

Potensi Energi Arus dan Tinggi Gelombang Laut Indonesia Berdasarkan Data Penginderaan Jauh

Azwar Alamsah^{1†}, Ari Wahjudi¹, Park Jae Moon²,
Nurkholis Hamidi¹, Denny Widhiyanuriyawan¹

¹Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Indonesia

²Department of Spatial Convergence, GeoSystem Research Corporation, Korea Selatan

[†]korespondensi: alamazwar74@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia's energy demand continues to increase, with a primary reliance on fossil fuels that contribute to environmental issues, such as rising CO₂ emissions. To address this challenge, this study explores the potential of renewable energy from wave and ocean current sources. The research process analyzes the energy potential generated from waves and ocean currents across Indonesian waters using the WAVEWATCH-III method to model ocean data over a 10-year period, focusing on energy potential at strategic locations in Indonesian waters. The results show that the energy potential from ocean currents ranges between 120–150 kW, with strategic locations around straits, such as the Makassar Strait and the Java Sea. Meanwhile, the wave energy potential reaches approximately 2.5 GW over a three-month period, thanks to Indonesia's extensive coastline of 99,093 km. Spatial and temporal analyses reveal significant variations in Sea Level Anomaly (SLA) values, which can be utilized for the development of renewable energy projects. The conclusion of this study emphasizes the need for a deeper understanding of ocean current and wave dynamics to maximize the utilization of renewable energy potential in Indonesia. Spatial and temporal analyses show significant variations in SLA values across Indonesia, reflecting the dynamics of ocean currents. Understanding these changes is crucial for planning adaptive ocean current energy projects, and seasonal trend analysis can help optimize the use of ocean current patterns.

Keywords : Ocean Currents, Ocean Waves, Energy Potential

ABSTRAK

Kebutuhan energi di Indonesia terus meningkat, dengan ketergantungan utama pada bahan bakar fosil yang menimbulkan masalah lingkungan, seperti peningkatan emisi CO₂. Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian ini mengeksplorasi potensi energi terbarukan dari sumber tinggi gelombang dan arus laut. Proses penelitian ini menganalisis potensi energi yang dihasilkan dari gelombang dan arus laut di seluruh wilayah Indonesia menggunakan metode WAVEWATCH-III untuk memodelkan data laut selama 10 tahun, menganalisis potensi energi dilokasi strategis di perairan Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi energi dari arus laut berkisar antara 120-150 kW, dengan lokasi-lokasi strategis di sekitar selat, seperti Selat Makassar dan Laut Jawa. Sementara itu, potensi energi dari gelombang laut mencapai sekitar 2,5 GW dalam periode tiga bulan, berkat panjang garis pantai Indonesia yang mencapai 99.093 km. Analisis spasial dan temporal mengungkapkan variasi signifikan dalam nilai Anomali Tingkat Permukaan Laut (SLA), yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan proyek energi terbarukan. Kesimpulan dari penelitian ini menekankan perlunya pemahaman yang lebih dalam tentang dinamika arus laut dan gelombang untuk memaksimalkan pemanfaatan potensi energi terbarukan di Indonesia. Spasial dan temporal menunjukkan variasi signifikan dalam nilai Sea Level Anomaly (SLA) di Indonesia, yang mencerminkan dinamika arus laut. Pemahaman tentang perubahan ini penting untuk perencanaan proyek energi arus laut yang adaptif, dan analisis tren musiman dapat membantu mengoptimalkan pemanfaatan pola arus laut.

Kata Kunci: Arus Laut, Tinggi Gelombang, Potensi Energi

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang terus meningkat seiring dengan perkembangan zaman dari segi

ekonomi, industri dan penambahan populasi menjadi permasalahan utama di Indonesia. Kebutuhan daya listrik Indonesia diperkirakan

mencapai 8.79% pada tahun 2024 (1). Hingga saat ini minyak bumi merupakan sumber energi utama yang digunakan di Indonesia. ekstraksi dan eksploitasi bahan bakar fosil menimbulkan masalah lingkungan seperti peningkatan emisi CO₂, yang terindikasi mempengaruhi pemanasan global (2). Memproduksi listrik dengan pembangkit listrik tenaga batu bara diprediksi akan menggandakan emisi CO₂ pada tahun 2024 dibandingkan tahun 2015 (1). Pemecahan masalah adalah menggunakan energi terbarukan. Ada beberapa sumber energi terbarukan di Indonesia, seperti energi matahari, tenaga angin, biomassa, panas bumi, tenaga pasang surut, tenaga air, nuklir, energi arus laut, konversi energi panas laut (OTEC), dan tenaga gelombang (3).

