

MASA DEPAN ENERGI TERBARUKAN DI LAUT: PERAN TEKNOLOGI TENAGA LAUT DALAM MITIGASI PERUBAHAN IKLIM

Aimar Rendra Patanrei Abduh, Muh. Yatzin Azharil, A. Muhammad Fauzan Sulfa, dan Firman Husain

Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin

Email: aimarrendra30@gmail.com

Abstrak

Kehidupan manusia tidak lepas dari penggunaan energi. Energi dibutuhkan untuk banyak hal seperti memasak, bepergian, dan bekerja. Saat ini, energi listrik menjadi kebutuhan utama. Untuk menghasilkan energi listrik, dibutuhkan pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber energi terbarukan maupun tidak terbarukan. Teknologi dalam bidang energi terbarukan terus mengalami perkembangan yang pesat. Penggunaan energi terbarukan bertujuan untuk mengurangi dampak perubahan iklim global dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Beragam sumber daya alam tersedia sebagai alternatif energi terbarukan., salah satunya adalah teknologi tenaga laut. Teknologi energi laut merupakan teknologi yang memanfaatkan berbagai sifat dan pergerakan laut untuk menghasilkan energi listrik. Sumber energi dari laut bisa di manfaatkan dengan menggunakan teknologi kelautan seperti teknologi arus laut, teknologi gelombang laut, dan konversi energi panas laut. Teknologi ini memudahkan adaptasi terhadap karakteristik laut yang dieksploitasi.

Kata Kunci: energi laut, teknologi konversi, ramah lingkungan, energi terbarukan

Abstract

Human life cannot be separated from the use of energy. Energy is needed for many things like cooking, traveling, and working. Currently, electrical energy is the main need. To produce electrical energy, power plants that utilize renewable and non-renewable energy sources are needed. Technology in the field of renewable energy continues to experience rapid development. The use of renewable energy aims to reduce the impact of global climate change and reduce dependence on fossil fuels. A variety of natural resources are available as renewable energy alternatives, one of which is marine power technology. Marine energy technology is a technology that utilizes various properties and movements of the ocean to generate electrical energy. Energy sources from the sea can be utilized by using marine technology such as ocean current technology, ocean wave technology, and ocean thermal energy conversion. This technology makes it easy to adapt to the characteristics of the exploited sea.

Keywords: Ocean Energy, Conversion Technology, Eco-friendly, Renewable Energy

PENDAHULUAN

Saat ini, dunia tengah melakukan langkah-langkah agresif untuk melawan perubahan iklim global yang dipicu oleh tingginya konsentrasi gas rumah kaca (GRK). Karbon dioksida dan metana merupakan faktor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca (Hari, 2019). Sumber utama emisi ini adalah sektor energi, industri, pertanian, pembangunan dan transportasi. Misalnya saja penggunaan kendaraan listrik yang menggunakan bahan bakar fosil atau batu bara sebagai bahan bakar pembangkit listrik.[1]

Untuk menangani perubahan iklim, komunitas internasional menyepakati Perjanjian Paris pada 2015, yang diratifikasi oleh 195 negara. Indonesia turut berpartisipasi dengan meratifikasi Perjanjian Paris untuk Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC) (Windyswara,2018).Ini merupakan langkah yang diambil oleh negara-negara yang diakui secara internasional. Tujuannya adalah membatasi peningkatan suhu global di bawah 2 derajat Celsius dan berupaya membatasinya hingga 1,5 derajat Celsius di atas level pra-industri. Indonesia berkomitmen untuk



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 29% atau setara 834 juta ton karbon dioksida.[2]

Sektor energi menjadi fokus utama, dengan target penurunan gas karbon sebesar 7,28% atau 314 juta ton karbon dioksida (hingga 2020). Strategi utamanya adalah beralih dari energi fosil ke energi baru dan terbarukan (EBT). EBT terbagi menjadi dua kategori: energi baru yang melibatkan teknologi relatif baru di Indonesia, dan energi terbarukan yang umumnya bebas polusi dan gas rumah kaca.

