



Valuasi Ekonomi Tidak Langsung Jasa Ekosistem Mangrove sebagai Pelindung Alami Pesisir Berbasis GIS dan Metode Biaya Pengganti

(Indirect Economic Valuation of Mangrove Ecosystem Services as Nature-Based Coastal Protection: Using GIS and Replacement Cost Method)

Widyanti Utami A¹, Andi Mawaddah Zakiyah^{1*}, Ade Mulawarman², & Hendra³

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat, Jln Prof. Dr. Baharuddin Lopa, S.H., Kelurahan Talumung, Baurung, Kecamatan Banggae Timur, Kabupaten Majene, Sulawesi Barat, 91412, Indonesia

²Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, Jln Prof. Dr. Baharuddin Lopa, S.H., Kelurahan Talumung (Kecamatan Banggae Timur), Majene, Sulawesi Barat, 91412, Indonesia

³Pusat Studi Lingkungan dan Sumber Daya Hutan, Universitas Sulawesi Barat, Jln Prof. Dr. Baharuddin Lopa, S.H., Kelurahan Talumung (Kecamatan Banggae Timur), Majene, Sulawesi Barat, 91412, Indonesia

Informasi Artikel:

Submission : 13 Oktober 2025
Revised : 15 April 2026
Accepted : 18 Mei 2026
Published : 02 Juni 2026

*Penulis Korespondensi:

Andi Mawaddah Zakiyah
Program Studi Kehutanan, Fakultas
Pertanian dan Kehutanan, Universitas
Sulawesi Barat, Jln Prof. Dr. Baharuddin
Lopa, S.H., Kelurahan Talumung,
Baurung, Kecamatan Banggae Timur,
Kabupaten Majene, Sulawesi Barat,
91412, Indonesia
e-mail: a.mawaddahzakiyah@unsulbar.ac.id
Telp: +62 852-9978-2256

Makila 20 (1) 2026: 40-52

DOI:

<https://doi.org/10.30598/makila.v20i1.22333>



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the
[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Copyright ©2026 Author(s): Widyanti Utami
A, Andi Mawaddah Zakiyah, Ade
Mulawarman & Hendra
Journal homepage:
<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/makila>
Journal e-mail: makilajournal@gmail.com

Research Article · [Open Access](#)

ABSTRACT

This study aims to estimate the indirect economic value of mangrove ecosystem services as a natural coastal barrier using a Geographic Information System (GIS) approach and the replacement cost method. The study was conducted in Tubo Sendana District, Majene Regency, West Sulawesi Province, a coastal area with high levels of abrasion and mangrove degradation. Spatial analysis was conducted using Sentinel-2 imagery to identify the distribution, density, and length of mangrove vegetation lines (PGVM). Meanwhile, an economic analysis was conducted by comparing the protective function of mangroves with the cost of building coastal protection infrastructure in the form of concrete embankments. The results showed that the length of mangrove vegetation reached 2,960 meters with a total area of 34.29 ha and varying levels of vegetation density. The indirect economic value of mangroves as a coastal barrier is estimated at approximately IDR 16.87 billion, which represents the replacement cost if this function is replaced by artificial infrastructure. On an annual basis, this value shows significant economic efficiency compared to a hard infrastructure-based protection approach. In addition, the results of the NDVI analysis indicate a mangrove zoning pattern that can be used as a basis for ecosystem-based coastal management. This research confirms that mangroves not only serve ecological functions but also constitute natural infrastructure with high economic value. The integration of spatial approaches and economic valuation provides a strong scientific basis for supporting the formulation of sustainable coastal management policies based on ecosystems and the blue economy.

KEYWORDS: Mangrove Ecosystem, Indirect Economic Valuation, Replacement Cost Method, GIS, Coastal Protection, Ecosystem Services

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai ekonomi tidak langsung jasa ekosistem mangrove sebagai pelindung alami pesisir dengan menggunakan pendekatan *Geographic Information System* (GIS) dan metode biaya pengganti (*replacement cost*). Penelitian dilakukan di Kecamatan Tubo Sendana, Kabupaten Majene, Provinsi Sulawesi Barat, yang merupakan wilayah pesisir dengan tingkat abrasi tinggi dan mengalami degradasi mangrove. Analisis spasial dilakukan menggunakan citra Sentinel-2 untuk mengidentifikasi distribusi, kepadatan, dan panjang garis vegetasi mangrove (PGVM). Sementara itu, analisis ekonomi dilakukan dengan membandingkan fungsi perlindungan mangrove terhadap biaya pembangunan infrastruktur proteksi pantai berupa tanggul beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang vegetasi mangrove mencapai 2.960 meter dengan luas total 34,29 ha dan variasi tingkat kepadatan vegetasi. Nilai ekonomi tidak langsung mangrove sebagai pelindung pesisir diperkirakan sebesar $\pm$ Rp16,87 miliar, yang merepresentasikan biaya pengganti apabila fungsi tersebut digantikan oleh infrastruktur buatan. Secara tahunan, nilai ini menunjukkan efisiensi ekonomi yang signifikan dibandingkan pendekatan proteksi berbasis infrastruktur keras. Selain itu, hasil analisis NDVI menunjukkan pola zonasi mangrove yang dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan pesisir berbasis ekosistem. Penelitian ini menegaskan bahwa mangrove tidak hanya memiliki fungsi ekologis, tetapi juga merupakan infrastruktur alami yang bernilai ekonomi tinggi. Integrasi pendekatan spasial dan valuasi ekonomi memberikan dasar ilmiah yang kuat dalam mendukung perumusan kebijakan pengelolaan pesisir berkelanjutan berbasis ekosistem dan ekonomi biru.

