

PENERAPAN PANAS LAUT SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN PADA LOKASI SELAT MAKASSAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC)

¹Fatimah Mahani Putri dan ¹Nurfadilah
¹Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin

Email: fatimahmahanip@gmail.com

Abstrak

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki banyak teluk dan selat. Indonesia banyak memiliki potensi terhadap lautnya yang begitu besar. Selat Makassar menunjukkan potensi yang kuat karena memiliki suhu yang konstan dan tinggi terutama pada lapisan permukaan airnya. Terdapat beberapa macam sumber daya energi yang berasal dari air laut, antara lain energi pasang surut, energi dari gelombang laut, dan energi pasang laut. *Ocean Thermal Energy Conversion* merupakan salah satu energi terbarukan yang dikembangkan oleh Indonesia yang merupakan metode konversi energi panas matahari dengan pemanfaatan siklus suhu permukaan laut dengan suhu kedalaman. Salah satu teknologi yang dihasilkan dari OTEC adalah pembangkit listrik tenaga panas laut. Kinerja OTEC tidak akan mampu menahan badai laut melampaui masanya. Potensi OTEC di wilayah laut Indonesia dapat mencapai $2,5 \times 10^{23}$ joule. Efisiensi konversi energi panas laut sebesar 3% yang menghasilkan 240.000 MW listrik. OTEC dapat digunakan sebagai energi alternatif dalam jangka waktu panjang ketika bahan bakar fosil, gas alam, dan energi lainnya mengalami kekurangan. Energi yang ramah lingkungan dan ketersediaan yang tidak terbatas. Biaya menjadi faktor yang perlu dipertimbangkan ketika akan menerapkan OTEC, dimana ada model pembangunan, biaya pemeliharaan, dan biaya akomodasi yang besar. Selain itu, OTEC memiliki efisiensi mesin yang relative rendah jika dibandingkan dengan pembangkit listrik lainnya. Potensi yang dimiliki oleh perairan Selat Makassar didapat di titik lokasi pada koordinat $01^{\circ}01'51''N - 120^{\circ}13'21''E$ dengan *platform floating plants* dengan jarak dari Pantai sepanjang 18,63 km dengan daya bersih 13,40 MW.

Kata Kunci : *Ocean Thermal Energy Conversion*, Energi Terbarukan, Selat Makassar

Abstract

Indonesia is an archipelagic country that has many bays and straits. Indonesia has a lot of huge potential in its seas. The Makassar Strait shows strong potential because it has a constant and high temperature, especially in the surface layer of the water. There are several types of energy resources that come from sea water, including tidal energy, energy from ocean waves, and ocean tide energy. Ocean Thermal Energy Conversion is a form of renewable energy developed by Indonesia which is a method of converting solar thermal energy by utilizing the cycle of sea surface temperature with temperature at depth. One of the technologies resulting from OTEC is marine thermal power plants. OTEC's performance will not be able to withstand sea storms beyond its time. The potential for OTEC in Indonesian maritime areas can reach 2.5×10^{23} joules. The marine thermal energy conversion efficiency is 3% which produces 240,000 MW of electricity. OTEC can be used as alternative energy in the long term when fossil fuels, natural gas and other energy are in short supply. Environmentally friendly energy and unlimited availability. Cost is a factor that needs to be considered when implementing OTEC, where there are development models, maintenance costs and large accommodation costs. In addition, OTEC has relatively low engine efficiency when compared to other power plants. The potential possessed by the waters of the Makassar Strait is obtained at the location point at coordinates $01^{\circ}01'51''N - 120^{\circ}13'21''E$ with a floating plant platform with a distance from the beach of 18.63 km with a clean power of 13.40 MW.