Tenaga gelombang dan arus laut merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan (4). Kedua sumber energy tersebut merupakan energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan oleh Indonesia Energi gelombang laut memiliki keunggulan dalam kepadatan dan kontinuitas tinggi (5). sehingga berpotensi untuk dikembangkan. Ada dua pendekatan utama dalam merawat sumber energi (3) : a. desain konverter energi gelombang (6) dan b. penilaian lokasi potensial untuk pengembangan tenaga gelombang (7).

Daya gelombang per satuan panjang (*fluks* energi per satuan panjang puncak gelombang, *P*) dihitung berdasarkan persamaan 1. *Fluks* energi tergantung pada ketinggian gelombang yang signifikan dan periodenya (8).

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H_{m0}^2 T_e \approx \left(0.5 \frac{KW}{m^3.s}\right) H_{m0}^2 T_e \dots\dots(1)$$

P adalah fluks energi per satuan panjang gelombang, *H_{m0}* adalah tinggi gelombang yang signifikan, *T* periode gelombang, *ρ* adalah kerapatan air, dan *g* adalah gravitasi. *Fluks* gelombang secara linier dengan kuadrat tinggi gelombang yang signifikan dan periode gelombang. Tinggi gelombang yang signifikan adalah dalam meter, dan periodenya dalam detik. Jadi fluks energi dalam kW m⁻¹ (9). *PE* dihitung berdasarkan nilai frekuensi relatif, seperti rumus 2.

$$FR = \frac{f_i}{\sum f_i} \times 100\% = \frac{f_i}{n} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

f_i adalah hitungan data tertentu, dan *n* adalah hitungan daya total. Kepadatan daya gelombang terendah yang dihitung dalam penelitian ini adalah 0,8 kW/m, dengan adanya melebihi hingga 2,5%. Jaringan dengan kepadatan daya gelombang di bawah 0,8 kW/m dan *FR* lebih dari 2,5% diabaikan (10).

Selain itu, tenaga arus laut menunjukkan sebagai sumber daya energi yang mungkin dan signifikan untuk mengembangkan energi terbarukan (11). Energi arus laut adalah energi kinetik air laut yang mengalir, terutama aliran laut yang relatif stabil di selat atau saluran air dan aliran arus teratur yang disebabkan oleh pasang surut. Energi dapat diekstraksi dari arus laut dengan cara yang secara teoritis mirip dengan pembangkit listrik tenaga angin. Kekuatan arus sebanding dengan kecepatan kubus dan *fluks* (12).

Beberapa potensi energi maritim yang signifikan di Indonesia adalah energi pasang surut dan energi gelombang. ada penelitian (13) bertujuan untuk mengembangkan model energi terbarukan laut dengan mempertimbangkan kesesuaian lokasi berdasarkan potensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Pengembangan ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi berkelanjutan dan mendorong pertumbuhan ekonomi yang ramah lingkungan di Indonesia. Pada penelitian ini mengintegrasikan semua potensi sumber energi (gelombang dan arus laut) dalam satu model terpadu. Selain itu, temuan dari penelitian ini juga dapat berkontribusi pada pengembangan potensi energi yang terintegrasi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk menyelidiki hubungan antara profil kecepatan arus laut (u dan v) dan *sea level anomaly* (SLA). Lokasi penelitian meliputi seluruh wilayah Indonesia. Setiap lokasi memiliki potensi dan karakter khusus, jadi kita harus menganalisis dan mengklasifikasikan masing-masing. WAVEWATCH-III digunakan dalam penelitian ini untuk menghasilkan analisis ulang perairan Indonesia selama 10 tahun. (14) Melaporkan setidaknya 10 tahun data yang diperlukan untuk menilai situs regional potensial secara akurat. Kisi lintang-bujur reguler dengan resolusi $0,125^\circ$ diterapkan. Ketinggian gelombang dan kecepatan arus yang dihitung untuk mencari potensi energi yang dihasilkan. Penulis hanya menganalisis area

laut Indonesia. Analisis ulang data *Sea Level Anomaly* dan *Sea Surface Height* dari Copernicus. Domain global dan regional digunakan untuk simulasi bersarang model. Domain regional meliputi 7°N - 12°S dan 95°E - 142°E .