KATA KUNCI : Ekosistem Mangrove, Valuasi Ekonomi Tidak Langsung, Metode Biaya Pengganti, GIS, Perlindungan Pesisir, Jasa Ekosistem

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan bagian penting dari nature-based solutions dalam mitigasi risiko pesisir, khususnya dalam mereduksi energi gelombang, mencegah abrasi, serta meningkatkan ketahanan wilayah pesisir terhadap perubahan iklim dan bencana hidrometeorologi. Selain fungsi ekologis tersebut, mangrove juga menyediakan berbagai jasa ekosistem yang bernilai ekonomi, baik secara langsung maupun tidak langsung, seperti perlindungan garis pantai, penyediaan habitat biota, serta penyerapan karbon (*carbon sequestration*) (Arkham *et al.*, 2023; Barbier, 2016; Dewanti *et al.*, 2023). Pembangunan berkelanjutan menjadi konsep dalam pemanfaatan mangrove sebagai solusi berbasis alam yang dinilai lebih efisien dan berkelanjutan dibandingkan pembangunan infrastruktur keras seperti tanggul beton, terutama dalam jangka panjang (As-syakur *et al.*, 2023).

Namun demikian, sebagian besar studi valuasi ekonomi mangrove masih berfokus pada nilai guna langsung, seperti hasil perikanan dan kayu, sementara nilai ekonomi tidak langsung sebagai jasa perlindungan pesisir masih relatif kurang dikaji secara komprehensif, khususnya dengan pendekatan spasial berbasis *Geographic Information System* (GIS). Pendekatan spasial sangat penting untuk memahami distribusi, kepadatan, dan efektivitas mangrove dalam mereduksi energi gelombang secara lebih akurat dan kontekstual (Gandri *et al.*, 2023; Sribianti *et al.*, 2021). Keterbatasan kajian yang mengintegrasikan valuasi ekonomi tidak langsung dengan analisis spasial menyebabkan kurang optimalnya pemanfaatan data ilmiah dalam mendukung kebijakan pengelolaan pesisir berbasis ekosistem.

Kabupaten Majene sebagai salah satu wilayah pesisir di Provinsi Sulawesi Barat menghadapi tekanan abrasi yang cukup tinggi, diperparah oleh degradasi ekosistem mangrove akibat aktivitas antropogenik dan alih fungsi lahan. Sisi lain menunjukkan keterbatasan infrastruktur proteksi pesisir seperti tanggul beton menjadikan wilayah ini rentan terhadap gelombang ekstrem dan perubahan dinamika garis pantai (Hendarto & Yuniwati, 2024; Maulani *et al.*, 2021). Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan alternatif yang lebih berkelanjutan, yaitu melalui optimalisasi fungsi mangrove sebagai pelindung alami pesisir yang tidak hanya efektif secara ekologis, tetapi juga bernilai ekonomis.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai ekonomi tidak langsung jasa ekosistem mangrove sebagai pelindung pesisir menggunakan pendekatan GIS dan metode *replacement cost*, serta menganalisis implikasinya terhadap kebijakan pengelolaan pesisir berkelanjutan di Kabupaten Majene. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai nilai jasa perlindungan pesisir yang disediakan oleh mangrove, sekaligus memperkuat dasar ilmiah dalam perumusan kebijakan berbasis data spasial.

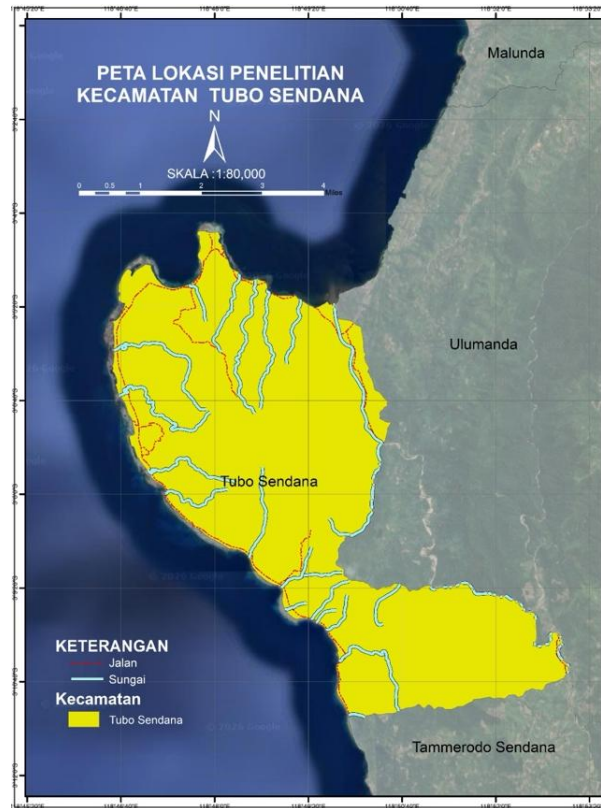
Studi ini memberikan kontribusi ilmiah berupa integrasi antara analisis spasial berbasis GIS dengan pendekatan valuasi ekonomi tidak langsung dalam konteks jasa ekosistem mangrove, yang masih relatif terbatas. Selain itu, penelitian ini juga menawarkan pendekatan aplikatif dalam mendukung penguatan kebijakan *Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil* (RZWP3K) berbasis ekonomi biru, melalui pemanfaatan data spasial dan valuasi ekonomi sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih komprehensif dan berkelanjutan