Energi terbarukan dianggap sebagai "proses alami yang berkelanjutan dan ramah lingkungan".[2]

Namun, ada beberapa permasalahan dibalik hal tersebut pertimbangan lingkungan ini. Salah satunya adalah ketersediaan energi terbarukan yang bersifat sporadis dan sangat sulit memenuhi kebutuhan energi puncak karena sumber energi berubah dari tahun ke tahun akibat perubahan musim. Energi terbarukan hadir dalam berbagai bentuk, Indonesia memiliki beragam sumber energi terbarukan, termasuk panas bumi (PLTP), angin (PLTB), dan air (PLTA), serta berbagai jenis lainnya. Dengan banyaknya pilihan teknologi, pemerintah Indonesia perlu mengevaluasi dan memilih opsi energi terbarukan yang paling potensial. Sebagai negara kepulauan dengan wilayah laut seluas 3.257.356 meter persegi, Indonesia memiliki peluang besar untuk mengembangkan pembangkit listrik berbasis laut. Beberapa teknologi pembangkit listrik laut yang dapat dimanfaatkan meliputi pembangkit listrik tenaga gelombang, pembangkit listrik arus laut, dan konversi energi panas laut (OTEC). Maka dari itu, pembahasan dalam artikel ini akan difokuskan pada teknologi pembangkit listrik yang memanfaatkan energi laut.[3]

METODE

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggali potensi energi dari laut Indonesia. Penelitian ini memanfaatkan penelitian kepustakaan dan untuk mempertajam analisis di dukung dari berbagai sumber yang mempunyai relevansi teoritis. Ukuran kualitas juga disebutkan dalam buku lain yang fokus pada pembangunan teori substantif berdasarkan konsep yang muncul dari data empiris. Artinya, penelitian ini tidak langsung membahas pokok bahasan penelitian lapangan, melainkan mencari teori-teori yang relevan. [3]

Fokus penelitian adalah pada pemanfaatan teknologi untuk bisa memanen energi dari laut Indonesia. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi energi yang terkandung dilaut baik itu dari energi gelombang, pasang-surut, arus laut dan juga ocean thermal yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk digunakan oleh masyarakat.[3]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Energi Laut

Energi dari laut, khususnya energi pasang surut, merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang memanfaatkan pergerakan air laut akibat fenomena pasang surut alami. Energi pasang surut dapat diubah menjadi listrik dengan memanfaatkan perbedaan ketinggian air laut saat pasang dan surut. Sistem seperti turbin air atau bendungan pasang surut dapat digunakan untuk menghasilkan energi dari fenomena ini.[16]

Untuk menjelaskan perhitungan potensi energi dari laut lebih rinci, kita bisa membahas beberapa konsep dasar yang terkait:

1. Daya dan Energi

Daya adalah laju konversi energi atau laju pemakaian energi per unit waktu, biasanya diukur dalam watt (W) atau megawatt (MW). 1 MW = 1.000.000 watt. Energi adalah jumlah total daya yang digunakan atau dihasilkan selama periode waktu tertentu, biasanya diukur dalam watt-jam (Wh) atau megawatt-jam (MWh). Energi dapat dihitung sebagai hasil kali antara daya dan waktu.[16]

2. Energi Pasang Surut

Dalam konteks energi pasang surut, kita dapat memperkirakan berapa banyak energi yang dihasilkan berdasarkan daya yang tersedia dari pasang surut selama periode waktu tertentu. Jika sebuah sistem energi pasang surut menghasilkan 12 MW (12 megawatt) dari pergerakan air laut selama 1 jam, maka energi yang dihasilkan dalam 1 jam adalah:

$$E = 12 \text{ MW} \times 1 \text{ Jam} = 12 \text{ MWh}$$

3. Jika Periode Waktu Lebih Lama

Jika sistem energi pasang surut tersebut beroperasi selama lebih dari 1 jam, kita hanya perlu mengalikan dengan



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

jumlah waktu (dalam jam) untuk mengetahui total energi yang dihasilkan. Misalnya, jika sistem beroperasi selama 24 jam:

$$E = 12 \text{ MW} \times 24 \text{ Jam} = 288 \text{ MWh}$$

Artinya, energi yang dihasilkan oleh sistem dalam 24 jam adalah 288 megawatt-jam. Semakin lama sistem beroperasi, semakin besar energi yang dihasilkan.

4. Kapasitas dan Efisiensi

Faktor penting lainnya dalam sistem energi pasang surut adalah kapasitas dan efisiensi sistem. Kapasitas adalah jumlah daya maksimum yang bisa dihasilkan oleh sistem. Efisiensi menentukan seberapa banyak energi potensial dari pergerakan air yang bisa diubah menjadi listrik. Dalam kenyataan, sistem mungkin tidak bekerja pada kapasitas maksimum sepanjang waktu dan efisiensi konversi energi juga bervariasi, sehingga total energi yang dihasilkan mungkin lebih rendah dari perkiraan.[16]

Jenis Teknologi yang bisa digunakan memanen energi laut.

