

Perisai Alam Tropis: Estuari dan Mangrove dalam Perspektif Adaptasi Iklim Berkelanjutan

Tropical Natural Shield: Estuaries and Mangroves in the Perspective of Sustainable Climate Adaptation

Nova Febriyanti , Tito Nurseha

*Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang
Jl. Pangeran Ratu, Seberang Ulu I, Kota Palembang*

Email: titonurseha_uin@radenfatah.ac.id

Abstrak

Estuari dan hutan mangrove merupakan dua ekosistem pesisir tropis yang memiliki peran strategis dalam menjaga keberlanjutan lingkungan serta mendukung adaptasi terhadap perubahan iklim. Studi ini bertujuan untuk menelaah fungsi ekologis dan kontribusi adaptif kedua ekosistem tersebut sebagai solusi berbasis alam dalam menghadapi dampak perubahan iklim di kawasan pesisir. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif berdasarkan studi literatur. Hasil telaah menunjukkan bahwa estuari dan mangrove memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap dan menyimpan karbon, menahan erosi dan abrasi pantai, mencegah intrusi air laut, serta menyediakan habitat penting bagi keanekaragaman hayati pesisir. Selain itu, keduanya juga berperan dalam stabilisasi iklim mikro dan mendukung keseimbangan siklus nutrisi di wilayah perairan. Potensi adaptif ini menjadikan ekosistem estuari dan mangrove sebagai komponen vital dalam strategi adaptasi iklim nasional maupun regional. Oleh karena itu, konservasi, rehabilitasi, dan pengelolaan terpadu kedua ekosistem ini perlu menjadi prioritas dalam perencanaan pembangunan pesisir berkelanjutan guna meningkatkan ketahanan sosial-ekologis masyarakat terhadap perubahan iklim.

Kata Kunci: Estuari, Mangrove, Perubahan iklim, Ekosistem pesisir, Konservasi

PENDAHULUAN

Pemanasan global kini menjadi isu lingkungan yang krusial karena dampaknya yang luas terhadap kehidupan di seluruh dunia, seperti perubahan iklim dan naiknya permukaan air laut. Salah satu faktor utama pemicu pemanasan global adalah meningkatnya kadar karbon dioksida di atmosfer. Perairan pesisir, termasuk ekosistem mangrove, memiliki peran yang signifikan dalam menyumbang dan mengatur cadangan karbon global (Seonaji & Hidayat, 2017).

Perubahan iklim tidak dapat dipisahkan dari isu-isu global lainnya. Ini adalah masalah lintas sektoral dan terkait erat dengan banyak tantangan global. Sebagai contoh,

perubahan iklim dapat berdampak pada ketersediaan air bersih, produk pertanian, kesehatan manusia, dan sistem energi. Di sisi lain, cara manusia memproduksi energi dan makanan juga berkontribusi besar terhadap perubahan sistem iklim bumi. Oleh karena itu, penting untuk mengkaji bagaimana kebijakan di satu sektor dapat memengaruhi sektor lainnya untuk menemukan solusi yang benar-benar berkelanjutan bagi permasalahan global (Ulfah *et al.*, 2023).

Mata pencaharian masyarakat pesisir umumnya bergantung pada keberlanjutan ekosistem laut, seperti terumbu karang, hutan bakau, dan muara sungai. Sayangnya, keberadaan ekosistem ini terancam oleh dampak perubahan iklim, polusi, dan aktivitas manusia seperti reklamasi dan penambangan pasir, yang dapat mengurangi hasil tangkapan ikan dan mengganggu mata pencaharian mereka. Masyarakat pesisir juga merupakan salah satu kelompok yang paling rentan terhadap bencana alam, seperti badai, banjir, dan tsunami. Selain itu, naiknya permukaan air laut akibat perubahan iklim juga menjadi ancaman serius bagi masyarakat yang tinggal di dataran rendah dan pulau-pulau kecil. Kondisi ini diperparah dengan pencemaran laut dan degradasi lahan yang melemahkan ketahanan pangan dan ketersediaan sumber daya alam (Husni & Sarian, 2024).