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Tubo Sendana, Kabupaten Majene, Provinsi Sulawesi Barat. Wilayah ini merupakan kawasan pesisir yang memiliki ekosistem mangrove dengan tingkat tekanan abrasi yang cukup tinggi serta mengalami perubahan penggunaan lahan akibat aktivitas antropogenik. Secara geografis, kawasan ini memiliki karakteristik pesisir terbuka yang

rentan terhadap energi gelombang laut, sehingga menjadikan mangrove sebagai komponen penting dalam perlindungan alami pesisir. Peta lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif yang terdiri dari data spasial dan data ekonomi. Data spasial meliputi citra satelit dan peta dasar wilayah pesisir yang digunakan untuk mengidentifikasi distribusi, panjang, dan kepadatan vegetasi mangrove. Data tersebut diperoleh dari citra penginderaan jauh serta hasil interpretasi visual melalui perangkat lunak GIS. Sementara itu, data ekonomi berupa biaya pembangunan infrastruktur proteksi pantai (tanggul beton) diperoleh dari dokumen teknis pemerintah daerah dan sumber sekunder terkait estimasi biaya konstruksi. Data ini digunakan sebagai dasar dalam pendekatan valuasi ekonomi tidak langsung melalui metode biaya pengganti (*replacement cost method*). Jenis dan sumber data penelitian disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Jenis dan Sumber Data Penelitian

No.	Jenis Data	Kategori	Sumber Data	Fungsi Analisis
1	Data penginderaan jauh	Sekunder	Citra Sentinel-2 (2025), Copernicus Open Access Hub	Analisis NDVI dan klasifikasi kepadatan mangrove
2	Data spasial garis pantai	Primer	Hasil digitasi citra satelit (GIS)	Perhitungan panjang garis vegetasi mangrove (PGVM)
3	Data tutupan mangrove	Primer	Hasil interpretasi NDVI dan digitasi	Analisis luas dan distribusi kepadatan mangrove
4	Data biaya konstruksi	Sekunder	Standar biaya Kementerian PUPR / literatur terkait	Analisis valuasi ekonomi metode replacement cost

Analisis Data

Analisis Spasial

Analisis spasial dilakukan menggunakan GIS melalui teknik digitasi layar (*on-screen digitizing*) untuk mengidentifikasi Panjang Garis Vegetasi Mangrove (PGVM), luas tutupan, dan distribusi kerapatan mangrove. Data utama yang digunakan berupa citra satelit Sentinel-2 tahun 2025 dengan resolusi spasial 10 m yang diperoleh dari *Copernicus Open Access Hub*. Citra ini dipilih karena memiliki resolusi tinggi dan kanal spektral yang mendukung analisis vegetasi melalui *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), sehingga mampu meningkatkan akurasi identifikasi tutupan mangrove di wilayah pesisir (As-syakur *et al.*, 2023).

Tahapan analisis meliputi *pre-processing* (koreksi radiometrik dan geometrik), interpretasi visual, serta digitasi manual untuk mengekstraksi batas mangrove dan menghitung PGVM sebagai indikator fungsi perlindungan pesisir. Analisis kerapatan vegetasi dilakukan dengan menghitung nilai NDVI dan mengklasifikasikannya ke dalam kelas rendah, sedang, dan tinggi untuk menggambarkan kondisi kesehatan vegetasi dan efektivitasnya dalam mereduksi energi gelombang. Pendekatan GIS memungkinkan integrasi analisis spasial dan kuantitatif secara sistematis, sehingga menghasilkan informasi yang akurat mengenai distribusi dan kondisi mangrove serta mendukung perencanaan pengelolaan pesisir berbasis data spasial (Gandri *et al.*, 2023; Sribianti *et al.*, 2021)

Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *Indirect Economic Valuation using Replacement Cost Approach*, yaitu metode yang mengestimasi nilai ekonomi jasa ekosistem berdasarkan biaya yang diperlukan untuk menggantikan fungsi ekologis tersebut dengan infrastruktur buatan. Konteks penelitian ini menunjukkan fungsi perlindungan pesisir yang diberikan oleh mangrove diasumsikan setara dengan fungsi tanggul beton sebagai infrastruktur proteksi pantai. Oleh karena itu, nilai ekonomi tidak langsung mangrove dihitung berdasarkan biaya pembangunan tanggul beton yang memiliki fungsi serupa dalam mereduksi energi gelombang dan mencegah abrasi. Pendekatan ini banyak digunakan dalam studi valuasi jasa ekosistem karena mampu memberikan estimasi nilai ekonomi yang representatif terhadap manfaat ekologis yang tidak memiliki harga pasar secara langsung. Rumus berikut mengacu pada pendekatan valuasi biaya pengganti (*replacement cost*) yang umum digunakan dalam penilaian jasa perlindungan pesisir oleh ekosistem mangrove (Barbier, 2016). Nilai ekonomi tidak langsung (*Indirect Economic Value / IEV*) dihitung menggunakan rumus.

