

ANALISIS LUAS HUTAN MANGROVE MENGGUNAKAN METODE NDVI (*NORMALIZED DIFFERENCE INDEX*) DI KECAMATAN BALIKPAPAN BARAT KOTA BALIKPAPAN

**Iitra Achbar Sahdian^{1*}, Khairi Ahza Hail Keliwar², Muhammad Nur Ibnu Luthfi Saud³,
Muhammad Abdul Ghofur Al Hakim⁴, Bayu Ashari Nugroho⁵, Puspa Indah Nur Kholifah⁶,
Rosita Dewi Safitri⁷**

^{1,2,3,4,5,6,7}Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia.

*Email Korespondensi: iitra.sahdian@lecturer.itk.ac.id

Abstract: Mangrove ecosystems are a crucial component of coastal areas, serving as both strategic ecological and economic functions; however, their existence is vulnerable to the pressures of human activity and coastal environmental dynamics. This study analyses changes in the area of mangrove forests in West Balikpapan District during the period 2019–2025 using the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) method based on Sentinel-2A satellite imagery. The analysis was conducted through an exploratory descriptive approach with image processing using QGIS 3.44 software. The results showed a decline in mangrove area associated with increased anthropogenic activities, particularly infrastructure development, settlements, and industrial activities. This study confirms that the use of remote sensing imagery and the NDVI method is effective in supporting spatial and sustainable mangrove monitoring and can serve as a basis for planning the management and conservation of mangrove ecosystems in coastal areas.

Keywords: Mangrove, NDVI, Sentinel-2, Area, West Balikpapan

Abstrak: Ekosistem mangrove merupakan komponen penting wilayah pesisir yang memiliki fungsi ekologis dan ekonomis strategis, namun keberadaannya rentan terhadap tekanan aktivitas manusia dan dinamika lingkungan pesisir. Penelitian ini menganalisis perubahan luas hutan mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat pada periode 2019–2025 menggunakan metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) berbasis citra satelit Sentinel-2A. Analisis dilakukan melalui pendekatan deskriptif eksploratif dengan pengolahan citra menggunakan perangkat lunak QGIS 3.44. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan luasan mangrove yang berkaitan dengan meningkatnya aktivitas antropogenik terutama pembangunan infrastruktur, permukiman, dan aktivitas industri. Penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan citra penginderaan jauh dan metode NDVI efektif untuk mendukung pemantauan mangrove secara spasial dan berkelanjutan, serta dapat menjadi dasar dalam perencanaan pengelolaan dan konservasi ekosistem mangrove di wilayah pesisir.

Kata kunci: Mangrove, NDVI, Sentinel-2, Luasan, Balikpapan Barat

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki ekosistem pesisir yang sangat kaya dan beragam di sepanjang wilayahnya, dari Sabang hingga Merauke. Salah satu ekosistem penting yang mendominasi kawasan pesisir tersebut adalah ekosistem mangrove (Harefa et al., 2023). Hutan mangrove adalah ekosistem khas wilayah pesisir yang tumbuh pada area berlumpur dan sering ditemukan di kawasan muara sungai. Ekosistem ini berkembang di lingkungan yang terpengaruh oleh intrusi air laut dengan kisaran salinitas yang relatif luas (Raharjo et al., 2016). Mangrove berperan penting bagi berbagai makhluk hidup, antara lain sebagai sumber dan pendaur nutrisi, penyerap karbon, serta habitat bagi proses reproduksi ikan. Hutan mangrove juga menyediakan beragam fungsi ekologis dan manfaat ekonomi, terutama bagi masyarakat yang bermukim di sekitar kawasan tersebut (Riyono et al., 2022). Namun demikian, ekosistem mangrove tergolong rentan terhadap perubahan, baik dari segi kondisi fisik maupun luas tutupannya. Perubahan iklim dapat mempengaruhi ekosistem pesisir khususnya persebaran mangrove akibat adanya kenaikan permukaan air laut yang berdampak pada menyusutnya garis pantai tempat mangrove tumbuh (Jaelani et al., 2024).