Habitat mangrove yang umumnya berada di daerah muara sungai merupakan salah satu ekosistem dengan tingkat interaksi yang tinggi. Ekosistem ini memiliki fungsi ekologis yang sangat penting, seperti sumber nutrisi dan bahan organik yang terbawa arus pasang surut, serta tempat hidup berbagai jenis organisme. Selain itu, hutan bakau juga berfungsi sebagai tempat berlindung, mencari makan, berkembang biak, dan tempat tumbuh bagi sejumlah spesies ikan dan udang. Karena berada di daerah muara, fungsi ekologis mangrove sangat mirip dengan fungsi ekologis muara. Kawasan mangrove juga merupakan sumber plasma nutfah utama yang mendukung keberlanjutan sistem kehidupan di sekitarnya (Finda *et al.*, 2016).

Estuari merupakan wilayah pesisir semi tertutup yang berperan penting dalam mendukung kehidupan ikan. Fungsinya sebagai tempat pemijahan, pengasuhan, sumber makanan, dan jalur migrasi, membuat estuari kaya akan keanekaragaman hayati ikan pada berbagai tahap kehidupan, mulai dari larva, remaja, hingga dewasa. Banyak peneliti

menganggap muara sebagai salah satu daerah paling produktif karena merupakan ekoton, yaitu zona transisi antara dua ekosistem air tawar dan laut yang berbeda yang menciptakan karakteristik habitat yang unik. Estuari juga dikenal sebagai ekosistem yang kompleks, yang terdiri dari berbagai jenis habitat. Keanekaragaman habitat inilah yang membuat estuari sangat kaya akan sumber daya perairan, dengan ikan sebagai komponen utamanya (Zahid *et al.*, 2017).

Hutan bakau tumbuh di sepanjang aliran sungai yang bermuara ke muara. Muara sendiri merupakan ekosistem yang khas karena memiliki variasi salinitas sebagai hasil pencampuran antara air laut dan air tawar. Kawasan ini sering dimanfaatkan oleh masyarakat setempat untuk kegiatan budidaya ikan, yang dilakukan dengan cara membuka sebagian kawasan hutan mangrove. Akibatnya, sebagian hutan mangrove dibiarkan tidak bervegetasi. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran karena jika terus berlanjut dapat mengurangi peran ekologis penting mangrove, seperti sebagai pelindung alami dari gelombang laut yang besar dan sebagai penyedia nutrisi bagi tambak (Damayanti & Rahman, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran strategis ekosistem estuari dan mangrove sebagai pertahanan alami di daerah tropis dalam merespon dampak perubahan iklim. Ekosistem ini memiliki fungsi ekologis utama seperti melindungi garis pantai, menyerap karbon dan menjaga keanekaragaman hayati, yang menjadikannya sebagai elemen penting dalam strategi adaptasi iklim yang berkelanjutan. Penelitian ini juga menyoroti ancaman terhadap keberlanjutan ekosistem ini dan menekankan perlunya pengelolaan berkelanjutan untuk memastikan fungsi ekologis jangka panjangnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif berdasarkan studi literatur, yang mengandalkan sumber-sumber tertulis seperti buku dan referensi ilmiah lainnya sebagai dasar utama dalam mengumpulkan data dan informasi. Pendekatan ini bertujuan untuk menggali informasi deskriptif dari berbagai bahan bacaan yang relevan (Purba *et al.*, 2022).

Metode studi literatur dipilih dengan menelaah berbagai teori yang sesuai untuk menjawab permasalahan yang dikaji dalam penelitian (Fajrin & Purwastuti, 2022). Penelitian ini menggunakan referensi yang berkaitan erat dengan topik pembahasan untuk mendapatkan data yang diperlukan. Selanjutnya, informasi yang diperoleh dianalisis secara deskriptif, yaitu dengan cara mendeskripsikan data berdasarkan fakta-fakta yang ditemukan, kemudian diinterpretasikan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai permasalahan yang diteliti (Habsy, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelusuran berbagai literatur, diperoleh sejumlah referensi yang relevan untuk dijadikan dasar penelitian ini. Berikut ini adalah beberapa peran ekologis dan adaptasi ekosistem estuari dan mangrove terhadap perubahan iklim:

Tabel 1. Peran Ekologis dan Adaptif Estuari & Mangrove terhadap Perubahan Iklim

Komponen Ekosistem	Fungsi Ekologis	Manfaat Adaptasi Iklim	Sumber
Estuari	Habitat ikan (pemijahan, asuhan, dan makan)	Menjaga Kelangsungan hidup biota yang hidup ikan	(Widarman <i>et al.</i> , 2019)
	Produktifitas tinggi (kaya hara).	Menyediakan sumber hayati tahan gangguan iklim.	
	Tempat hidup spesies tawar, estuari, dan laut.	Mendukung keanekaragaman spesies adaptif.	
	Jalur migrasi spesies dari laut ke sungai	Zona penyangga perubahan lingkungan (salinitas,suhu).	
Mangrove	Habitat, tempat mencari makan, dan Perlindungan bagi keanekaragaman hayati	Menjaga ketahanan ekologis terhadap perubahan iklim	(Hidayat <i>et al.</i> , 2024).
	Menjaga stabilitas garis pantai dari gelombang dan badai	Mengurangi dampak abrasi dan badai	
	Penyerapan dan penyimpanan karbon	Mitigasi dan mengurangi emisi karbon	

Ekosistem laut dan wilayah pesisir memegang peranan penting dalam menjaga keseimbangan alam dan mendukung keberlanjutan kehidupan di bumi. Salah satu konsep yang mulai mendapat perhatian adalah “karbon biru”, yaitu kemampuan ekosistem pesisir dan laut seperti hutan mangrove, padang lamun, dan rawa pasang surut untuk menyimpan karbon. Hutan bakau dan lamun berfungsi sebagai penyerap karbon alami yang secara efektif menangkap dan menyimpan karbon dari atmosfer dan lautan. Penyimpanan karbon oleh ekosistem pesisir ini memiliki potensi besar dalam mengurangi dampak perubahan iklim dan mendukung upaya adaptasi lingkungan serta kesejahteraan sosial ekonomi masyarakat pesisir (Listantia & Idrus, 2024).

Estuari merupakan habitat penting bagi berbagai jenis ikan, moluska, dan krustasea karena menyediakan tempat untuk pemijahan, pertumbuhan, mencari makan, dan mendukung tahap awal kehidupan atau persiapan fisiologis sebelum migrasi. Selain itu, muara sungai memberikan kontribusi besar bagi konservasi keanekaragaman hayati. Banyak spesies yang hidup di lingkungan ini memiliki nilai ekonomi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa spesies ikan juga memanfaatkan muara sungai sebagai zona transisi untuk beradaptasi saat berpindah dari laut ke air tawar, atau sebaliknya dari sungai ke laut (Bataragoa *et al.*, 2024).

Ekosistem mangrove memiliki berbagai manfaat ekologis, yang sering dikategorikan sebagai nilai tidak langsung, salah satunya adalah kemampuannya untuk mencegah air laut masuk ke daratan. Fenomena ini dikenal sebagai intrusi air laut, yaitu pergerakan air asin yang menyusup ke lapisan air tawar bawah tanah. Intrusi ini umumnya terjadi di wilayah pesisir karena wilayah tersebut dipengaruhi oleh dinamika laut seperti gelombang dan pasang surut, serta interaksi dengan aliran air tanah dari daratan. Jika tidak dikendalikan, intrusi air laut dapat menurunkan kualitas air tanah, sehingga sumber air tidak lagi layak dimanfaatkan secara optimal (Aurilia & Saputra, 2020).

Vegetasi mangrove berperan penting sebagai pelindung dan penstabil alami wilayah pesisir. Akar mangrove mampu menangkap dan menahan sedimen dan material dari daratan yang terbawa aliran sungai sebelum terseret lebih jauh ke laut oleh arus. Selain itu, mangrove juga berfungsi sebagai penyerap energi gelombang dan badai, pelindung pantai dari abrasi, serta penahan lumpur dan perangkap partikel sedimen.

Ekosistem ini juga menghasilkan sejumlah besar detritus dari daun dan cabangnya, yang merupakan sumber nutrisi bagi organisme lain. Hutan mangrove menyediakan berbagai habitat penting seperti tempat asuhan, tempat mencari makan, dan tempat pemijahan bagi berbagai spesies ikan, udang, dan biota laut lainnya. Selain itu, mangrove juga merupakan sumber kayu untuk berbagai keperluan dan lokasi yang potensial untuk pengembangan wisata alam (Tranggono *et al.*, 2017).