$$IEV = PGVM \times B \quad (1)$$

Sedangkan untuk nilai tahunan:

$$IEV_{annual} = \frac{PGVM \times B}{Dt} \quad (2)$$

Keterangan:

- IEV = Indirect Economic Value (Rp)
- PGVM = Panjang Garis Vegetasi Mangrove (m)
- B = Biaya pembangunan tanggul (Rp/m)
- Dt = Umur teknis infrastruktur (tahun)

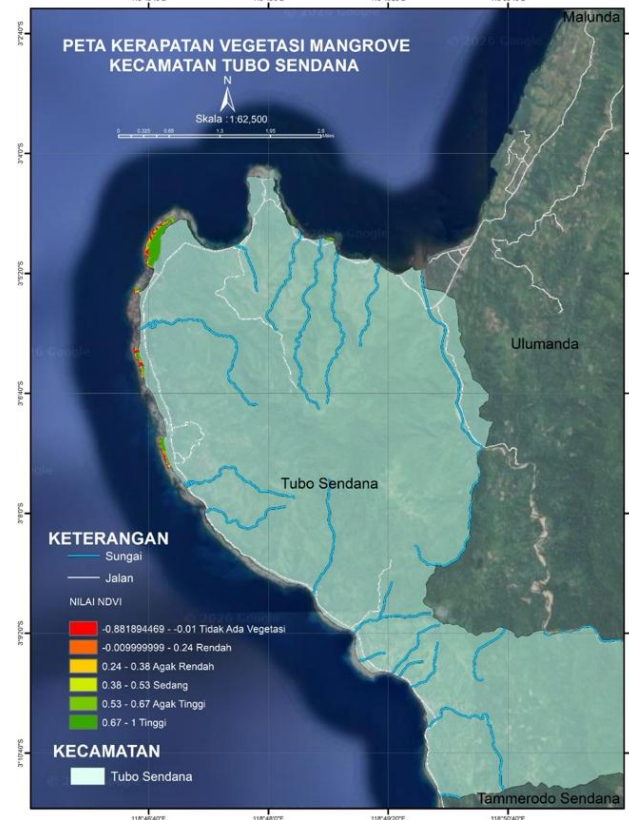
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Spasial Mangrove

Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa panjang vegetasi mangrove di Kecamatan Tubo Sendana mencapai 2.960 meter dengan luas total kawasan mangrove sekitar 34,29 ha. Distribusi kerapatan vegetasi mangrove terbagi ke dalam beberapa kelas, yaitu agak rendah 1,46 ha; rendah 1,44 ha; sedang 2,11 ha; agak tinggi 3,11 ha; tinggi 20,2 ha; dan tanpa vegetasi 5,9 ha. Kelas kerapatan tinggi dan sedang ditemukan pada zona muara dan delta kecil dengan dominasi *Rhizophora sp.* dan *Sonneratia sp.*, sedangkan area tanpa vegetasi didominasi substrat pasir terbuka yang berpotensi untuk rehabilitasi. Karakteristik ekosistem mangrove ini, dengan dominasi *Rhizophora*, menunjukkan kemampuan adaptasi terhadap kondisi pasang surut dan stabilitas substrat, meskipun keberadaan area tanpa vegetasi mengindikasikan perlunya intervensi restorasi. Hal ini menunjukkan adanya potensi besar untuk melakukan rehabilitasi dan reforestasi di area tersebut guna memperkuat fungsi ekologis dan ekonomis mangrove sebagai penahan ombak serta meningkatkan ketahanan pesisir Kabupaten Majene (Maulani *et al.*, 2021). Selain itu, ekosistem mangrove secara alami dapat mereduksi erosi pantai, mengurangi kekuatan gelombang tsunami, dan meningkatkan pasokan udara bersih, sekaligus menjadi habitat penting bagi biota laut dan potensi pengembangan ekowisata berkelanjutan (Widodasih *et al.*, 2023). Peta panjang dan kerapatan vegetasi mangrove disajikan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Peta Panjang Vegetasi Mangrove Kecamatan Tubo Sendana



Gambar 3. Peta Kerapatan Vegetasi Mangrove Kecamatan Tubo Sendana

Valuasi Ekonomi Tidak Langsung Mangrove

Nilai ekonomi tidak langsung jasa ekosistem mangrove sebagai pelindung pesisir dihitung menggunakan pendekatan *replacement cost*, yaitu dengan mengestimasi biaya pembangunan tanggul beton yang memiliki fungsi protektif setara. Pendekatan ini mengacu pada standar biaya konstruksi infrastruktur proteksi pantai yang digunakan sebagai proksi nilai pengganti jasa ekosistem (Maulana *et al.*, 2025).