Wilayah pesisir Kota Balikpapan merupakan salah satu kawasan yang memiliki ekosistem mangrove. Sebaran hutan mangrove di wilayah ini membentang dari Teluk Balikpapan hingga mencapai pesisir bagian timur kota. Menurut dokumen RPPLH Kota Balikpapan tahun 2023, kawasan mangrove di Kota Balikpapan memiliki total luas sekitar 2.422,83 hektare dengan tingkat tutupan vegetasi mencapai 75–80%. Idealnya, mangrove mempertahankan tingkat kerapatan vegetasi yang baik agar mampu menjalankan fungsi ekologis secara optimal. Namun, perkembangan pembangunan pesisir, konversi lahan, dan tekanan antropogenik lainnya menyebabkan penurunan kualitas dan kerapatan mangrove di berbagai wilayah.

Menurut Noor et al. (2012), penyusutan luas hutan mangrove dipengaruhi oleh dua faktor utama, yakni faktor alami dan faktor aktivitas manusia. Konversi kawasan mangrove menjadi area pertanian dan tambak merupakan contoh tekanan yang berasal dari manusia, sementara abrasi pantai menjadi penyebab alami berkurangnya tutupan mangrove. Perluasan area mangrove dapat terjadi secara alami melalui proses akresi yang menambah daratan baru yang kemudian menjadi habitat bagi mangrove serta melalui suksesi pada tambak terbengkalai dan lahan terbuka (Eddy et al., 2016).

Kajian mengenai perubahan luas mangrove penting dilakukan di Kecamatan

Balikpapan Barat, Kota Balikpapan. Pemantauan perubahan tersebut dapat dibantu dengan teknologi penginderaan jauh. Penginderaan jauh untuk vegetasi mangrove memanfaatkan dua karakteristik utama, yaitu kandungan klorofil yang menyerap sinar merah serta kemampuan vegetasi mangrove memantulkan radiasi inframerah dekat (Rahmadi et al., 2022). Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan tutupan mangrove adalah NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), metode standar untuk membandingkan tingkat kehijauan vegetasi menggunakan citra satelit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika perubahan luasan hutan mangrove pada tahun 2019 dan 2025. Hasilnya diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan terkait pengelolaan dan penanganan permasalahan pada ekosistem mangrove.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif eksploratif untuk menggambarkan kondisi perubahan luasan hutan mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan. Menurut Negari et al. (2017), penelitian deskriptif berfokus pada analisis data hingga tahap pemaparan, yaitu mengolah dan menyajikan data secara sistematis. Sementara itu, penelitian eksploratif merupakan pendekatan yang bertujuan untuk menemukan atau mengidentifikasi hal-hal baru, seperti menelaah pola sebaran dan variasi tingkat kerapatan mangrove serta mengidentifikasi fenomena perubahan luasan mangrove di Wilayah Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan. Data yang digunakan berupa citra satelit Sentinel-2A dengan perbedaan tahun perekaman yaitu tahun 2019 dan tahun 2025. Pengolahan data spasial dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak QGIS versi 3.44.

Tabel 1. Penggunaan Alat dan Bahan

No.	Alat
1.	Laptop
2.	QGIS
3.	Google Earth Pro
No.	Bahan
1.	Data Citra Satelit Sentinel-2A
2.	Batas Administrasi Kecamatan Balikpapan Barat

Tahapan pengolahan citra satelit diawali dengan *pre-processing* yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas data sebelum dilakukan analisis lanjutan. Tahapan *pre-processing* meliputi koreksi radiometrik, koreksi geometrik, pemotongan citra (*cropping*), penggabungan band (*composite*), dan penajaman citra. Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki nilai kecerahan citra agar mengurangi kesalahan akibat gangguan atmosfer dan sensor, sehingga objek pada citra

dapat diinterpretasikan dengan lebih baik (Aryastana et al., 2017). Koreksi geometrik bertujuan untuk menyesuaikan posisi citra dengan koordinat geografis sebenarnya agar sesuai dengan kondisi di lapangan. Pemotongan citra dilakukan berdasarkan batas administrasi wilayah penelitian untuk memfokuskan analisis pada area kajian. Selanjutnya dilakukan penggabungan band citra yang diperlukan untuk menampilkan karakteristik vegetasi. Penajaman citra diterapkan guna memperjelas kenampakan objek mangrove sehingga informasi spasial yang dihasilkan menjadi lebih optimal. Teknik penajaman citra yang digunakan adalah *False Color Composite* (FCC) dengan mengombinasikan kanal merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*) dalam susunan RGB tertentu untuk menonjolkan vegetasi mangrove (Annisa et al., 2019).