Keywords: *Ocean Thermal Energy Conversion, Renewable Energy, Makassar Strait*

PENDAHULUAN

Energi terbarukan yang dihasilkan dari sumber daya yang telah tersedia, lebih aman, berasal langsung dari alam dan tidak *invasive* terhadap lingkungan. Energi terbarukan sendiri dapat diproduksi di lautan khususnya pada Selat Makassar. Dan yang terpenting adalah Indonesia menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utamanya. Bahan bakar fosil itu sendiri yang pada akhirnya akan habis, begitu pula pada minyak bumi, gas alam, batu bara, dan kayu. Potensi energi terbarukan di Indonesia diperkirakan potensi energi baru Indonesia sebesar 417,8 GW. Tetapi pemanfaatannya terbilang cukup rendah, sekitar 10,4 GW atau sekitar 2,5% saja. Indonesia adalah negara kepulauan yang Sebagian besar wilayahnya datar dan hangat. Maka potensi yang dimiliki oleh laut Indonesia sendiri cukup besar jika dibandingkan dengan laut negara yang lainnya. Potensi yang telah dimiliki oleh laut Indonesia ini sendiri cukup



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

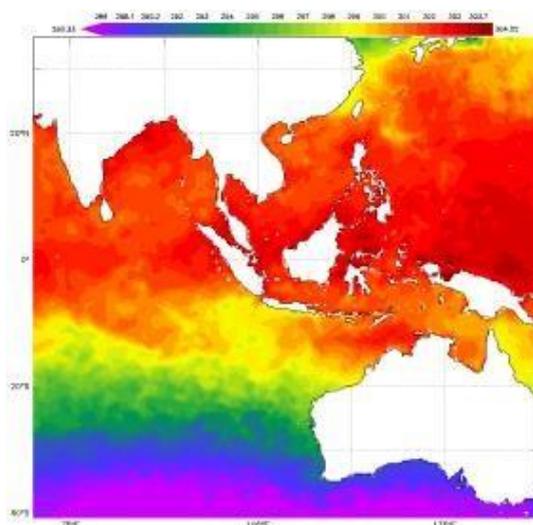
besardibandingkan dengan laut lainnya terutama yang berada pada Selat Makassar. Selat Makassar sendiri menunjukkan potensi serta suhu yang sangat konstan dan sangat tinggi, terutama pada lapisan yang berada dipermukaannya serta suhu yang konstan dan sangat tinggi. Untuk teori dari OTEC pertama dikembangkan pada tahun 1880an serta model ukuran bangku pertama itu dibuat pada tahun 1926. Sekarang, fasilitas manufaktur terbesar OTEC yang berlokasi di Jepang yang diawasi oleh Universitas Saga dan Makai di Hawaii. Adapun beberapa jenis energi yang dapat dihasilkan di lautan, seperti antara lain energi gelombangpanas dan energi pasang surut. Energi terbarukan yang dikembangkan di Indonesia disebut *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) yang merupakan metode dari konversi energi panas matahari dengan memanfaatkan suhu permukaan laut dengan suhu kedalaman. Energi terbarukan yang telah dikembangkan oleh OTEC yaitu suatu metode konversi energi panas matahari yang akan dapat digunakan dengan memanfaatkan siklus listrik tenaga daripanas laut. Selain itu juga kinerja dari OTEC tidak akan mampu menahan badai laut melampaui masa pengaplikasiannya. Sistem kerja dari OTEC sendiri memiliki kesamaan dengan mesin uap pada fluida, dengan perbedaan tekanan yang terjadi akan memutar turbin yang mampu mereduksi aliran turbulen dan akan menghasilkan keluaran yang bersih meskipun pada laju aliran rendah dengan menggunakan aliran udara ambien dalam jumlah yang bervariasi. Sistem tersebut juga dilengkapi dengan pompa aliran flida yang mampu mengurangialiran turbuken dan akan menghasilkan keluaran bersih bahkan pada laju aliran yang rendah dengan menggunakan sejumlah aliran udara sekitar yang bervariasi. Penggunaan pada sistem fasilitas OTEC yang memanfaatkan kedalaman sekitar 1000m.