Untuk menentukan potensi energy yang dihasilkan oleh tinggi gelombang dan kecepatan arus apat menggunakan persamaan 3 dan 4 di bawah:

$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \dots\dots\dots (3)$$

Di mana p adalah daya (watt), ρ adalah kerapatan air laut (kg/m^3), a adalah luas penampang turbin yang digunakan (m^2), dan v adalah kecepatan arus laut (m/s). Nilai kerapatan air laut yang digunakan sama, 1025 kg/m^3 . Luas penampang turbin (a) dianggap 1 m^2 , sehingga variabel yang paling berpengaruh dalam proses konversi menjadi arus listrik adalah kecepatan arus dan luas turbin (15).

$$Ek/A = \frac{1}{2} \rho W^3 \dots\dots\dots (4)$$

Kerapatan fluida (ρ) yang digunakan adalah kerapatan air laut, yang rata-rata bernilai sekitar 1025 kg/m^3 . W adalah kecepatan air m/detik (15).

$$E_p = \frac{1}{8} \rho g H^2 \dots\dots\dots (5)$$

Hal ini menunjukkan bahwa daya (P) yang dapat dihasilkan berbanding lurus dengan kerapatan air laut, percepatan gravitasi, dan kuadrat dari tinggi gelombang (H). Semakin tinggi gelombang, semakin besar daya yang dapat diekstrak, karena tinggi gelombang

berpengaruh secara kuadratik. Selain itu, lebar *front* gelombang (W) juga mempengaruhi total daya yang dapat dihasilkan, karena semakin lebar *front* gelombang, semakin besar volume air yang dapat dimanfaatkan (15).

Dengan mengetahui karakteristik gelombang laut, seperti tinggi gelombang dan lebar *front* gelombang, di suatu lokasi, kita dapat menghitung potensi daya yang dapat dihasilkan dari energi gelombang laut. Informasi ini sangat berguna dalam merancang sistem pembangkit listrik tenaga gelombang yang optimal dan efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

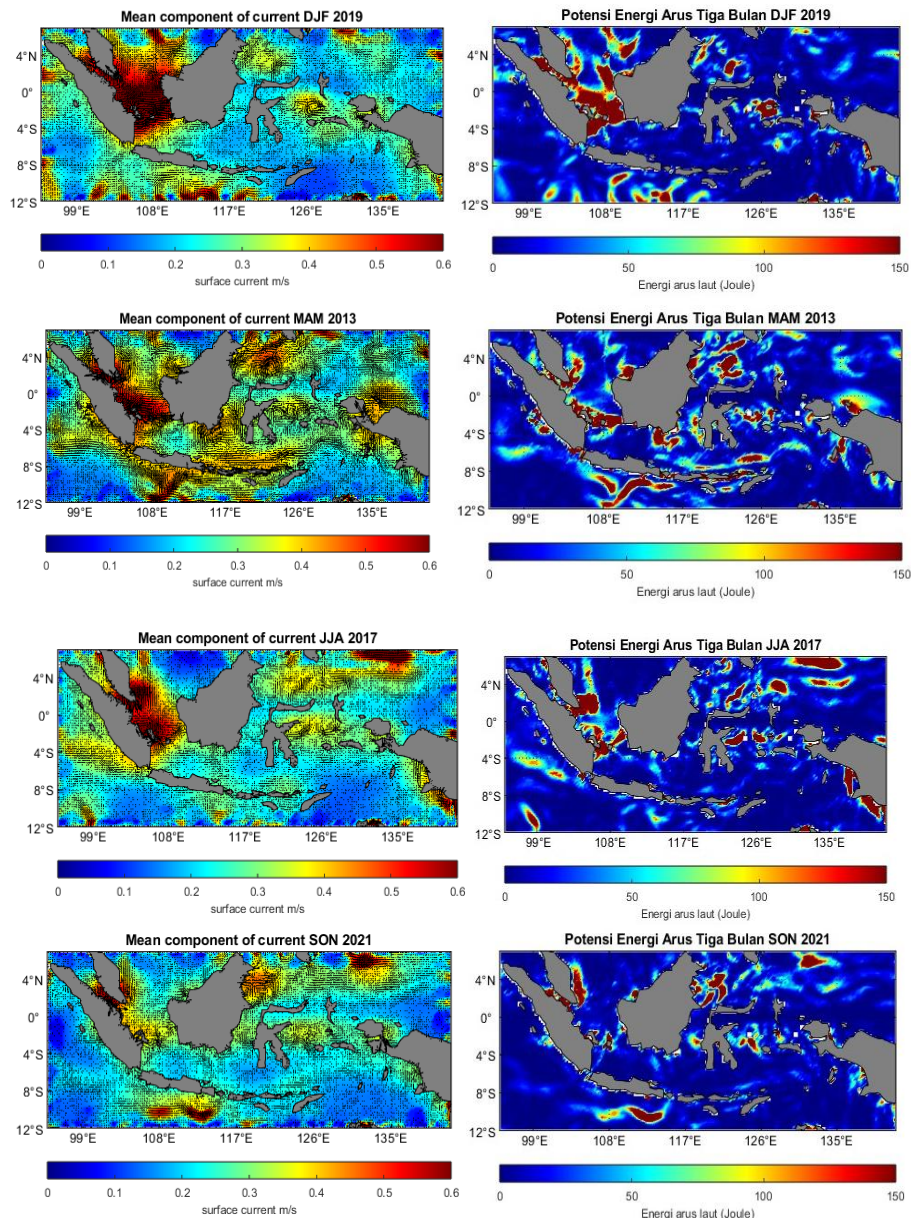
Potensi energi yang dihasilkan oleh arus dan gelombang laut, dapat dilihat dari kerapatan gelombang. Secara umum, *fluks* energi di laut lepas (Samudra Hindia dan Samudra Pasifik) lebih tinggi daripada di laut dalam, seperti Laut Jawa, Laut Banda, dan Laut Arafura. Berdasarkan hasil penelitian dalam melihat potensi energi yang dihasilkan oleh arus dan tinggi gelombang pada 3 bulan, 6 bulan dan setiap tahun.