Analisis kerapatan mangrove dilakukan menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Metode NDVI merupakan pendekatan yang membandingkan tingkat kehijauan vegetasi berdasarkan nilai reflektansi spektral antara *Near Infrared* (NIR) dan *Red* (Lufilah et al., 2017). Nilai NDVI diperoleh dari hasil transformasi band *Near-Infrared* (Band 8) dan *Red* (Band 4) pada citra Sentinel-2. Indeks ini digunakan untuk membedakan tingkat kerapatan vegetasi berdasarkan pantulan spektrum. Persamaan NDVI yang digunakan sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)}$$

Keterangan: NDVI = *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR = *Near-Infrared* = Band 8

RED = Band 4

Analisis perubahan kerapatan vegetasi dilakukan dengan menggunakan citra Sentinel-2. Pemilihan citra Sentinel-2 didasarkan pada kemampuannya yang memiliki resolusi spasial tinggi, sehingga sangat sesuai untuk kajian indeks vegetasi. Citra Sentinel-2 yang digunakan berasal dari tahun 2019 dan 2025, sehingga memungkinkan dilakukan perbandingan untuk mengidentifikasi perubahan kerapatan vegetasi pada lahan mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat. Adapun berikut merupakan karakteristik 12 band Sentinel-2 dalam tabel berikut:

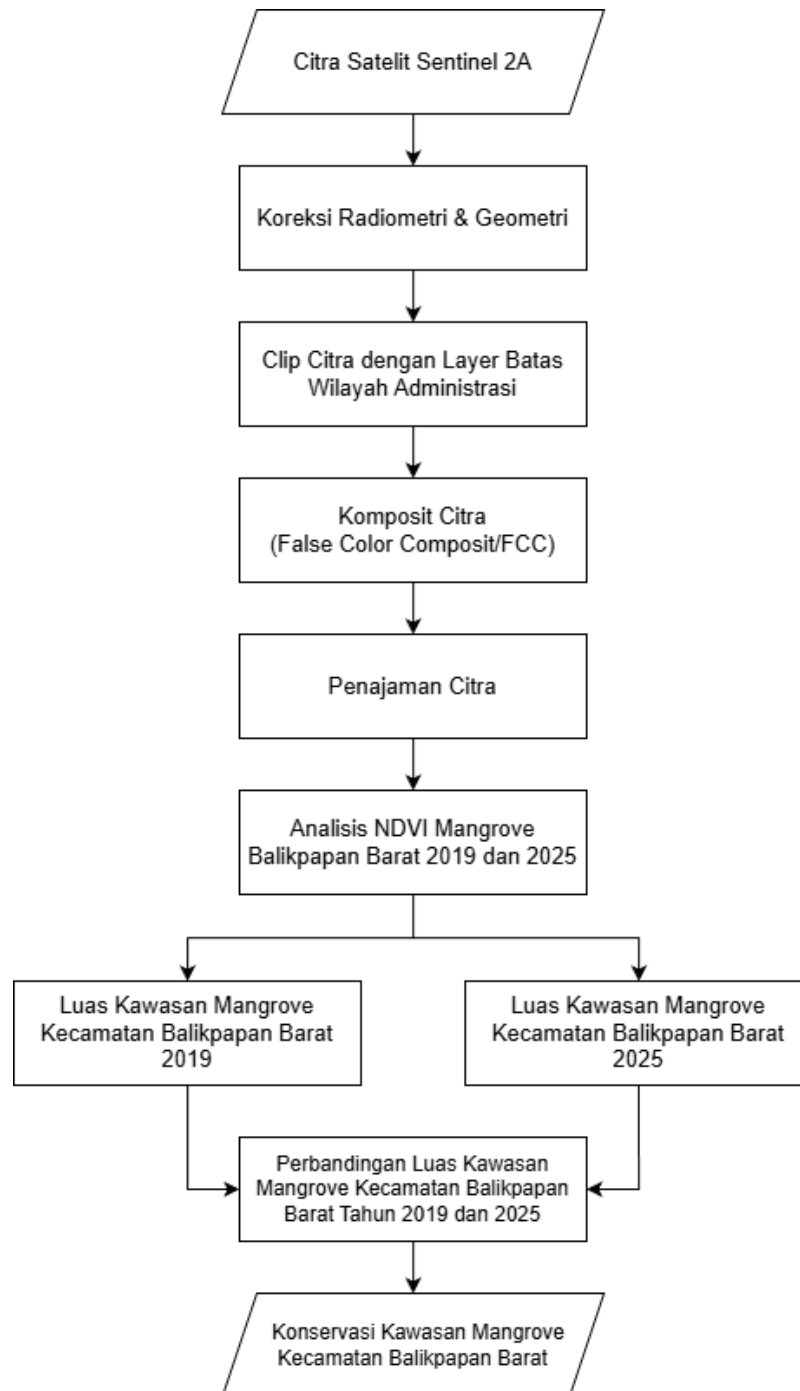
Tabel 2. Karakteristik Band Sentinel 2

<i>Band</i>	<i>Spektrum</i>	<i>Wavelength</i>	<i>Resolution</i>
1	<i>Coastal Aerosol</i>	0.443	60
2	<i>Blue</i>	0.49	10
3	<i>Green</i>	0.56	10
4	<i>Red</i>	0.665	10
5	<i>Vegetation Red Edge</i>	0.705	20
6	<i>Vegetation Red Edge 2</i>	0.74	20
7	<i>Vegetation Red Edge 3</i>	0.783	20
8	<i>NIR</i>	0.842	10
8A	<i>Vegetation Red Edge 4</i>	0.865	20
9	<i>Water Vapour</i>	0.945	60

10	SWIR-Cirus	1.375	60
11	SWIR1	1.61	20
12	SWIR2	2.19	20

Sumber : Oktaviani & Kusuma, 2017

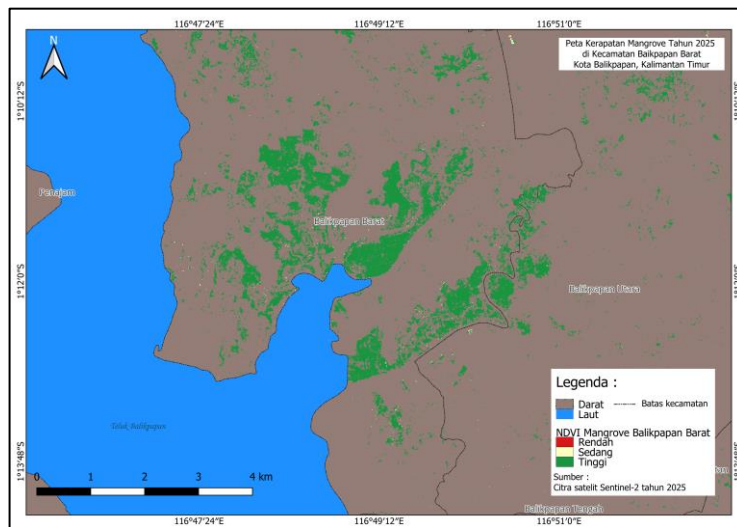
Nilai NDVI yang diperoleh kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas kerapatan vegetasi, seperti mangrove rendah, sedang, dan tinggi, untuk menggambarkan kondisi kerapatan lahan mangrove secara spasial. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kondisi ekosistem mangrove dan mendukung upaya pengelolaan serta konservasi wilayah pesisir. Secara garis besar, diagram alir penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



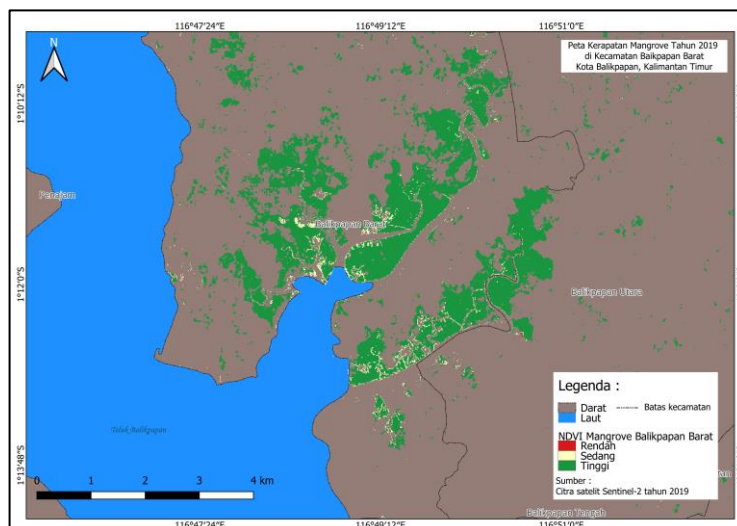
Gambar 1. Bagan Alur Analisis Luas Kawasan Mangrove Kecamatan Balikpapan Barat Tahun 2019 dan 2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil



Gambar 2. Analisis Luas Mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat Tahun 2025



Gambar 3. Analisis Luas Mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat Tahun 2019

Tabel 3. Perubahan Luas Mangrove Kawasan Balikpapan Barat

No.	Tahun	Luas Mangrove (ha)
1.	2019	1.290,28
2.	2025	900,99

Pengolahan data citra Sentinel-2A tahun 2019 dan 2025 dilakukan menggunakan aplikasi QGIS untuk memperoleh informasi spasial terkait ekosistem mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat. Citra Sentinel-2A melalui beberapa tahapan pra-pengolahan,

meliputi koreksi radiometrik dan atmosferik untuk memperoleh nilai reflektansi permukaan yang merepresentasikan kondisi objek sebenarnya, serta koreksi geometrik guna memastikan kesesuaian posisi spasial citra. Citra yang sudah di koreksi kemudian dipotong (*cropping*) dengan layer batas wilayah Kecamatan Balikpapan Barat. Analisis vegetasi dilakukan dengan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dengan menggunakan Band 4 (*RED*) dan Band 8 (*NIR*). Berdasarkan hasil analisis, didapatkan adanya variasi kerapatan mangrove yang kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu kerapatan rendah ($0.1 \leq \text{NDVI} \leq 0.3$), sedang ($0.3 < \text{NDVI} < 0.6$), dan tinggi ($\text{NDVI} \geq 0.6$). Selanjutnya, data luas kawasan mangrove diperoleh dari atribut hasil pengolahan citra pada aplikasi QGIS sehingga dapat memberikan gambaran mengenai sebaran dan perubahan luas ekosistem mangrove pada tahun 2019 hingga tahun 2025.

Pembahasan

Ekosistem mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat merupakan bagian dari lingkungan pesisir Teluk Balikpapan yang memiliki karakteristik ekologis dinamis. Dinamika tersebut dipengaruhi oleh interaksi antara faktor alami dan aktivitas antropogenik yang berkembang di sekitarnya. Kawasan ini berada pada wilayah dengan intensitas aktivitas manusia yang relatif tinggi, meliputi permukiman, kegiatan industri, serta aktivitas pelabuhan, yang dapat secara langsung maupun tidak langsung memberikan tekanan terhadap ekosistem mangrove. Berdasarkan hasil penggambaran citra Sentinel-2A, sebaran mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat umumnya berada di sepanjang alur sungai Sember dan sungai Wain. Kawasan ini menghadapi tantangan berupa konversi lahan akibat perluasan permukiman, alih fungsi kawasan menjadi industri, serta pengembangan infrastruktur pelabuhan. Namun, pada beberapa bagian pesisir yang relatif jauh dari pusat aktivitas manusia, masih ditemukan tutupan mangrove alami dengan kondisi yang relatif baik. Selain itu, keberadaan kawasan konservasi mangrove di wilayah ini berperan penting dalam mendukung upaya perlindungan dan keberlanjutan ekosistem mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat.

Hasil perbandingan citra tahun 2019 dan 2025 menunjukkan adanya penurunan luas sebaran mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat. Penurunan tersebut terutama dipengaruhi oleh pembangunan infrastruktur dan ekspansi kawasan permukiman yang berdampak pada berkurangnya tutupan serta kerapatan vegetasi mangrove di beberapa

lokasi. Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian Pratama (2018) bahwa kawasan mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat memiliki tutupan vegetasi sedang karena adanya kawasan industri kariatang yang mengganggu ekosistem mangrove di sekitarnya. Selain faktor antropogenik, faktor alami seperti abrasi pantai dan dinamika sedimentasi juga turut berkontribusi terhadap perubahan struktur vegetasi, khususnya pada area yang berada di sekitar muara sungai. Meskipun demikian, pada citra tahun 2025 teridentifikasi beberapa lokasi yang menunjukkan peningkatan kerapatan vegetasi mangrove, yang diduga berkaitan dengan proses suksesi alami dan pertumbuhan mangrove muda.