METODE PENELITIAN

Analisis potensi penerapan panas laut sebagai energi terbarukan pada lokasi selat Makassar dengan menggunakan metode *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC). Secara umum, sistem dari OTEC sendiri beroperasi dalam gradien suhu yang menggunakan perbedaan suhu air laut antara permukaan yang bersifat hangat (26°C) dan juga permukaan dingin sekitar (4°C) pada setiap 1000m. OTEC memiliki 3 sistem yaitu sistem siklus terbuka, sistem siklus tertutup, dan OTEC sistem hybrid (yang menggabungkan antara sistem terbuka dan sistem tertutup). Sirkulasi terbuka sendiri menggunakan konsep air panas pada permukaan tangki bertekanan rendah yang kemudian mendidih dan menguap. Dengan demikian, uap yang dihasilkan diubah menjadi generator listrik, yang di dalamnya dipasang turbin bertekanan rendah di dalam generator, yang digunakan untuk membuat generator listrik. Dan uapnya sudah tidak mengandung garam dan bahan lainnya. Dan cara ini menghasilkan air segar yang dapat diminum masyarakat dan cocok untuk irigasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbedaan pada OTEC merupakan sumber daya lautdengan peluang pengembangannya paling besar, karena memiliki potensial yang paling besar dibandingkan dengan sumber daya laut lainnya. Daya yang telah dipublikasikan oleh P3GL dan ESDM (2011) menunjukkan potensi OTEC di wilayah laut Indonesia mencapai $2,5 \times 10^{23}$ Joule. Dengan efisiensi konversi energi panas laut sebesar 3%, dapat menghasilkan listrik sekitar 240.000 MW [1]. Potensi OTEC pada variasi suhu laut di permukaan laut Indonesia ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Beda suhu permukaan laut OTEC di Indonesia

Suhu yang diperlukan untuk *Ocean Thermal Energy Conservation* (OTEC) minimal 25°C , suhu-suhu ini yang terjadi antara permukaan udara dan di kedalaman sekitar 1000 m serta sekitar 20°C di evaporator. Bagian dari diskusi kali ini adalah yang terletak pada Selat Makassar sendiri yang dipengaruhi oleh variable seperti curah hujan, penguapan,

kelembaban udara, kecepatan angin, sinar matahari, dan suhu yang berubah-ubah sepanjang musim yang terjadi [2]. Lokasi penelitian berada di perairan Selat Makassar dibagian utara Pulau Sulawesi dan Kalimantan. Selat Makassar memiliki suhu yang cukup tinggi pada lapisan permukaan. Pada lapisan permukaan di kedalaman 50-100 m terjadi pencampuran yang kemudian pada lapisan 0-100 m menjadi homogen dan akibat adanya pergantian musim maka lapisan yang bercampur tersebut memiliki nilai variasi kedalaman antara musim barat dan musim timur.



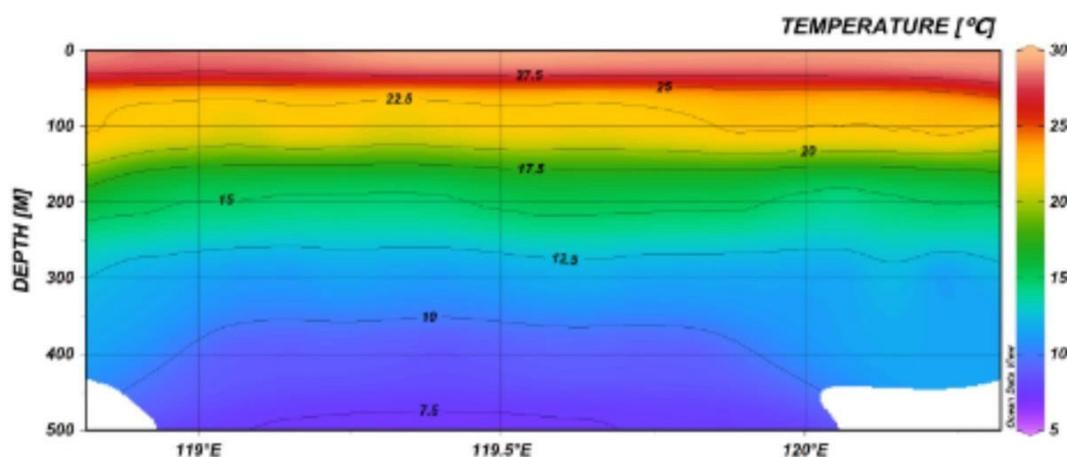
Gambar 2. Temperatur Permukaan Laut Bulanan Tahun 2009-2018