Nilai ekonomi vegetasi mangrove sebagai penahan ombak dihitung berdasarkan biaya pembangunan tanggul beton di sepanjang garis pantai setara panjang 2.960 meter. Berdasarkan data teknis Dinas PUPR Kabupaten Polewali Mandar Sulawesi Barat pada tahun 2022, biaya pembangunan pemecah ombak jenis *breakwater* sebesar Rp5.699.770 per meter dengan umur pakai 10 tahun. Secara umum, pembangunan tanggul pantai di wilayah pesisir Indonesia memerlukan biaya antara Rp5.000.000 hingga Rp8.000.000 per meter (Djamaluddin, 2025). Maka nilai ekonomi vegetasi mangrove dengan pendekatan *replacement cost* diperkirakan sebesar:

$$IEV = 2.960 \text{ m} \times \text{Rp}5.699.770/\text{m} = \text{Rp}16.871.319.200 \quad (3)$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa ekosistem mangrove memiliki nilai ekonomi tidak langsung sebesar ± Rp16,87 miliar sebagai *replacement value* dari fungsi perlindungan pantai. Untuk memperoleh nilai tahunan, dilakukan konversi dengan mempertimbangkan umur teknis infrastruktur proteksi pantai selama 10 tahun, yaitu:

$$IEV_{\text{tahunan}} = \frac{\text{Rp}16.871.319.200}{10} = \text{Rp}1.687.131.920/\text{tahun} \quad (4)$$

Hal tersebut merefleksikan biaya yang harus dikeluarkan jika fungsi protektif tersebut digantikan oleh infrastruktur buatan (Laia *et al.*, 2023). Nilai ini mencerminkan efisiensi biaya perlindungan pesisir yang disediakan oleh ekosistem mangrove dibandingkan dengan pembangunan infrastruktur buatan. Strategi pengelolaan pesisir yang terintegrasi dan melibatkan partisipasi aktif masyarakat menjadi krusial untuk menjaga kelestarian ekosistem mangrove di Kabupaten Majene, mengingat perannya yang multidimensional sebagai penahan ombak dan sumber nilai ekonomi berkelanjutan (Handayani *et al.*, 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mangrove di Tubo Sendana berperan penting dalam menjaga stabilitas garis pantai dan menahan energi gelombang. Panjang vegetasi yang mencapai 2,96 km berfungsi sebagai benteng alami yang berdasarkan studi sebelumnya menunjukkan bahwa mangrove mampu mengurangi energi gelombang hingga 60–70% (Moller *et al.*, 2014), sehingga temuan ini mengindikasikan fungsi protektif yang sejalan dengan literatur. Kerapatan tinggi terbukti memberikan perlindungan lebih efektif dibandingkan area terbuka, serta adanya korelasi positif antara kerapatan vegetasi dan efektivitas perlindungan pantai. Selain itu, sistem perakaran mangrove yang unik terbukti efektif dalam membatasi paparan sedimen terhadap energi

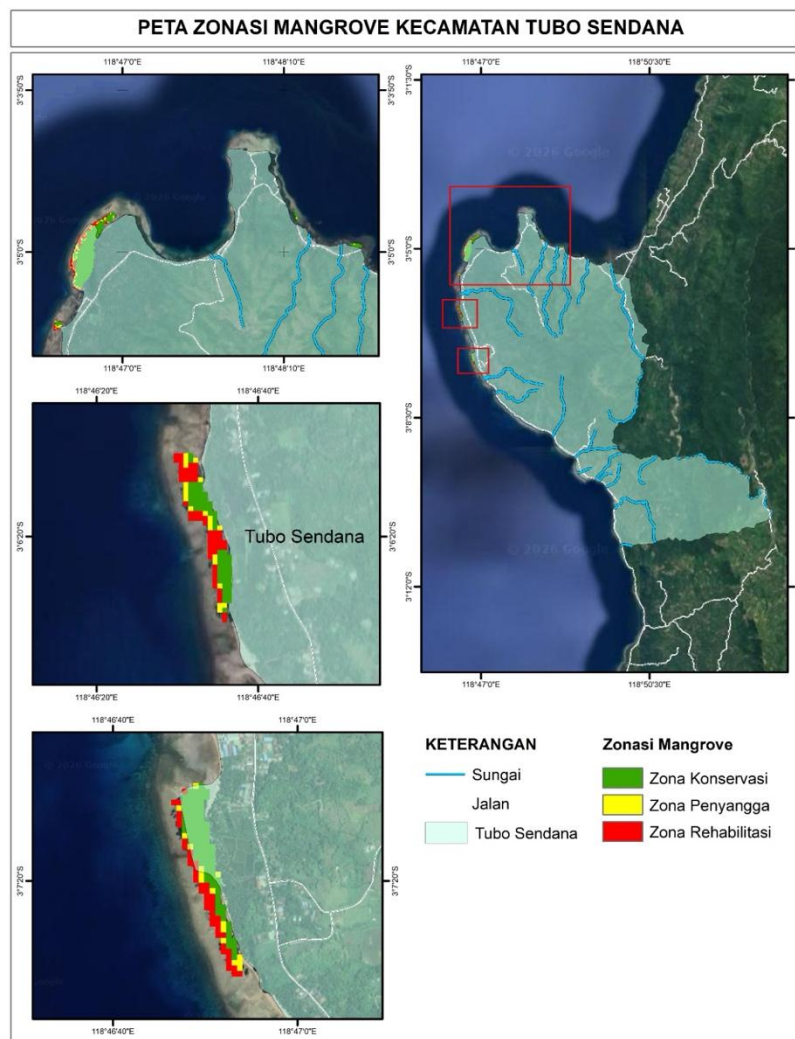
gelombang, mengikat sedimen, dan mengkonsolidasikan tanah, sehingga mengurangi efek erosi dan mendorong stabilisasi tanah secara signifikan (Hashim & Suratman, 2021)