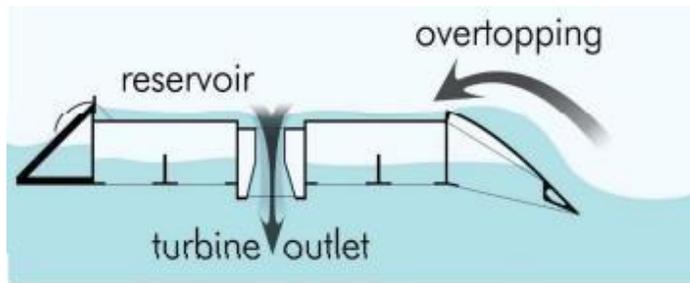
Dari berbagai literatur yang dikumpulkan, maka ada beberapa teknologi yang bisa dimanfaatkan untuk bisa digunakan memanen energi dari laut diantaranya:

a. Teknologi Energi Gelombang (Wave Power Energy)

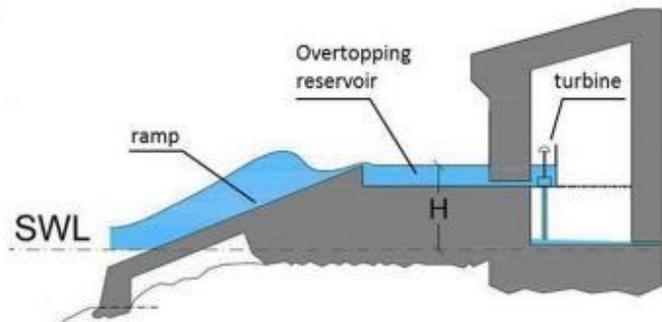
Teknologi Tenaga Gelombang, juga dikenal sebagai tenaga gelombang laut, adalah energi yang dihasilkan melalui gerakan vertikal dan horizontal terhadap gelombang di lautan. Pergerakan gelombang laut pada dasarnya disebabkan oleh angin yang bertiup di permukaan laut, sehingga tenaga gelombang laut tergolong sebagai sumber energi terbarukan. Meskipun konsep ini telah yang di bahas dengan paten semenjak abad ke-18, penelitian terkini mengenai penggunaan energi gelombang mulai berkembang pesat setelah krisis minyak pada tahun 1970-an. Saat ini, dengan meningkatnya perhatian terhadap perubahan iklim dan konsentrasi karbon dioksida yang tinggi, fokus untuk menghasilkan energi dari gelombang laut semakin diperkuat. [4]

Listrik yang dihasilkan dari energi terbarukan kembali menjadi topik penelitian yang signifikan. Energi gelombang laut, sebagai salah satu sumber terbarukan, memiliki keunggulan karena produksinya bisa diprediksi jauh sebelumnya, tersedia secara konsisten siang dan malam, serta menghasilkan energi lebih besar dibandingkan tenaga angin atau matahari. Berbagai metode yang digunakan dalam pemanfaatan energi gelombang laut meliputi Overtopping, Absorbers, Attenuators, dan Oscillation Water Columns.

Perangkat overtopping adalah alat berbentuk struktur panjang yang memungkinkan gelombang laut mengisi sebuah reservoir hingga mencapai ketinggian yang lebih tinggi daripada permukaan air laut di sekitarnya. Perbedaan tekanan antara air di dalam reservoir dan air di permukaan laut menyebabkan air mengalir melalui turbin bertekanan rendah yang terhubung ke generator, sehingga menghasilkan listrik. Teknik overtopping ini dapat diterapkan baik di daratan (pantai) maupun di laut.[5]



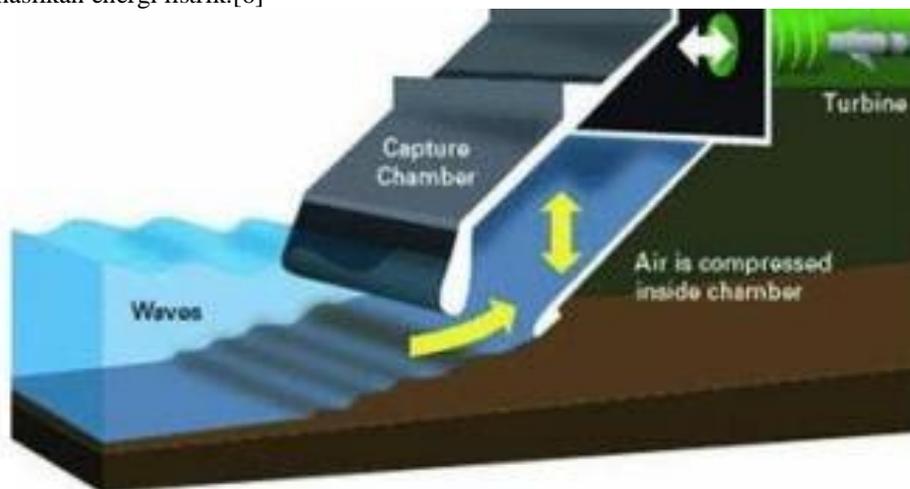
Gambar 1. Teknologi Overtopping Di Laut
Sumber: ourworldofenergy