Potensi energi dalam waktu 3 bulan dengan tinggi gelombang maupun arus laut mengalami fluktuasi berdasarkan kondisi dari arah angin dan musim. energi yang dihasilkan oleh tinggi gelombang dan arus tentunya memiliki perbedaan. hal ini disebabkan tinggi gelombang maupun arus laut yang memiliki kecepatan maupun amplitud gelombang yang berbeda setiap bulannya.

Arus laut dilihat dari hasil simulasi dan perhitungan pada gambar di bawah ini. Energi yang dihasilkan pada perairan Indonesia terpusat pada selat, dimana arus pada setiap selat menandakan arus yang sangat besar. Hal ini disebabkan terjadi penyempitan ruang gerak arus sehingga kecepatan arus menjadi lebih tinggi.

Gambar 1 menggambarkan variasi potensi energi yang dihasilkan oleh arus laut di perairan Indonesia selama 3 bulan. Terdapat perbedaan signifikan dalam jumlah energi yang dihasilkan pada setiap periode 3 bulan. Hal ini disebabkan setiap 3 bulan dalam musim yang ada di Indonesia mengalami perubahan, yakni musim hujan, musim peralihan 1, musim kemarau dan musim peralihan 2. Namun dalam setiap musimnya selama 3 bulan energi yang dihasilkan memiliki rata-rata 150 KW. Hal ini menjadikan Indonesia memiliki cadangan energi yang kaya.

Selain dari arus perairan Indonesia juga memiliki cadangan energi dari gelombang laut. Hal ini dapat dilihat dari luas garis pantai Indonesia, di mana garis pantai Indonesia memiliki 99.093 Km². Dengan memiliki garis pantai yang panjang memungkinkan gelombang laut di Indonesia memiliki *amplitude* yang tinggi sehingga bisa dimanfaatkan untuk mendapatkan energi listrik. Dilihat dari gambar di bawah ini peta lokasi tinggi gelombang perairan Indonesia selama 3 bulan.