Secara ekonomi, nilai Rp 16,87 miliar yang dihasilkan menunjukkan bahwa ekosistem mangrove memiliki nilai strategis setara dengan investasi infrastruktur fisik. Namun, berbeda dengan tanggul beton, mangrove tidak hanya melindungi pantai, tetapi juga mendukung produktivitas perikanan, penyerapan karbon, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat lokal. Ekowisata mangrove, sebagai contoh pemanfaatan jasa lingkungan, telah terbukti mendatangkan pendapatan signifikan bagi masyarakat lokal, menunjukkan potensi ekonomi berkelanjutan dari pemanfaatan jasa lingkungan ini (Handayani *et al.*, 2023). Selain itu, ekosistem mangrove juga memberikan manfaat ekologis penting lainnya, seperti perlindungan dari badai dan tsunami, menjaga keanekaragaman hayati laut, serta menyediakan habitat bagi berbagai spesies ikan dan biota perairan lainnya (Damastuti & Groot, 2018; Dewanti *et al.*, 2023).

Implikasi Kebijakan Pengelolaan Mangrove Berbasis Spasial dan Ekonomi

Hasil analisis spasial berbasis *Geographic Information System* (GIS) dan klasifikasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) menunjukkan bahwa distribusi mangrove di Kecamatan Tubo Sendana memiliki pola zonasi yang jelas berdasarkan tingkat kerapatan vegetasi. Pola ini memberikan dasar ilmiah yang kuat dalam mendukung perumusan kebijakan pengelolaan pesisir berbasis ekosistem (*ecosystem-based management*). Integrasi data spasial ini ke dalam instrumen Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) memungkinkan penetapan kriteria kawasan lindung yang lebih presisi berdasarkan kerentanan ekologis (Sambah *et al.*, 2020).

Zonasi mangrove yang terbagi menjadi zona konservasi, zona penyangga, dan zona rehabilitasi dapat diintegrasikan secara langsung ke dalam instrumen kebijakan spasial, khususnya dalam implementasi Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K). Zona dengan kerapatan sedang hingga tinggi perlu ditetapkan sebagai kawasan lindung karena memiliki fungsi protektif optimal terhadap abrasi dan gelombang. Sementara itu, zona dengan kerapatan rendah hingga tanpa vegetasi dapat diprioritaskan sebagai kawasan rehabilitasi melalui program restorasi mangrove berbasis masyarakat. Peta zonasi mangrove di Kecamatan Tubo Sendana disajikan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Peta Zonasi Vegetasi Mangrove Kecamatan Tubo Sendana

Selain itu, hasil valuasi ekonomi yang menunjukkan nilai mangrove sebagai *natural infrastructure* memperkuat argumen bahwa konservasi mangrove bukan hanya penting secara ekologis, tetapi juga rasional secara ekonomi. Integrasi nilai ekonomi ini ke dalam kebijakan perencanaan wilayah dapat mendorong pengambilan keputusan yang lebih efisien, terutama dalam memilih antara pendekatan berbasis alam dan pembangunan infrastruktur buatan. Implementasi kebijakan tersebut menuntut sinergi lintas sektoral yang kuat serta adopsi teknologi pemantauan citra satelit secara berkala guna memastikan zonasi yang ditetapkan tetap adaptif terhadap dinamika tutupan lahan (Hanan *et al.*, 2020).

Implikasi kebijakan lainnya adalah perlunya penguatan pendekatan ekonomi biru (*blue economy*) dalam pengelolaan wilayah pesisir Sulawesi Barat. Pemanfaatan mangrove secara berkelanjutan, seperti melalui pengembangan ekowisata dan perhutanan sosial, dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat tanpa mengorbankan fungsi ekologisnya. Hal ini sejalan dengan upaya pembangunan berkelanjutan yang mengintegrasikan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial secara simultan. Implementasi kebijakan ini menuntut adanya sinkronisasi data spasial yang akurat

serta integrasi neraca sumber daya alam ke dalam perencanaan wilayah guna memitigasi risiko deplesi dan degradasi ekosistem (Anwar & Farhaby, 2021; Widiastuti *et al.*, 2016). Selain itu, penguatan kerangka regulasi harus memastikan bahwa setiap zona fungsional memiliki kekuatan hukum yang tegas guna mencegah alih fungsi lahan yang tidak terkendali (Joandani *et al.*, 2019).