Teknologi penyerap energi gelombang adalah salah satu metode yang menjanjikan untuk menghasilkan listrik dalam jumlah signifikan dengan peralatan yang relatif kompak. Meskipun ada beberapa variasi desain, prinsip kerjanya dasarnya serupa. Perangkat penyerap ini dipasang mengapung di permukaan air laut. Cara kerjanya memanfaatkan pelampung yang bergerak naik-turun seiring dengan gelombang laut. Pergerakan vertikal ini kemudian digunakan untuk menekan gas atau cairan, yang selanjutnya dikonversi menjadi gerakan putar pada generator untuk menghasilkan energi listrik.[6]

Teknologi penghasil Listrik terapung adalah perangkat terapung yang beroperasi sejajar dengan arah gelombang, bergerak secara efektif bersamanya. Alat tersebut dipasang pada lokasi tertentu yang mempunyai potensi gelombang yang baik dengan memasang jangkar di dasar laut. Perangkat inimenangkap energi dari pergerakan relatif dua lengan saat gelombang lewat.[6]

Teknologi Kolom Air Berosilasi (Oscillating Water Columns) adalah sebuah metode yang menggunakan struktur berongga yang sebagian berada di dalam air. Ketika gelombang laut membuat kolom air naik dan turun, tekanan udara di dalamnya ikut berubah. Udara yang terperangkap kemudian terdorong keluar melalui turbin, yang memutar turbin tersebut untuk menghasilkan energi listrik.[6]



Namun tantangan utamanya adalah biaya awal yang besar dan ketahanan perangkat terhadap kondisi laut ekstrem. Meskipun masih dalam tahap pengembangan, teknologi tenaga gelombang memiliki potensi besar, terutama bagi negara kepulauan seperti halnya Indonesia yang memiliki garis pesisir pantai yang panjang.[6]

b. Teknologi Energy Current

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut adalah teknologi yang memanfaatkan energi dari pergerakan ombak di lautan. Keunggulannya terletak pada sifat gelombang laut yang terus-menerus bergerak. Gelombang laut terbentuk oleh interaksi kompleks antara angin, gravitasi bulan, topografi pantai, kedalaman air, dan rotasi bumi. [7]

Prinsip kerja pembangkit ini mirip dengan pembangkit listrik tenaga air konvensional, namun menggunakan naik-turunnyanya gelombang sebagai sumber energi. Perangkat pengumpul energi gelombang mengkonversi gerakan vertikal atau horizontal gelombang menjadi energi listrik. Meskipun kekuatan gelombang bervariasi, potensinya sangat besar. Sebagai contoh, gelombang setinggi 3 meter dapat menghasilkan energi setara dengan angin berkecepatan 100 km/jam. [7]

Teknologi pembangkit listrik tenaga gelombang laut melibatkan berbagai jenis perangkat, seperti kolom air berosilasi, pelampung, atau lengan mekanik yang bergerak naik-turun mengikuti gelombang. Setiap perangkat terhubung ke generator yang mengubah gerakan mekanik menjadi listrik. Instalasi dapat berada di lepas pantai atau dekat pantai, tergantung pada desain sistem dan kondisi gelombang lokal. [7]

Keunggulan teknologi tenaga arus adalah kemampuannya untuk menyediakan energi yang konsisten karena arus laut lebih stabil dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya seperti angin atau matahari. Selain itu, arus laut dan sungai terjadi sepanjang waktu, memberikan potensi pasokan listrik yang lebih andal. [8]

Tempat terbaik untuk menerapkan teknik arus laut adalah antar pulau (selat). Pada dasarnya arus selat merupakan arus yang lebih kuat dibandingkan arus di laut lepas. Indonesia, dengan garis pantai yang panjang dan banyaknya selat serta perairan yang kaya dengan arus laut, memiliki potensi besar untuk memanfaatkan teknologi tenaga arus. Dengan arus laut yang kuat di beberapa wilayah seperti Selat Sunda dan Selat Lombok, teknologi ini dapat menjadi sumber energi yang berkelanjutan dan sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah pesisir atau pulau-pulau kecil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional. Teknologi ini menawarkan solusi yang menjanjikan bagi negara-negara yang memiliki akses ke perairan dengan arus yang kuat. [8]

c. Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)

Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar kedua di dunia setelah Kanada, memiliki sebagian besar wilayahnya berupa lautan. Sumber daya alam laut di Indonesia telah banyak dieksploitasi, terutama di sektor perikanan, pertambangan, dan industri. Namun, laut Indonesia juga memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik terbarukan. Sinar matahari yang menyinari permukaan laut secara efektif diserap oleh air, menyimpan energi di lapisan atas laut pada kedalaman 35 hingga 100 meter. Di lapisan ini, suhu dan salinitas bercampur akibat pengaruh angin dan gelombang. Di wilayah samudra tropis, antara garis lintang 15°LU dan 15°LS, energi matahari memanaskan lapisan campuran air laut hingga suhu sekitar 28°C (82°F), yang stabil sepanjang hari dan malam. [9]

Di bawah lapisan campuran ini, suhu air laut mulai menurun seiring bertambahnya kedalaman hingga mencapai 800 hingga 1000 meter, dengan suhu mencapai sekitar 4,4°C (40°F). Pada kedalaman lebih dari 900 meter, terdapat reservoir air dingin yang sangat besar, terbentuk dari air dan es dari wilayah kutub. Hal ini menciptakan perbedaan suhu antara air hangat di permukaan dan air dingin di kedalaman, dengan perbedaan suhu mencapai 22°C hingga 25°C. Perbedaan suhu ini relatif stabil sepanjang tahun, meskipun bisa berfluktuasi beberapa derajat karena perubahan cuaca dan musim, dengan perubahan suhu antara siang dan malam hanya sekitar 1 derajat. Sistem operasi OTEC mirip dengan siklus air di Bumi. Artinya, pada siang hari, saat matahari mengangkat molekul air dan menguapkannya di awan, kemudian angin meniupkan molekul air tersebut ke daratan sehingga menyebabkan terjadi pengembunan di awan. Tetapan air yang tadinya uap, kembali menjadi cair dan jatuh ke tanah. Sistem operasi ini, yang ditiru oleh OTEC, melibatkan pemompaan air laut permukaan yang panas (hangat), menguapkannya dalam turbin untuk menghasilkan listrik, mengembunkannya kembali dengan air laut dingin dari laut dalam, dan mengulangi siklus tersebut. [10]

Dalam sistem OTEC siklus tertutup, air laut hangat menguapkan cairan kerja dengan titik didih rendah, seperti amonia atau propana, dalam penukar panas. Uap yang dihasilkan digunakan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator listrik. Setelah melewati turbin, uap didinginkan oleh air laut dingin dari kedalaman laut, sehingga kembali ke bentuk cair untuk digunakan ulang dalam siklus. Sistem OTEC siklus terbuka menggunakan air laut itu sendiri sebagai cairan kerja. Air laut hangat diuapkan dalam ruang vakum untuk menghasilkan uap, yang kemudian memutar turbin. Setelah melewati turbin, uap didinginkan oleh air laut dalam, mengembalikannya menjadi air cair, yang dapat dimanfaatkan sebagai air tawar. [11]

Pembangkit listrik tenaga termal laut memanfaatkan selisih temperatur antara lapisan atas dan bawah laut untuk memproduksi energi listrik. Sinar matahari menghangatkan permukaan laut, sementara air di kedalaman tetap dingin. Di kawasan tropika seperti Indonesia, kontras suhu ini cukup signifikan.

Teknologi Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) memanfaatkan perbedaan suhu minimal 25°C ini untuk menggerakkan generator listrik. Caranya, fluida kerja dipanaskan oleh air hangat permukaan hingga menguap, lalu uap ini digunakan untuk memutar turbin. Setelah itu, uap didinginkan kembali menggunakan air dingin dari kedalaman laut. Selain menghasilkan listrik, proses ini juga bisa digunakan untuk desalinasi atau pengolahan air laut menjadi air tawar. Teknologi ini menawarkan potensi besar sebagai sumber energi terbarukan, terutama bagi negara kepulauan seperti Indonesia yang



dikelilingi lautan luas.[11]

Sebagai negara kepulauan yang terletak di wilayah tropis dengan lautan yang luas, Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan teknologi OTEC. Perbedaan suhu yang signifikan antara air permukaan dan air dalam di perairan tropis Indonesia membuat negara ini cocok untuk aplikasi OTEC. Pemanfaatan OTEC tidak hanya berpotensi menyediakan energi listrik yang ramah lingkungan, tetapi juga dapat membantu mengatasi masalah ketersediaan air tawar di daerah pesisir dan pulau-pulau kecil. Dengan teknologi ini, Indonesia dapat memaksimalkan sumber daya lautnya untuk mendukung transisi menuju energi terbarukan.[11]