Perubahan kondisi tersebut ditunjukkan oleh perbandingan citra tahun 2019 dan 2025 yang diolah menggunakan metode NDVI. Hasil pengolahan NDVI menunjukkan variasi kerapatan mangrove yang ada diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya seperti konversi lahan dan juga faktor alam (Fahreza et al., 2022). Nilai NDVI yang tinggi mencerminkan kawasan mangrove dengan tutupan kanopi yang lebat, sehat, dan stabil secara ekologis, sedangkan nilai sedang menunjukkan vegetasi yang masih berkembang atau mengalami tekanan ringan, dan nilai rendah mengindikasikan bukaan lahan, kerusakan vegetasi, atau mangrove muda yang belum membentuk kanopi rapat (Prasetyo et al., 2024). Distribusi kerapatan mangrove Kecamatan Balikpapan Barat tidak merata dengan dominasi tingkat kerapatan tinggi hingga sedang, dimana kawasan dengan kerapatan tinggi umumnya berada di sepanjang garis pesisir teluk dan hulu sungai yang relatif jauh dari aktivitas manusia. Kawasan dengan kerapatan sedang tampak tersebar di wilayah transisi antara hulu sungai dan kawasan pemukiman atau industri. Sementara itu, area dengan kerapatan rendah ditemukan di sekitar permukiman dan kawasan industri.

Variasi dan dinamika kerapatan vegetasi mangrove di kawasan Balikpapan Barat merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor alami dan aktivitas antropogenik yang berlangsung secara terus-menerus. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kondisi tersebut adalah tingginya masukan sedimen dari daratan yang terbawa aliran sungai menuju wilayah pesisir dan Teluk Balikpapan, sehingga memengaruhi struktur substrat dan proses pertumbuhan mangrove. Selain itu, pembangunan infrastruktur di sekitar kawasan teluk turut memberikan tekanan terhadap ekosistem mangrove melalui konversi lahan, perubahan garis pantai, peningkatan kekeruhan perairan, serta gangguan pencemar perairan di kawasan mangrove. Akumulasi pencemar perairan di area mangrove diketahui berasal dari aktivitas pemukiman, industri, dan kegiatan pelabuhan juga berkontribusi terhadap

degradasi kualitas lingkungan, seperti peningkatan beban nutrisi dan bahan pencemar yang dapat menghambat pertumbuhan vegetasi mangrove (Wulandari et al., 2020). Kondisi tersebut tercermin pada perbedaan nilai kerapatan mangrove yang teridentifikasi melalui analisis NDVI, di mana area yang memiliki tekanan lingkungan tinggi cenderung menunjukkan kerapatan rendah hingga sedang.

Penurunan luas kawasan mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat berimplikasi langsung terhadap penurunan fungsi ekologis dan keberlanjutan kehidupan masyarakat pesisir Teluk Balikpapan. Degradasi mangrove mengakibatkan hilangnya kemampuan penopang tanah oleh akar mangrove sehingga tidak mampu menahan gerusan aliran air yang menyebabkan abrasi dan banjir rob sehingga mengancam kawasan pesisir. Hilangnya fungsi mangrove sebagai penyaring alami berpotensi menurunkan kemampuan *self-purification* perairan, sehingga meningkatkan beban sedimen dan pencemar yang masuk ke lingkungan pesisir serta memperburuk kualitas perairan. Berdasarkan penelitian Hidayat & Dessy (2021) hilangnya tutupan mangrove juga berdampak pada penurunan kualitas habitat biota perairan, khususnya ikan, udang, dan kepiting, yang menjadikan kawasan mangrove sebagai daerah pemijahan dan pembesaran sehingga berpotensi menurunkan hasil tangkapan nelayan dan kesejahteraan masyarakat pesisir yang menggantungkan hidupnya pada sumber daya tersebut.

Fenomena penurunan luasan ekosistem mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat harus menjadi perhatian khusus baik bagi pemerintah ataupun masyarakat sekitar yang tinggal di kawasan pesisir. Upaya konservasi yang ada perlu ditingkatkan untuk menahan laju penurunan luas lahan mangrove. Ekosistem mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat masuk ke dalam zona lindung yang diatur dalam Peraturan Wali Kota Balikpapan Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Rencana Detail Tata Ruang Dan Peraturan Zonasi Kota Balikpapan Tahun 2021-2041 Pasal 228 (DLH Kota Balikpapan, 2023). Perlindungan ekosistem mangrove diatur dalam kerangka Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (RPPLH) Kota Balikpapan yang disusun sesuai Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 (DLH Kota Balikpapan, 2023). Kolaborasi lintas sektoral baik masyarakat, pemerintah, dan pihak terkait lainnya diperlukan untuk bersama merencanakan sistem pengelolaan lahan mangrove agar kelestarian ekosistem mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat dapat terjaga. Hal ini juga dilakukan guna menjaga fungsi mangrove yang dapat melindungi daratan dari abrasi dan dapat menjadi rumah bagi