Tantangan koordinasi antarlembaga yang kerap memicu tumpang tindih kepentingan harus diselesaikan melalui integrasi kebijakan lintas sektoral untuk memastikan kepatuhan terhadap zonasi yang telah ditetapkan (Fatimah *et al.*, 2022; Mulyawan *et al.*, 2017). Selaras dengan target pembangunan rendah karbon nasional, penguatan partisipasi aktif masyarakat lokal dalam kegiatan restorasi dan monitoring menjadi krusial untuk menjamin keberlanjutan fungsi ekologis jangka panjang (Kepel, 2019; Yulianto *et al.*, 2025). Sehingga, hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam menyediakan dasar spasial dan ekonomi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam perumusan kebijakan pengelolaan pesisir yang lebih adaptif, berbasis data, dan berorientasi pada keberlanjutan jangka panjang.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove di Kecamatan Tubo Sendana memiliki peran strategis sebagai pelindung alami pesisir, baik secara ekologis maupun ekonomis. Hasil analisis spasial berbasis GIS menunjukkan bahwa panjang vegetasi mangrove mencapai 2.960 meter dengan luas 34,29 ha dan distribusi kerapatan yang bervariasi, dan kerapatan tinggi memberikan kontribusi paling signifikan terhadap fungsi perlindungan pantai. Berdasarkan pendekatan *replacement cost*, nilai ekonomi tidak langsung jasa perlindungan pesisir oleh mangrove diperkirakan sebesar ± Rp16,87 miliar, yang mencerminkan besarnya biaya yang harus dikeluarkan apabila fungsi tersebut digantikan oleh infrastruktur buatan. Nilai ini menegaskan bahwa mangrove merupakan bentuk *natural infrastructure* yang efisien dan berkelanjutan dibandingkan pembangunan tanggul beton. Selain itu, hasil klasifikasi NDVI menunjukkan adanya zonasi mangrove yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pengelolaan pesisir berbasis ekosistem, yaitu zona konservasi, penyangga, dan rehabilitasi. Integrasi antara analisis spasial dan valuasi ekonomi dalam penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat dalam mendukung perumusan kebijakan RZWP3K serta pengembangan konsep ekonomi biru di wilayah pesisir. Dengan demikian, pengelolaan mangrove yang berkelanjutan melalui konservasi, rehabilitasi, serta pelibatan masyarakat menjadi langkah kunci untuk menjaga fungsi ekologis dan meningkatkan nilai ekonomi jangka panjang. Penelitian ini menegaskan pentingnya menjadikan mangrove sebagai prioritas utama dalam strategi mitigasi bencana pesisir berbasis solusi alami.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada LPPM Universitas Sulawesi Barat yang menjadi pemberi dana hibah di dalam riset ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang berkontribusi sehingga kegiatan penelitian dan penulisan artikel ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M. S., & Farhaby, A. M. (2021). Analisis Kebijakan Pemanfaatan Lahan dalam Wilayah Hutan Mangrove di Provinsi Bangka Belitung. *University Of Bengkulu Law Journal*. Vol 6(1): 20. <https://doi.org/10.33369/ubelaj.6.1.20-38>
- Arkham, M. N., Riadi, S., Wahyudin, Y., & Krisnafi, Y. (2023). Economic Value of Mangrove Ecosystem Services in the Coastal Area of Bintan Island, Indonesia. *Wetlands Ecology and Management*. Vol 32(5): 727. <https://doi.org/10.1007/s11273-023-09955-y>
- As-syakur, Abd. R., Aryunisha, P. E. P., Wijana, I. M. S., Novanda, I. G. A., Dewi, I. G. A. I. P., Andiani, A. A. E., Premananda, M. G., & Sugiana, I. P. (2023). Comparison of Mangrove Canopy Covering Accuracy Using Landsat 8 and Landsat 9 Imagery Based on Several Vegetation Indices in West Bali National Park. *E3S Web of Conferences*, 442, 3001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344203001>
- Barbier, E. B. (2016). The Protective Service of Mangrove Ecosystems: A Review of Valuation Methods [Review of The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods]. *Marine Pollution Bulletin*, Vol 109(2): 676. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.033>
- Damastuti, E., & Groot, R. S. (2018). Participatory Ecosystem Service Mapping to Enhance Community-based Mangrove Rehabilitation and Management in Demak, Indonesia. *Regional Environmental Change*. Vol 19(1): 65. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1378-7>
- Dewanti, T. T., Harsen, F., Apsari, N. C., Raharjo, S. T., Humaedi, S., Taftazani, B. M., & Santoso, M. B. (2023). Jaga Pesisir Kita: Pengelolaan Potensi Lingkungan Pesisir Melalui Pemberdayaan Masyarakat di Pangempang, Kecamatan Muara Badak. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (JPPM)*. Vol 4(1): 43. <https://doi.org/10.24198/jppm.v4i1.49831>
- Djamaluddin, A. (2025). Reklamasi Pantai: Pengembangan Pelabuhan dan Terminal. AMU Press, 1-272. <https://ejournal.amertamedia.co.id/index.php/press/article/view/544/275>
- Fatimah, A. N., Hadi, S. P., & Kismartini, K. (2022). Implementasi Kebijakan Konservasi Hutan Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Cilacap. *Kebijakan Jurnal Ilmu Administrasi*. Vol 13(2): 129-135. <https://doi.org/10.23969/kebijakan.v13i2.5279>
- Gandri, L., Indriyani, L., Bana, S., Ahmaliun, L. D., Alwi, L. O., & Fitriani, V. (2023). Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove untuk Perencanaan Pengelolaan Konservasi Perairan Berkelanjutan di Teluk Moramo. *Jurnal Perencanaan Wilayah*. Vol 8(1): 107. <https://doi.org/10.33772/jpw.v8i1.380>
- Hanan, A. F., Pratikto, I., & Soenardjo, N. (2020). Analisa Distribusi Spasial Vegetasi Mangrove di Desa Pantai Mekar Kecamatan Muara Gembong. *Journal of Marine Research*. Vol 9(3): 271. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27573>
- Handayani, E. A., Sugiarti, A., & Burhani, S. (2023). Partisipasi Masyarakat dalam Mendukung Konservasi Ekosistem Mangrove di Kawasan Ekowisata Luppung, Kabupaten Bulukumba. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*. Vol 18(1): 15-23. <https://doi.org/10.15578/jsekp.v18i1.11339>