Gambar 1: Potensi Energi Arus Laut 3 Bulanan

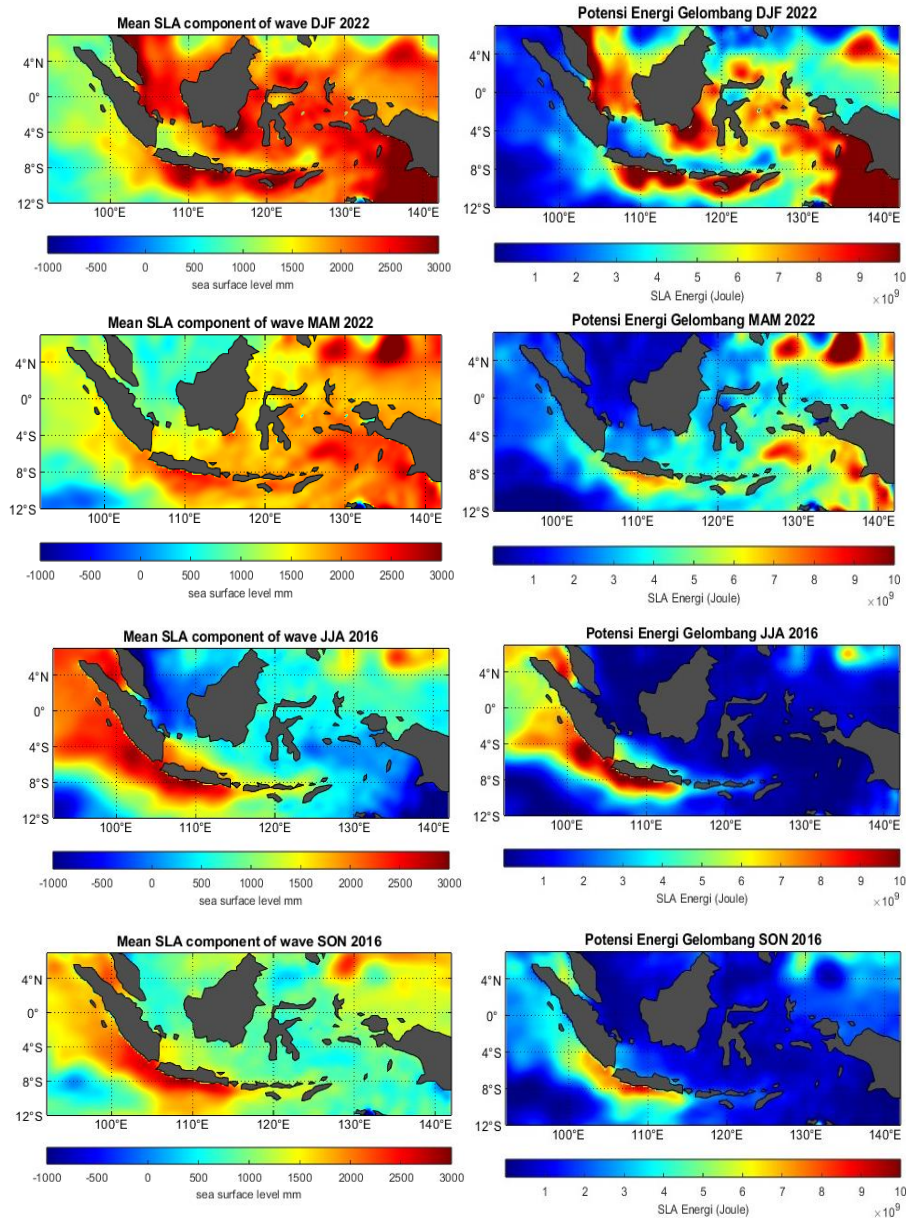
Gambar 2 menunjukkan penyebaran gelombang laut di perairan di Indonesia mengalami fluktuasi. Hal ini diakibatkan oleh arah angin yang melewati wilayah perairan Indonesia. Dalam gambar di atas potensi energi yang dihasilkan oleh gelombang laut lebih besar dibandingkan arus laut di mana potensi energi yang dihasilkan sekitar 2.5 giga watt selama 3 bulan. Tinggi gelombang yang ada pada perairan di Indonesia bervariasi dari 1.5 m sampai 3 m tergantung dari

arah angin dan musim yang ada di Indonesia. Hal ini berkaitan dengan energi yang dihasilkan dengan tinggi gelombang.

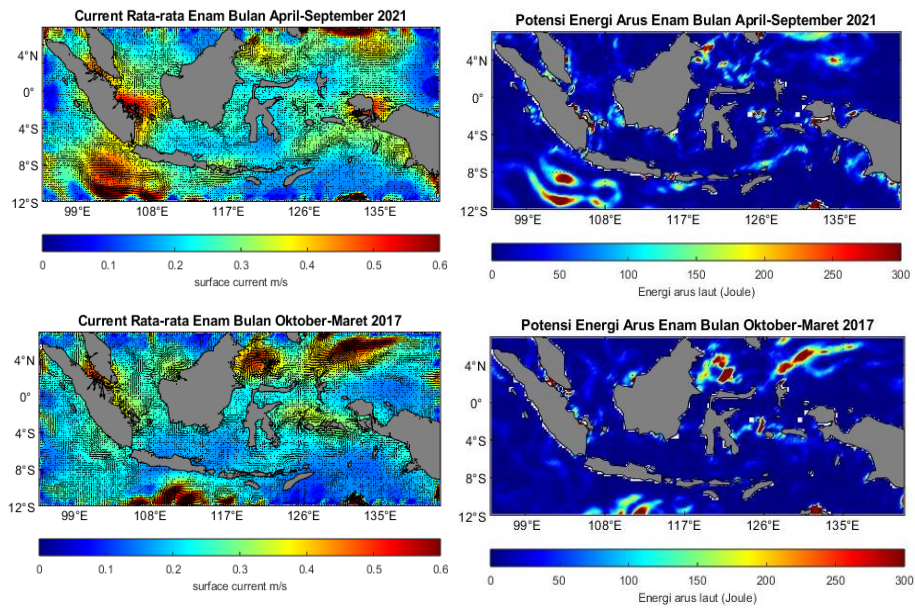
Potensi energi dalam waktu 6 bulan sama halnya dengan energi yang didapatkan dalam waktu 3 bulan, energi yang didapatkan selama 6 bulan dipengaruhi oleh angin muson timur dan muson barat.