Air permukaan yang panas yang dialirkan lewat evaporator bersama fluida kerja. Teknologi OTEC bekerja dengan memanfaatkan perbedaan suhu air laut, di mana air permukaan yang lebih hangat dipompa dan diuapkan untuk menggerakkan turbin yang menghasilkan listrik. Uap tersebut kemudian dikondensasikan kembali menggunakan air laut dingin dari kedalaman. Siklus ini berulang tanpa henti. Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan teknologi OTEC. Menurut penelitian, Kalimantan Selatan dan Sulawesi Utara adalah dua wilayah yang paling berpotensi, dengan kedalaman laut mencapai 500 meter. Dengan kemajuan teknologi, diharapkan penelitian dan pengembangan OTEC menjadi lebih efisien dan dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat.[12]

d. Tidal Current Energy

Fluktuasi pasang surut permukaan laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Sumber energi pasang surut tidak hanya terbarukan, tetapi juga tidak menimbulkan polusi (ramah lingkungan) seperti pembangkit listrik tenaga air. Mengingat sumber daya energi hidrokarbon Indonesia akan terus menurun dan pada akhirnya akan habis, maka perlu diketahui bahwa Indonesia dikelilingi oleh lautan yang mempunyai potensi energi pasang surut yang sangat besar, maka perlu dilakukan kajian dan penelitian pemanfaatannya.[13]

Penggunaan pusat pembangkit energi pasang surut diwujudkan di La Ranche, Perancis, dan selanjutnya di Murmanche, Lamboy, Te Menzo Boi, dan Laut Tite di Rusia. Di Australia, tidak jauh dari Indonesia, mereka menggunakannya di Kimberley. Saat ini potensi energi pasang surut di seluruh lautan dunia sebesar 3106 MW.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi oleh laut. Letaknya yang berada di garis khatulistiwa dua samudera besar yaitu Laut Indonesia dan Samudera Pasifik mengakibatkan kondisi pasang surut, angin, ombak, dan arus laut yang sangat kuat. Hasil pengukuran tinggi pasang surut di perairan Indonesia menunjukkan bahwa gelombang badai signifikan terjadi di beberapa wilayah pesisir lepas pantai Indonesia.[13]

Wilayah Indonesia terdiri dari banyak pulau. Terdapat sejumlah selat sempit antara pulau dan teluk di setiap pulau. Hal ini memungkinkan penggunaan energi pasang surut. Baik permukaan laut tinggi atau rendah, arus air dapat menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik. Dalam kasus Indonesia, wilayah yang potensial meliputi Sumatera, Sulawesi, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Barat, Papua dan sebagian pantai selatan Jawa, dengan tinggi air pasang bisa melebihi 5 meter.[14]

Terdapat lebih dari 100 lokasi di seluruh dunia yang dianggap cocok untuk pembangunan fasilitas energi pasang surut. Sistem pemanfaatan energi pasang surut pada dasarnya dibagi menjadi dua wilayah yaitu kolam tunggal dan kolam ganda. Pada sistem pertama, energi pasang surut hanya digunakan pada saat pasang surut (surut) atau banjir (pasang naik). Sistem kedua adalah cekungan ganda dengan kedua periode, dimana energi digunakan pada saat air pasang dan surut. Kincir air dan saluran air terletak di bendungan yang memisahkan kolam dengan laut. Pada saat air pasang, ketinggian air di cekungan tersebut sama dengan permukaan laut. Saat air mulai surut, terjadi perbedaan ketinggian (head) antara kolam dan laut, dan air mulai mengalir menuju laut, menyebabkan turbin berputar.[14]

Pada sistem dualbasin, turbin beroperasi pada dua arah aliran. Kedua cekungan tersebut dipisahkan oleh bendungan dengan turbin dua arah. Bendungan ini terletak di perbatasan antara laut dan muara sungai. Meskipun kincir air beroperasi terus menerus, kecepatannya bervariasi kecuali perbedaan antara ketinggian air di cekungan dan permukaan laut. Di tempat-tempat yang mempunyai energi pasang surut, perbedaan ketinggian antara permukaan air cekungan dan permukaan laut dapat berkisar antara beberapa meter hingga 13 meter. Kerugian dari penggunaan energi pasang surut adalah memerlukan lahan (waduk) yang cukup luas untuk menampung air laut. Sisi positifnya, genset ini ramah lingkungan dan tidak melepaskan polutan beracun ke air atau udara.[13]

Isu Terkini dan Tantangan serta prospek di Masa Depan

Penggunaan energi terbarukan telah menjadi salah satu isu paling penting di dunia saat ini, baik dari segi kebijakan lingkungan, ekonomi, maupun sosial. Isu ini berkembang pesat mengingat semakin mendesaknya kebutuhan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil, mengurangi emisi karbon, dan menjaga kelestarian lingkungan. Berikut adalah beberapa isu terkini dan prospek masa depan terkait penggunaan energi terbarukan:[15]

1. Perubahan Iklim dan Komitmen Internasional:

- **Paris Agreement:** Banyak negara berkomitmen untuk mengurangi emisi karbon dan menjaga kenaikan suhu global di bawah 2°C. Energi terbarukan menjadi kunci dalam mencapai target tersebut.
- **COP (Conference of the Parties):** Setiap tahun, negara-negara berkumpul untuk memperbarui target



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

pengurangan emisi. Energi terbarukan menjadi salah satu topik utama dalam pembahasan ini.