Lapisan permukaan Selat Makassar memiliki suhu berkisar antara 28,60°C hingga 29,65°C. Hal ini disebabkan perairan selat tersebut berada di daerah tropis yang tentunya dekat dengan garis khatulistiwa sehingga memungkinkan adanya pengaruh Kolam Hangat Samudera Pasifik Tropis. Pada musim kemarau di Indonesia yang berlangsung bersamaan dengan muson timur, suhu melonjak drastis hingga sekitar 29 oC dari bulan April hingga September. Disisi lain, musim hujan berlangsung dari bulan Oktober hingga Februari [2].

Hasil Data Suhu

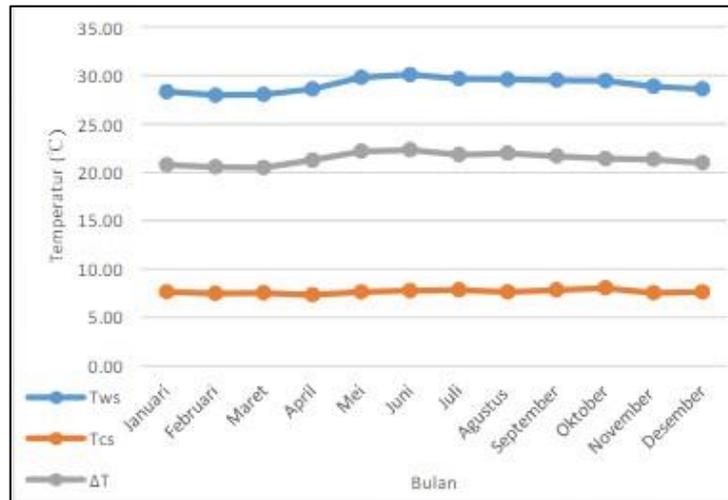
Data suhu pada laman <https://hycom.org/datasaver/glb-analysis> yang digunakan untuk uji statistik menggunakan Root Mean Square Error (RMSE) untuk menentukan nilai error terhadap validasi. Penggunaan profil vertikal suhu terhadap kedalaman, dalam menentukan kedalaman pengambilan suhu air hangat dan suhu air dingin yang stabil untuk menghitung nilai selisih antara perbedaan suhu dengan hasil yang didapatkan sebesar 20 °C. penelitian ini menentukan intake air panas pada kedalaman 20 m, sedangkan penentuan intake air dingin pada kedalaman 800 m. Sehingga, perbedaan suhu yang dihasilkan diantara permukaan air dan kedalaman kurang lebih 1.000 m dan sekitar 20 °C di ekuator [3].

Temperatur dilapisan permukaan Selat Makassar berada antara 28,60 – 29,65 °C, hal ini terjadi diakibatkan oleh letak Selat Makassar berada pada daerah tropis yang dekat dengan garis ekuator sehingga akan memungkinkan terjadi pengaruh dari kolam air hangat (*Warm Pool of Tropical*) Samudera Pasifik. Pada bulan April hingga September mengalami kenaikan suhu karena sedang terjadi kemarau, pada bulan oktober hingga februari mengalami musim hujan sehingga mengalami penurunan suhu. Pada kedalaman 400 m didapatkan hasil perbedaan suhu sebesar 20,37 – 21,60 °C yang dimana hal ini adalah nilai minum dalam menjalankan OTEC.