Arus laut dilihat dari hasil simulasi dan perhitungan pada gambar dibawah ini. Energi yang dihasilkan pada perariran Indonesia terpusat pada selat, di mana arus pada setiap selat

menandakan arus yang sangat besar. Hal ini disebabkan terjadi penyempitan ruang gerak arus sehingga kecepatan arus menjadi lebih tinggi.



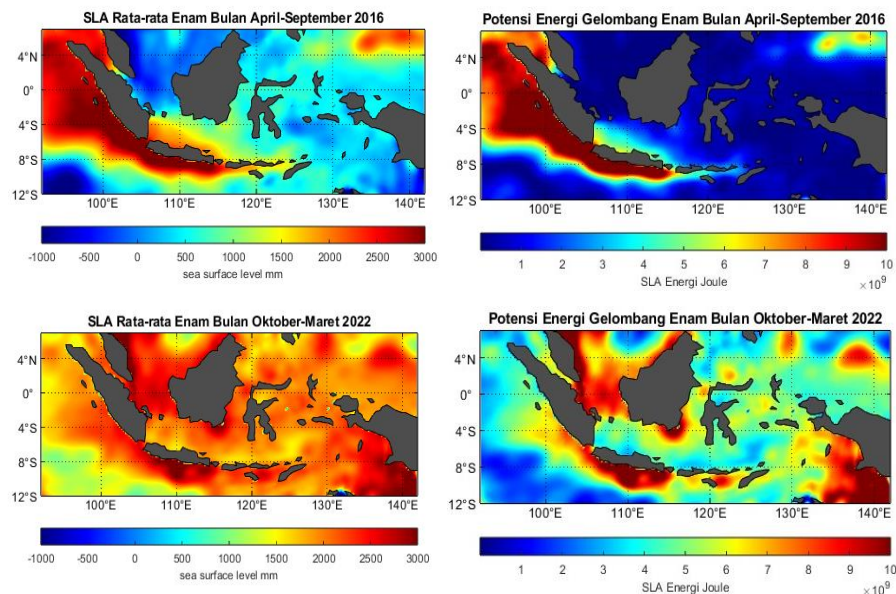
Gambar 2: Potensi Energi Tinggi Gelombang 3 Bulanan



Gambar 3: Potensi Energi Kuat Arus dalam Waktu 6 Bulan

Selain dari arus perairan Indonesia juga memiliki cadangan energi dari gelombang laut. Hal ini dapat dilihat dari luas garis pantai Indonesia, dimana garis pantai Indonesia memiliki 99.093 Km². Dengan memiliki garis pantai yang panjang memungkinkan gelombang laut di Indonesia

memiliki amplitude yang tinggi sehingga bisa dimanfaatkan untuk mendapatkan energy listrik. Dilihat dari gambar di bawah ini peta lokasi tinggi gelombang perairan Indonesia selama 6 bulan.



Gambar 4: Potensi Energi Tinggi Gelombang dalam Waktu 6 Bulan

Gambar 4 menyajikan wawasan penting mengenai pemanfaatan potensi energi dari arus

laut di Indonesia. Informasi yang ditampilkan memberikan gambaran tentang peluang dan

tantangan dalam pengembangan energi terbarukan. Gambar tersebut menunjukkan adanya variasi spasial dalam nilai SLA, dengan beberapa area yang memiliki nilai SLA yang lebih tinggi. Daerah-daerah dengan nilai SLA yang lebih tinggi cenderung memiliki arus laut yang lebih kuat, sehingga dapat diidentifikasi sebagai lokasi potensial untuk pengembangan energi arus laut. Misalnya, daerah di sekitar Selat Makassar, Laut Jawa, dan beberapa wilayah lainnya terlihat memiliki nilai SLA yang relatif tinggi.