2. Transisi Energi:

- **Deregulasi Pasar Energi:** Banyak negara mulai mengadopsi kebijakan untuk menderegulasi sektor energi agar investasi pada energi terbarukan meningkat.
- **Penghapusan Subsidi Bahan Bakar Fosil:** Subsidi yang diberikan kepada energi fosil di beberapa negara mulai dikurangi untuk memberi ruang bagi perkembangan energi terbarukan.

3. Teknologi dan Inovasi:

- **Peningkatan Efisiensi Teknologi:** Teknologi seperti panel surya, turbin angin, dan baterai penyimpanan energi terus berkembang, dengan efisiensi yang semakin tinggi dan biaya yang semakin rendah.
- **Energi Terbarukan Hibrida:** Kombinasi antara energi terbarukan dengan baterai penyimpanan energi (energy storage) untuk mengatasi masalah intermittency (ketersediaan energi yang tidak tetap).

4. Hambatan Infrastruktur:

- **Integrasi ke Jaringan Listrik:** Salah satu tantangan utama adalah bagaimana mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam jaringan listrik yang ada tanpa menyebabkan gangguan stabilitas pasokan energi.
- **Pembangunan Infrastruktur Pendukung:** Pembangunan infrastruktur untuk energi terbarukan, seperti jaringan transmisi, menjadi isu penting, terutama di negara berkembang.

5. Ekonomi dan Ketenagakerjaan:

- **Biaya Energi Terbarukan:** Dalam beberapa dekade terakhir, biaya produksi energi dari sumber terbarukan telah turun drastis, terutama untuk tenaga surya dan angin.
- **Penciptaan Lapangan Kerja:** Sektor energi terbarukan menciptakan lapangan kerja baru, baik di bidang konstruksi, pengembangan teknologi, hingga manajemen proyek.

6. Keamanan Energi:

- **Pengurangan Ketergantungan pada Impor:** Dengan mengembangkan sumber energi terbarukan lokal, negara-negara dapat mengurangi ketergantungan pada impor energi dari negara lain.
- **Diversifikasi Sumber Energi:** Energi terbarukan membantu negara untuk tidak bergantung pada satu jenis energi saja, meningkatkan keamanan energi secara keseluruhan.

Pengembangan dan Pemanfaatan Teknologi kelautan Sebagai sumber Penghasil Energi Listrik

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas perairan yang sangat besar. Sekitar 70% wilayah Indonesia terdiri dari lautan. Selain itu, Indonesia memiliki garis pantai terpanjang keempat di dunia setelah Kanada, Norwegia, dan Rusia. Kondisi geografis ini memberikan potensi besar bagi Indonesia untuk mengembangkan energi terbarukan berbasis laut.[15]

Energi laut yang dapat dimanfaatkan di Indonesia meliputi:

- Energi arus laut: Banyak selat di Indonesia memiliki arus laut yang kuat dan konstan.
- Energi gelombang: Wilayah selatan Indonesia yang berbatasan dengan Samudra Hindia memiliki gelombang laut yang besar dan berpotensi untuk dimanfaatkan.
- Energi pasang surut: Beberapa wilayah di Indonesia timur seperti Papua memiliki perbedaan pasang surut yang signifikan.
- Energi panas laut: Perairan Indonesia yang terletak di daerah tropis memiliki gradien suhu vertikal yang ideal untuk pembangkit listrik tenaga panas laut.

Indonesia memiliki banyak pulau dan selat yang dapat menjadi lokasi potensial untuk pembangkit listrik tenaga laut. Misalnya, Selat Lombok dan Selat Bali dikenal memiliki arus laut yang kuat. Sementara itu, wilayah seperti Nusa Tenggara Timur dan Maluku sering mengalami gelombang laut yang besar, yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi.[15]

Sehingga Pengembangan dan pemanfaatan teknologi laut sebagai sumber energi listrik semakin menjadi perhatian di tengah upaya global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan beralih ke energi terbarukan. Teknologi laut ini memanfaatkan potensi energi yang tersedia dari laut, seperti tenaga gelombang, arus laut, pasang surut, dan perbedaan suhu air laut. Setiap jenis teknologi ini bekerja dengan prinsip yang berbeda-beda namun memiliki tujuan yang sama, yaitu mengonversi energi yang tersimpan di laut menjadi energi listrik yang berkelanjutan. Pemanfaatan teknologi laut sebagai



