 kWh pada Kuartal III 2021”. Retrived from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/10/konsumsi-listrik-per-kapita-indonesia-capai-1109-kwh-pada-kuartal-iii-2021>. diakses pada 16 Februari 2022.
- Fatimah, F. N. D. (2016). *Teknik Analisis SWOT*. Anak Hebat Indonesia
- Felix, A., V Hernández-Fontes, J., Lithgow, D., Mendoza, E., Posada, G., Ring, M., & Silva, R. (2019). Wave energy in tropical regions: deployment challenges, environmental and social perspectives. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(7), 219.
- Jelley, N. A., Jelley, N. (2020). *Renewable Energy: A Very Short Introduction*. Britania Raya: Oxford University Press.
- Laws, N. D., & Epps, B. P. (2016). Hydrokinetic energy conversion: Technology, research, and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1245-1259.
- Lubis, A. (2007). Energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(2).
- Luhur, E. S., Muhartono, R., & Suryawati, S. H. (2013). Analisis finansial pengembangan energi laut di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 8(1), 25-37.
- Manek, M. G. (2019). *Pemanfaatan Data Satelit Altimetri Jason-2 untuk*

*Analisa Karakteristik Kecepatan Angin dan Tinggi Gelombang (Studi Kasus: Perairan Pulau Jawa)* (Doctoral dissertation, ITN MALANG).

Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional

Ramdhan, M., & Arifin, T. (2013). Aplikasi sistem informasi geografis dalam penilaian proporsi luas laut Indonesia. *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 19(2):141-146.

Subagiyo, A., Wijayanti, W. P., & Zakiyah, D. M. (2017). *Pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil*. Universitas Brawijaya Press.

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Vignesh, S., Thangamani, J. S., Poongundran, T., Joshva, S. S., & Sathish, D. (2019). Wave energy harvester. *IJRESM E*, 2, 194-6.

Yandri, E., Ariati, R., & Ibrahim, R. F. (2018). Meningkatkan keamanan energi melalui perincian indikator energi terbarukan dan efisiensi guna membangun ketahanan nasional dari daerah. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 24(2), 239-260.