Gambar 3. Sebaran Temperatur

Dari tahun 2009 hingga tahun 2018, suhu berubah setiap musimnya. Terutama pada bulan Oktober hingga bulan April, yang dimana posisi semu matahari berada di belahan bumi Selatan, sehingga terjadi tekanan udara yang tinggi di Asia dan tekanan udara rendah di Australia. Sehingga angin muson barat berpindah dari benua Asia ke benua Australia. Pada bulan April hingga bulan Oktober, angin muson timur bertiup dari belahan bumi utara sehingga tekanan udara yang tinggi di Asia dan tekanan udara yang rendah di Australia. Sebaliknya, dari bulan April hingga bulan Oktober angin muson timur bertiup. Jadi saat matahari berada di belahan bumi utara, tekanan udara di benua Asia turun dan tekanan udara di benua Australia naik. Akibatnya angin bertiup dari benua Australia ke benua Asia. Di Indonesia khususnya di perairan Selat Makassar suhu air sangat tinggi terutama pada bagian permukaan air [4].

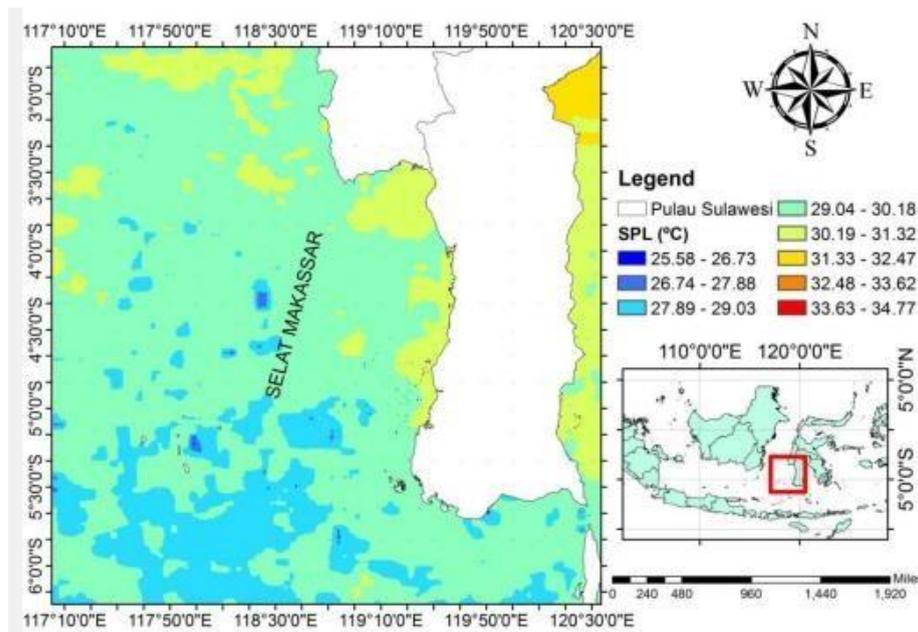


Gambar 4. Grafik Suhu Permukaan Laut (Tws), Suhu Laut Dalam (Tcs) dan Perbedaan Suhu Rata-Rata Bulanan (ΔT) pada tahun 2009-2018

Perubahan suhu di dalam laut yang dapat dilihat dari lapisan kedalaman laut. Dengan jumlah Cahaya matahari yang masuk ke dalam laut dan posisi laut maka dapat mempengaruhi suhu di dalam laut. Tidak ada perubahan yang terjadi secara signifikan dalam suhu air laut hangat sepanjang tahunnya, dengan rata-rata bulanan sebesar 29,05°C. Karena permukaan pada Selat Makassar yang dipengaruhi oleh angin muson, arus yang terjadi tetap mengalir ke arah Selatan sepanjang tahun dengan kecepatan yang cukup sedang, yang tentunya tidak berdampak pada kinerja dari OTEC [2].