- Hashim, T. M. Z. T., & Suratman, M. N. (2021). Mangroves as a Carbon Sink/Stocks. In Springer eBooks (p. 157). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2494-0_7
- Hendarto, T., & Yuniwati, E. D. (2024). Ecosystem Services-based Mangrove Forest with Management Model Strategies, Sustainability of Coastal Natural Resources. *Brazilian Journal of Biology*. Vol 84. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.280083>
- Joandani, G. K., Rudhi, P., & Chrisna, A. S. (2019). Kajian Potensi Pengembangan Ekowisata sebagai Upaya Konservasi Mangrove di Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. *Journal of Marine Research*. Vol 8(1): 117-126. <https://doi.org/10.14710/jmr.v8i1.24337>
- Kepel, T. L. (2019). Carbon Storage of Mangrove Ecosystem in North Sulawesi and Its Implications to Climate Change Mitigation Action. *Jurnal Kelautan Nasional*. Vol 14(2): 87-94. <https://doi.org/10.15578/jkn.v14i2.7711>
- Laia, D. Y. W., Sinaga, R. R. K., Ghivarry, G., Sukmawijaya, A., Andrito, W., Hanif, A., Irfansyah, R., & Febrianto, T. (2023). Aboveground Biomass Estimation of Mangrove Ecosystem in the Anambas Islands Using Remote Sensing Data. *BIO Web of Conferences*, 70, 3005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237003005>
- Maulana, M. S., Immy, S. R., & Isrowati. (2025). Economic Valuation of Mangrove Ecosystem for Sustainable Management in South Lembar District, West Lombok Regency. *Journal of Biology, Environment, and Edu-Tourism*. Vol 1(1): 7-16. <https://journals.widhatulfaeha.id/index.php/jbee/article/view/12/2>
- Maulani, A., Taufiq-Spij, N., & Pratikto, I. (2021). Perubahan Lahan Mangrove di Pesisir Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat. *Journal of Marine Research*. Vol 10(1): 55. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i1.28396>
- Moller, I., et al. (2014). Wave Attenuation Over Coastal Salt Marshes Under Storm Surge Conditions. *Nature Geoscience*, 7, 727-731. <https://doi.org/10.1038/ngeo2251>
- Mulyawan, I., Zamroni, A., & Priyatna, F. N. (2017). Kajian Keberlanjutan Pengelolaan Budidaya Ikan Bandeng di Gresik. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*. Vol 6(1): 25. <https://doi.org/10.15578/jksekp.v6i1.2607>
- Sambah, A. B., Affandy, D. P., Luthfi, O. M., & Efani, A. (2020). Identifikasi dan Analisis Potensi Wilayah Pesisir Sebagai Dasar Pemetaan Kawasan Konservasi di Pesisir Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*. Vol 5(2): 61. <https://doi.org/10.20956/jiks.v5i2.8933>
- Sribianti, I., Muthmainnah, M., Hikmah, & Kiswandi. (2021). Economic Valuation of Mangrove Ecosystem Environmental Services based on Green Economy. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 886(1), 12116. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/886/1/012116>
- Widiastuti, M. M., Ruata, N. N., & Arifin, T. (2016). Valuasi Ekonomi Ekosistem Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Merauke. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*. Vol 11(2): 147. <https://doi.org/10.15578/jsekp.v11i2.3856>
- Widodasih, W. ken, Rochayata, K. S. B., & Kurniadi, N. T. (2023). Penanaman Mangrove sebagai Upaya Pencegahan Abrasi di Pesisir Pantai Bahagia Cabang Bungin Muara Gembong. *Lentera Pengabdian*. Vol 1(1): 53. <https://doi.org/10.59422/lp.v1i01.12>
- Yulianto, F., Basyuni, M., Mardiatno, D., Ardiati, A. S., Kusuma, I. K. T. W., Purnomo, M. B., Kongko, W., Wardani, K. S., Fachrudin, I., Baba, S., & Miyagi, T. (2025). Long-term Monitoring of Mangrove Restoration and Carbon Dynamics in Tanjung Benoa, Bali, Indonesia: An Assessment Approach Using Combination Remote Sensing and Field Surveys. *Research Square (Research Square)*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6779800/v1>