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

penghasil listrik juga mendukung agenda global untuk mitigasi perubahan iklim. Teknologi ini tidak hanya menyediakan sumber energi yang ramah lingkungan, tetapi juga memanfaatkan sumber daya yang ada secara alami dan melimpah. Dengan investasi yang tepat dalam penelitian, pengembangan, dan infrastruktur, teknologi ini dapat memainkan peran penting dalam transisi menuju ekonomi rendah karbon dan pencapaian target energi terbarukan di masa depan.[15]

PENUTUP

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya teknologi kelautan, menjadi salah satu solusi strategis dalam menghadapi tantangan perubahan iklim global. Teknologi seperti energi gelombang laut, arus laut, dan konversi energi panas laut (OTEC) menawarkan potensi yang besar bagi, Sebagai negara kepulauan dengan wilayah laut yang luas, Indonesia memiliki potensi besar dalam mengembangkan teknologi ini. Dengan pengembangan lebih lanjut, teknologi tersebut dapat menyediakan sumber energi yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan berperan dalam pengurangan emisi gas rumah kaca. Meskipun masih terdapat tantangan dalam hal biaya awal, ketahanan perangkat, serta infrastruktur pendukung, pengembangan teknologi kelautan harus menjadi prioritas dalam transisi menuju energi terbarukan. Indonesia memiliki posisi strategis untuk memanfaatkan sumber daya kelautannya, yang jika dikelola dengan baik, akan memberikan dampak positif terhadap keamanan energi nasional, penciptaan lapangan kerja, dan pengurangan ketergantungan pada energi fosil. Melalui penelitian dan investasi berkelanjutan dalam teknologi kelautan, Indonesia dapat menjadi pemimpin dalam inovasi energi terbarukan di kawasan Asia Tenggara, serta turut berkontribusi dalam Upaya global untuk mengurangi dampak perubahan iklim memiliki dampak yang signifikan, tidak hanya untuk saat ini, tetapi juga membentuk masa depan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan bagi generasi mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Drew, B., Plummer, A. R., & Sahinkaya, M. N. (2009). A review of wave energy converter technology.
- (2) ESDM. (2011). Pengembangan Energi Arus Laut. Diakses pada: 10 Desember 2021 dari: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2011/04/25/138/pengembangan.energi.arus.laut>
- (3) Elizg. (2010) Energy and The Environment-A Coastal Perspective. Diakses pada 10 Desember 2021. Dari: <https://coastalenergyandenvironment.web.unc.edu/ocean-energygenerating-technologies/wave-energy/the-pelamis-wave-energy-converter/>
- (4) Emec. (2021) Wave Device. Diakses pada: 10 Desember 2021. Dari: <https://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-devices/>
- (5) Firmansyah, Afrian. (2020) OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) Untuk Indonesia. Diakses pada 11 Desember 2021 dari: <https://kumparan.com/afrian-firmansyah1604996256795482990/otec-ocean-thermal-energy-conversion-untuk-indonesia1uYtuhH8spJ/full>
- (6) Hari, B. S. (2019). Pemanasan Global dan Perubahan Iklim. Penerbit Duta.
- (7) McCusker, K., & Gunaydin, S. (2015). Research using qualitative, quantitative or mixed methods and choice based on the research. *Perfusion*, 30(7), 537-542.
- (8) Lehmann, M. dkk. (2016). Ocean Wave Energy in The United States: Current Status and Future Perspective. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.101>
- (9) OpenEI. (2021) Wave Energy. Diakses pada 10 Desember 2021 dari: https://openei.org/wiki/Wave_Energy
- (10) Prihatno, Joko dkk. (2020). Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV). Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- (11) Salajan, A., Tsoлова, S., Ciotti, M., & Suk, J. E. (2020). To what extent does evidence support decision making during infectious disease outbreaks? A scoping literature review. *Evidence & Policy: A Journal of Research, Debate and Practice*, 16(3), 453-475
- (12) Sunarti dkk. (2020). Inventarisasi GRK Bidang Energi. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Energi Sumber Daya Mineral.
- (13) Windyswara, D. (2018). Alasan pemerintah Indonesia meratifikasi paris climate agreement tahun 2016. *eJournal Ilmu Hubungan Internasional*, 6(4)
- (14) Zarubin, Bobby. (2015). Ocean Current Energy: Under Water Turbines. Diakses pada 10 Desember 2021 dari: <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph240/zarubin2/>
- (15) Sumotarto, U. 2003. Pemanfaatan energi pasang surut. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 5(5). 85-93.
- (16) ESDM, (2011). Road Map Penelitian dan Pengembangan Energi Arus Laut <https://esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/road-map-penelitian-dan-pengembangan-energi-arus-laut>