Suhu air laut dingin mengalami kurva konstan seperti terlihat pada Gambar 2 rata-rata sebesar 5,75C yang merupakan asupan air dingin pada kedalaman 800 meter. Kedalaman ini termasuk dalam kedalaman lautan sekitar 100 hingga 1500 meter. Perubahan pada lapisan ini mengalami perubahan suhu air laut yang terjadi dengan sangat cepat. Air laut tiba-tiba menjadi dingin. Hal ini disebabkan adanya perubahan sinar matahari yang sampai ke air laut. Nilai perubahan termoklin yang diperoleh dari penelitian bervariasi antara 5 dan 24,46 oC pada kedalaman 100-900 m. Suhu pada lapisan ini berubah dan suhunya sering menurun seiring bertambahnya kedalaman [4]. Lokasi ideal instalasi OTEC.

Sebelum melakukan penginstalan OTEC, terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam penetapan atau pertimbangan suhu pada permukaan dan kedalaman, yaitu lingkungan yang stabil, sumber air hangat dan dingin yang perbedaannya mendapatkan nilai minimum 20 °C, biaya serta produk yang lengkap. Arus perairan Selat Makassar pada permukaan dipengaruhi oleh angin muson sehingga aliran mengikuti siklus musim muson tersebut [3]. Didapatkanlah hasil yang ideal untuk lokasi pembangkit OTEC ada pada posisi lintang 1.0310 dan bujur 120,2225 menghasilkan daya yang cukup besar yaitu, 13,41 MW dengan menggunakan *platform floating plants*. *Platform floating plants* pembangkit listrik tenaga surya terapung *platform* ini harus dirancang untuk kondisi angin, gelombang, serta arus untuk memaksimalkan waktu produksi energi OTEC.



Gambar 5. Lokasi penentuan instalasi OTEC

KESIMPULAN

Ditengah kekurangan bahan bakar fosil, gas alam, dan sumber energi bumi lainnya, *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dalam waktu jangka Panjang. Ini dikarenakan OTEC memiliki sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan ketersediaan yang tidak terbatas. Selain itu, OTEC memiliki efisiensi mesin yang relatif rendah dibandingkan dengan pembangkit listrik pada umumnya. Oleh karena itu OTEC dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif dalam waktu jangka panjang. Namun factor utama yang harus dipertimbangkan saat menerapkan OTEC adalah biaya, karena pada biaya pembangunan, pemeliharaan, dan biaya lainnya itu cukup tinggi. Selain itu juga OTEC memiliki efisiensi mesin yang lebih rendah dari pembangkit listrik umumnya. Namun jika digunakan dalam jangka waktu yang lama, biayanya tidak akan meningkat dan menjadi masalah bagi mesin generator OTEC. Potensi yang dimiliki oleh perairan Selat Makassar didapatkan titik lokasi pada koordinat $01^{\circ}01'51''N$ - $120^{\circ}13'21''E$ dengan *platform floating plants* dengan jarak dari Pantai sepanjang 18,63 km dengan daya bersih 13,40 MW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hanan, Akhmad. 2015. Pemetaan Potensi *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) di Indoneisa. Thesis: Universitas Pertahanan.
- [2] Hammad, F. K., dkk. 2020. Identifikasi Potensi *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC) di Selatmakassar Utara. *Indonesian Journal of Oceanography*, Vol 02, No 2 .
- [3] Syamsuddin, dkk. 2015. Ppotensi OTEC di Perairan Indonesia. Konferensi dan Pameran Indonesia-Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi,.
- [4] Putri, et al. 2022. Hubungan Hasil Tangkapan Ikan Pelagis Kecil dengan Suhu Permukaan Laut dan Klorofil di Perairan Selat Makassar. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, Vol 22, hlm 65-76.
- [5] N. Nadya Dan A. Salim, "Pengaruh Sea Level Rise Di Wilayah Perkotaan Indonesia", *Sensistek*, Vol. 6, No. 1, Hlm. 52-55, Mei 2023.