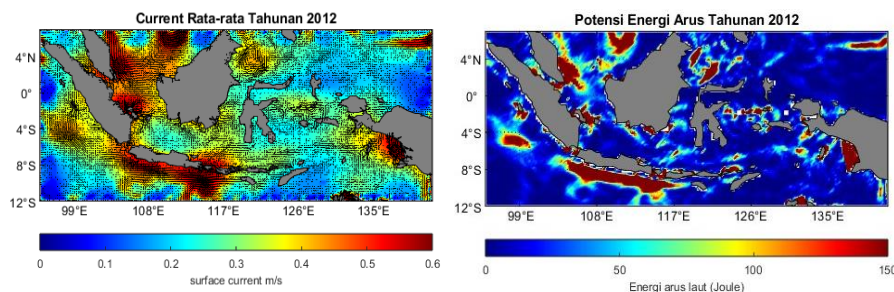
Perubahan pola SLA dari tahun ke tahun menunjukkan adanya dinamika yang terus terjadi dalam arus laut di Indonesia. Memahami variasi temporal ini dapat membantu dalam perencanaan dan pengembangan proyek energi arus laut yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi. Analisis tren musiman atau tahunan juga dapat memberikan wawasan tentang pola-pola arus laut yang dapat dimanfaatkan secara optimal.

Dengan memanfaatkan SLA ini, peneliti dapat mengidentifikasi lokasi-lokasi strategis untuk pengembangan proyek energi arus laut di Indonesia. Selanjutnya, data ini dapat digunakan

untuk perencanaan, evaluasi kelayakan, dan pengembangan teknologi yang sesuai untuk memaksimalkan pemanfaatan potensi energi arus laut yang tersedia.

Potensi Energi Dalam Waktu 1 Tahun Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki potensi energi dari arus laut yang sangat besar. Dengan ribuan pulau dan garis pantai yang panjang, arus laut di perairan Indonesia menawarkan peluang signifikan untuk menghasilkan energi terbarukan. Arus laut di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk posisi geografis yang strategis antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia, serta arus utama seperti Arus Lintas Equator.

Arus laut dilihat dari hasil simulasi dan perhitungan pada gambar dibawah ini. Energi yang dihasilkan pada perairan Indonesia terpusat pada selat, di mana arus pada setiap selat menandakan arus yang sangat besar. Hal ini disebabkan terjadi penyempitan ruang gerak arus sehingga kecepatan arus menjadi lebih tinggi.



Gambar 5. Potensi Eneгри Arus Laut dalam Waktu 1 Tahun

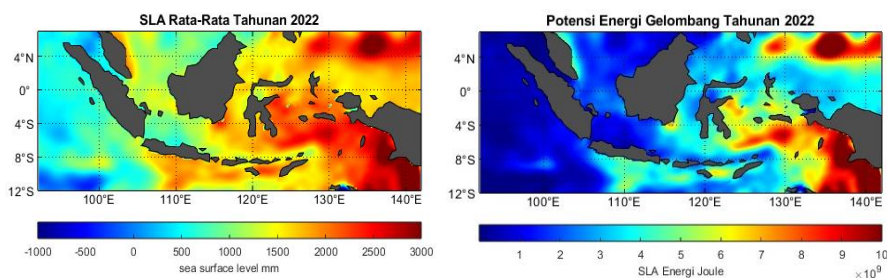
Gambar 5 menunjukkan bahwa secara umum, arus laut di wilayah Indonesia memiliki

kecepatan yang bervariasi. Data yang disajikan mencerminkan perbedaan kecepatan

arus di berbagai lokasi dan waktu. Terdapat beberapa area dengan kecepatan arus yang relatif tinggi, seperti di Selat Makassar, Laut Jawa, dan beberapa wilayah lainnya. Sementara itu, ada juga beberapa area dengan kecepatan arus yang lebih rendah. Variasi arus ini menunjukkan bahwa daerah-daerah tersebut memiliki potensi yang baik untuk pemanfaatan energi arus laut. Secara keseluruhan, data ini memberikan informasi penting tentang karakteristik arus laut di perairan Indonesia, yang dapat berguna untuk perencanaan dan pengembangan energi terbarukan berbasis arus laut di masa depan. Potensi energy yang dihasilkan bervariasi berdasarkan karakteristik arus pada setiap

wilayah. Potensi energi yang dihasilkan berkisar 120-150 Kwatt.

Selain dari arus perairan Indonesia juga memiliki cadangan energi dari gelombang laut. Hal ini dapat dilihat dari luas garis pantai Indonesia, di mana garis pantai Indonesia memiliki 99.093 Km². Dengan memiliki garis pantai yang panjang memungkinkan gelombang laut di Indonesia memiliki amplitude yang tinggi sehingga bisa dimanfaatkan untuk mendapatkan energy listrik. Dilihat dari gambar di bawah ini peta lokasi tinggi gelombang perairan Indonesia selama 1 tahun.