Berdasarkan Imran & Efendi (2016), ekosistem hutan mangrove memiliki tiga fungsi utama. Pertama, fungsi fisik yang mencakup peran dalam menjaga kestabilan wilayah pesisir, melindungi garis pantai dan tebing sungai dari ancaman abrasi, serta berfungsi sebagai penyaring alami untuk menangkap polutan dan limbah. Kedua, fungsi biologis, di mana hutan mangrove menjadi tempat penting bagi fase pasca-larva dan juvenil berbagai jenis ikan, menyediakan habitat alami bagi beragam organisme laut, serta menjadi lokasi bersarang bagi sejumlah spesies burung besar. Ketiga, fungsi ekonomi atau produksi, yang meliputi pemanfaatan langsung berupa hasil hutan seperti kayu bakar, bahan bangunan, alat tangkap ikan, pupuk, bahan baku industri kertas, makanan, minuman, obat-obatan, dan tekstil. Selain itu, fungsi ini juga mencakup manfaat tidak langsung seperti penyediaan lokasi wisata dan penyumbang sumber pangan.

Daerah pesisir sangat rentan terhadap berbagai tekanan lingkungan, termasuk fluktuasi iklim, efek perubahan iklim global, dan kenaikan muka air laut. Perubahan iklim sendiri ditandai dengan meningkatnya frekuensi kejadian cuaca ekstrem, pergeseran pola curah hujan, kenaikan suhu, dan peningkatan permukaan laut secara keseluruhan. Kenaikan permukaan laut yang terus-menerus juga memperparah pemanasan global dengan menyebabkan lebih banyak air mengalir ke permukaan laut (Isdianto *et al.*, 2022).

Penduduk pesisir menghadapi banyak masalah lingkungan, seperti gelombang besar dan efek perubahan iklim. Terdapat 13 jenis bencana alam yang terjadi di Indonesia, termasuk gelombang ekstrem yang dapat menyebabkan abrasi. Abrasi menyebabkan garis pantai mundur, merusak ekosistem pesisir seperti hutan mangrove, estuari, dan terumbu karang. Hilangnya ekosistem tersebut akan memengaruhi stabilitas fungsi ekologis wilayah pesisir. Sebagai contoh, hilangnya hutan mangrove dapat menyebabkan permukaan laut semakin tinggi dan membuat gelombang laut menghantam daratan secara

langsung, yang berpotensi menyebabkan bencana di pesisir. Fakta ini menunjukkan bahwa ada korelasi kuat antara tingkat kerentanan di wilayah pesisir dan peningkatan risiko bencana (Isdianto *et al.*, 2022).

Estuari adalah ekosistem pesisir yang sangat rentan terhadap berbagai jenis aktivitas manusia. Pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia, tekanan berlebihan pada penangkapan ikan, dan dampak perubahan iklim adalah beberapa dari banyak faktor yang memengaruhi estuari. Struktur komunitas ikan dapat dipengaruhi oleh perubahan kondisi di lingkungan estuari. Ini termasuk pemanfaatan dan ketersediaan pakan alami, keseimbangan rantai makanan, dan hubungan antar spesies dalam mencari makan. Oleh karena itu, untuk menjaga kelestarian sumber daya ikan di daerah estuari, strategi pengelolaan yang tepat diperlukan (Widarman *et al.*, 2019).

Akibat perubahan iklim, ekosistem mangrove menghadapi banyak tantangan di berbagai tempat di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Faktor-faktor yang dapat membahayakan vegetasi mangrove termasuk peningkatan permukaan air laut, perubahan pola curah hujan, dan peningkatan intensitas dan frekuensi badai tropis. Selain itu, masuknya air laut ke dalam tanah, pencemaran, dan sedimentasi yang berlebihan semuanya menyebabkan penurunan kualitas lingkungan, yang pada gilirannya memperburuk kondisi dan kesejahteraan ekosistem mangrove (Handriani *et al.*, 2025).