Gambar 6. Potensi Energi Tinggi Gelombang dalam Waktu 1 Tahun

Gambar tersebut mempresentasikan data *Sea Level Anomaly* (SLA) atau anomali tingkat permukaan laut di wilayah Indonesia. Terdapat variasi spasial yang signifikan dalam nilai SLA di seluruh wilayah, menunjukkan perbedaan yang mencolok pada tingkat permukaan laut. Beberapa area menunjukkan nilai SLA yang lebih tinggi (ditandai dengan warna merah/oranye), sementara area lain memiliki nilai SLA yang lebih rendah (ditandai dengan warna biru). Selain itu Perubahan temporal dari gambar diatas tampak ada perubahan dalam pola spasial dan nilai SLA. Hal ini menunjukkan dinamika

perubahan tingkat permukaan laut di Indonesia yang terus berfluktuasi dari waktu ke waktu. Anomali tingkat permukaan laut dapat memberikan informasi penting terkait dengan dampak perubahan iklim dan fenomena alam lainnya yang mempengaruhi lautan di sekitar Indonesia. Hal ini bisa dimanfaatkan untuk merubah nilai spasial diatas untuk dimanfaatkan sebagai energi terbarukan.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis potensi energi dari arus laut dan tinggi gelombang serta analisis

spasial dan temporal dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai potensi energi arus laut di Indonesia bervariasi secara spasial, dengan kecepatan arus tertinggi di Selat Makassar dan Laut Jawa, menghasilkan potensi energi antara 120-150 kW per wilayah. Potensi energi dari tinggi gelombang di Indonesia, dengan garis pantai sekitar 99.093 km, bervariasi antara 1,5 m hingga 3 m. Energi yang dapat dihasilkan mencapai sekitar 2,5 GW selama 3 bulan. Analisis spasial dan temporal menunjukkan variasi signifikan dalam nilai *Sea Level Anomaly* (SLA) di Indonesia, yang mencerminkan dinamika arus laut. Pemahaman tentang perubahan ini penting untuk perencanaan proyek energi arus laut yang adaptif, dan analisis tren musiman dapat membantu mengoptimalkan pemanfaatan pola arus laut.

DAFTAR PUSTAKA

1. ESDM. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) tahun 2015-2024. Jakarta: ESDM; 2015.
2. Allen J, Iglesias G, Greaves D, Miles J. Physical modelling of the effect on the wave field of the wavecat wave energy converter. *J Mar Sci Eng*. 2021;9(3).
3. Sutikno T, Purnama HS, Subrata AC, Pamungkas A, Arsadiando W, Wahono T. KONVERSI ENERGI: MANAJEMEN, PRINSIP, DAN APLIKASI. Asyhari B, editor. Yogyakarta: UAD PRESS; 2021.
4. Zhou Y. *Eco- and Renewable Energy Materials*. Beijing: Springer; 2013.
5. Silva D, Bento AR, Martinho P, Guedes Soares C. Corrigendum to “High resolution local wave energy modelling in the Iberian Peninsula” [*Energy* 91 (2015) 1099-1112]. *Energy* [Internet]. 2016;94:857–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.033>
6. López I, Pereiras B, Castro F, Iglesias G. Holistic performance analysis and turbine-induced damping for an OWC wave energy converter. *Renew Energy*. 2016;85:1155–63.
7. Bosserelle C, Reddy S, Krüger J. *Waves and Coasts in the Pacific : Cost analysis of wave energy in the Pacific*. Fiji: SCP; 2015.
8. Besio G, Mentaschi L, Mazzino A. Wave energy resource assessment in the Mediterranean Sea on the basis of a 35-year hindcast. *Energy* [Internet]. 2016;94:50–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.044>
9. Astariz S, Iglesias G. Co-located wind and wave energy farms: Uniformly distributed arrays. *Energy* [Internet]. 2016;113:497–508. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.069>
10. EPRI. *Mapping and Assessment of the United States Ocean Wave Energy Resources*. Palo Alto: EPRI; 2011.
11. Yuningsih A, Saputra MD. Assessment of Potential Marine Current Energy in the Straits of the Lesser Sunda Islands Kajian Potensi Energi Arus Laut Di Selat-Selat Kepulauan Sunda Kecil. *Bull Mar Geol*. 2021;36(1):27–36.
12. Wang S, Yuan P, Li D, Jiao Y. An overview of ocean renewable energy in China. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2011;15(1):91–111. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.040>
13. Anggraini TS, Santoso C. Development of ocean renewable

- energy model in indonesia to support eco-friendly energy. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci - ISPRS Arch.* 2023;48(M-3-2023):1-5.
14. Langodan, S., Viswanadhapalli, Y., Dasari, H. P., Knio, O., & Hoteit I. *Applied Energy.* 2016;181, 244-2.
15. Fraenkel P. Power from Marine Currents. *J Power Energy.* 2001;216(A1):1-14.