Menurunkan emisi karbon dan meningkatkan kapasitas penyerapan karbon adalah dua strategi pengelolaan yang dapat digunakan untuk menekan dampak perubahan iklim. Upaya ini dalam konteks ekosistem mangrove membutuhkan kerja sama yang erat dari semua pemangku kepentingan. Pertemuan rutin, misalnya, dapat membantu koordinasi yang intensif untuk membahas strategi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Ini juga mempercepat proses perencanaan dan pelaksanaan program. Selain itu, peningkatan pengetahuan dan pemahaman masyarakat tentang masalah emisi, perubahan iklim, dan kondisi lingkungan sangat penting untuk mendorong masyarakat untuk berpartisipasi lebih aktif dalam pelestarian dan pengelolaan mangrove (Farahisah *et al.*, 2020).

Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC) merupakan kesepakatan global yang bertujuan utama untuk menekan emisi gas rumah kaca dan menghindari dampak buruk perubahan iklim. Perjanjian ini didasarkan pada pengakuan

bahwa perubahan iklim adalah isu yang serius dan membutuhkan penanganan kolektif secara internasional. Tujuan dari konvensi ini antara lain adalah menjaga konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer agar tidak menimbulkan gangguan signifikan akibat aktivitas manusia terhadap sistem iklim, serta mendorong kolaborasi antarnegara dalam penelitian, pengembangan, dan alih teknologi yang mendukung penanganan perubahan iklim (Pitaloka *et al.*, 2023).

Menjaga dan mengembalikan fungsi penting ekosistem pesisir memerlukan rehabilitasi dan konservasi mangrove. Program-program ini sangat bergantung pada berbagai elemen yang harus dievaluasi secara menyeluruh. Pemilihan spesies mangrove yang tepat adalah bagian penting. Pemilihan jenis mangrove yang sesuai dengan karakteristik lingkungan seperti jenis tanah, tingkat salinitas, dan kondisi lainnya sangat penting karena tidak semua jenis mampu berkembang di setiap lokasi. Selain itu, memilih spesies yang mampu beradaptasi terhadap dampak perubahan iklim merupakan bagian penting dari upaya konservasi (Handriani *et al.*, 2025).

Karena sistem akar dan batangnya yang kokoh serta kemampuan fisiologisnya untuk menyaring air melalui permukaan bawah daunnya, keberadaan hutan mangrove di daerah pesisir memiliki potensi besar untuk menjalankan fungsi ekologis, terutama dalam menahan intrusi air laut. Pola penanaman mangrove yang tepat sangat penting untuk mengurangi risiko intrusi air laut. Menurut Aurilia & Saputra (2020), strategi ini sangat penting untuk lingkungan karena memengaruhi kesejahteraan ekonomi dan ekologi masyarakat pesisir.

PENUTUP

Ekosistem mangrove dan estuari sangat penting untuk menjaga wilayah pesisir tetap tahan terhadap dampak perubahan iklim. Kedua ekosistem ini dapat menyerap emisi karbon, mencegah abrasi pantai, menyediakan ruang hidup bagi berbagai spesies hewan, dan menjaga garis pantai stabil. Dikenal sebagai benteng alami wilayah tropis karena peran mereka. Kajian ini menunjukkan betapa pentingnya konservasi berbasis ekosistem dan betapa pentingnya untuk memasukkan kebijakan adaptasi iklim ke dalam tata kelola wilayah pesisir yang berkelanjutan. Agar peran adaptif estuari dan mangrove dapat

dipertahankan di masa mendatang, diperlukan kerja sama antar pihak dan dukungan regulasi yang mendukung pelestarian ekosistem pesisir.

REFERENSI

- Aurilia, M. F., & Saputra, D. R. (2020). Analisis fungsi ekologis mangrove sebagai pencegahan pencemaran air tanah dangkal akibat intrusi air laut. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 424-437.
- Bataragoa, N. E., Rondonuwu, A. B., & Manginsela, F. (2024). Keanekaragaman Ikan Estuari di Teluk Manado. *Jurnal Bios Logos*, 14(1), 73-83.
- Damayanti, A. A., & Rahman, I. (2019). Kegiatan Penanaman Mangrove sebagai Salah Satu Upaya Pelestarian Ekosistem Pesisir di Dusun Cemara, Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Abdi Insani*, 6(2), 276-282.
- Fajrin, N. P., & Purwastuti, L. A. (2022). Keterlibatan Orang tua dalam Pengasuhan Anak pada Dual Earner Family: Sebuah Studi Literatur. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 6(4), 2725-2734.
- Farahisah, H., Yulianda, F., & Effendi, H. (2020). Pengelolaan ekosistem mangrove di muara Sungai Musi sebagai upaya mitigasi emisi karbon. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 565-575.
- Findra, M. N., Adharani, N., & Herdiana, L. (2016). Perpindahan ontogenetik habitat ikan di perairan ekosistem hutan mangrove. *Media Konservasi*, 21(3), 304-309.
- Habsy, B. A. (2017). Seni memahami penelitian kualitatif dalam bimbingan dan konseling: studi literatur. *Jurnal Konseling Andi Matappa*, 1(2), 90-100.
- Handriani, P., Kamal, E., Yuspardianto, Y., & Septe, E. (2025). Strategi Efektif Untuk Rehabilitasi Dan Konservasi Kawasan Mangrove. *Journal of Marine and Estuarine Science*, 1(1), 1-6.
- Hidayat, X. Z. A., Santoso, D., & Syukur, A. (2024). Community Structure and Carbon Content of Mangrove Forest In The Bagek Kembar, Sekotong West Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1), 880-893.
- Husni, S., & Sarjan, M. (2024). Tinjauan Perspektif Filsafat: Kebijakan Ekonomi Biru Untuk Pengentasan Kemiskinan Masyarakat Pesisir. *Jurnal Agrimansion*, 25(2), 396-406.

- Imran, A., & Efendi, I. (2016). Inventarisasi mangrove di pesisir pantai cemara Lombok Barat. *JUPE: Jurnal Pendidikan Mandala*, 1(1), 105-112.
- Isdianto, A., Adibah, F., Haykal, M. F., Irsyad, M. J., Asyari, I. M., & Supriyadi, S. (2022). Indeks kerentanan pesisir ditinjau dari geomorfologi, elevasi, dan ancaman gelombang untuk mewujudkan ketahanan ekosistem pesisir. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(2).
- Listantia, N., & Al Idrus, A. (2024). Pengembangan Ekowisata Mangrove Gili Sulat Sebagai Upaya Keberlanjutan Ekosistem Pesisir Dan Karbon Biru (Blue Carbon) Untuk Bahan Ajar Pembelajaran Ipa. *NUSRA: Jurnal Penelitian dan Ilmu Pendidikan*, 5(1), 190-198.
- Pitaloka, D., Nurbani, E. S., & Apriliana, A. R. (2023). Implementasi Kebijakan Hukum Lingkungan Internasional tentang Pengelolaan Ekowisata Mangrove di Desa Lembar Selatan. *Jurnal Risalah Kenotariatan*, 4(2).
- Purba, L. K., Fitriani, D., & Andini, W. (2022). Paradigma Penelitian Dalam Jurnal Ilmiah Metodologi Penelitian Kuantitatif. *Tarbiyah: Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, 1(1), 6-12.
- Senoaji, G., & Hidayat, M. F. (2017). Peranan ekosistem mangrove di Kota Pesisir Bengkulu dalam mitigasi pemanasan global melalui penyimpanan karbon (The role of mangrove ecosystem in the coastal city of Bengkulu in mitigating global warming through carbon sequestration). *Jurnal manusia dan lingkungan*, 23(3), 327-333.
- Tranggono, D., Dwiridotjahjono, J., Andarini, S., & Rasyidah, R. (2017). Perempuan Nelayan: Peran, Pemberdayaan dan Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Pesisir Berbasis Potensi Lokal.
- Ulfah, U. M., Said, B. D., Widodo, P., Saragih, H. J. R., & Suwarno, P. (2023). Mengamankan Masa Depan Laut Indonesia: Peran Marine Protected Area (MPA) dalam Adaptasi Perubahan Iklim. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(1), 872-879.
- Widarmanto, N., Haeruddin, H., & Purnomo, P. W. (2019). Kebiasaan Makanan, Luas Relung dan Tingkat Trofik Komunitas ikan di Estuari Kaliwlingi Kabupaten Brebes. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 11(2), 69-78.
- Zahid, A., Simanjuntak, C. P., & Rahardjo, M. F. (2017). Iktiofauna ekosistem estuari Mayangan, Jawa Barat [Ichthyofauna of Mayangan estuary, West Java]. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 11(1), 77-85.