berbagai biota. Konservasi lahan mangrove juga dapat memberikan manfaat ekonomis bagi masyarakat di sekitarnya, seperti yang ada pada penelitian Anjani et al. (2023) bahwa kegiatan konservasi mangrove tidak hanya berperan dalam melindungi dan menjaga keberlanjutan lingkungan pesisir, tetapi juga berpotensi dikembangkan sebagai sarana ekowisata yang mendukung pelestarian ekosistem sekaligus memberikan manfaat sosial dan ekonomi bagi masyarakat sekitar.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa analisis NDVI berbasis citra Sentinel-2 efektif dalam mengidentifikasi perubahan luas kawasan mangrove di Kecamatan Balikpapan Barat pada periode 2019–2025. Hasil penelitian mengindikasikan adanya penurunan luasan mangrove yang dipengaruhi oleh tekanan aktivitas antropogenik di kawasan Teluk Balikpapan. Degradasi tutupan mangrove mencerminkan melemahnya fungsi ekologis sebagai pelindung pantai, penyangga kualitas perairan, dan habitat biota pesisir. Meskipun demikian, keberadaan mangrove dengan kerapatan sedang hingga tinggi menunjukkan bahwa ekosistem ini masih memiliki ketahanan dan potensi regenerasi alami, terutama pada kawasan yang jauh dari aktivitas manusia atau yang berada pada kawasan konservasi. Pemantauan mangrove berbasis citra Sentinel-2 dan indeks NDVI tidak hanya efektif dalam menggambarkan kondisi dan dinamika mangrove secara spasial, tetapi juga relevan sebagai dasar untuk menentukan kebijakan pengelolaan kawasan pesisir yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani, R., Ihsan, I. M., Amru, K., Aryantie, M. H., Oktivia, R., Saraswati, A. A., & Listiani, T. (2023). Analisis Potensi, Penentuan Strategi, dan Penyusunan Green Map Untuk Pengembangan Eco-village Berbasis Mangrove di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 207–219.
- Annisa, A. Y. N., Pribadi, R., & Pratikto, I. (2019). Analisis Perubahan Luasan Hutan Mangrove Di Kecamatan Brebes dan Wanasari, Kabupaten Brebes Menggunakan Citra Satelit Landsat Tahun 2008, 2013, dan 2018. *Journal of Marine Research*, 8(1), 27–35.
- Aryastana, P., Ardanthia, I. M., & Agustini, N. K. A. (2017). Analisis perubahan garis pantai dan laju erosi di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung dengan citra satelit SPOT. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2).
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Balikpapan. (2023). Rencana Perlindungan dan

- Pengelolaan Lingkungan Hidup (RPPLH) Kota Balikpapan Tahun 2019–2049. Pemerintah Kota Balikpapan.
- Eddy, S., Andy, M., Mohammad, R. D., & Iskhaq, I. (2016). Dampak Aktivitas Antropogenik Terhadap Degradasi Hutan Mangrove di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 2(2).
- Fahreza, F. D., Aulia, A., Fauzan, F. S., Somantri, L., & Ridwana, R. (2022). Pemanfaatan Citra Sentinel-2 dengan Metode NDVI untuk Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kabupaten Indramayu. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 10(2), 155–165.
- Harefa, M. S., Pasaribu, P., Alfatha, R. R., Benny, X., & Irfani, Y. (2023). Identifikasi Pemanfaatan Hutan Mangrove Oleh Masyarakat (Studi Kasus Kecamatan Teluk Mengkudu Kabupaten Serdang Bedagai): Indonesia. *Journal of Laguna Geography*, 2(1).
- Hidayat, A., & Dessy, D. R. (2021). Deforestasi Ekosistem Mangrove di Pulau Tanakeke, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(3), 439–454.
- Jaelani, N. A. D., Ramadhan, F. F., & Yuanita, C. N. (2024). Studi Pola Adaptasi Masyarakat yang Berprofesi Sebagai Nelayan Terhadap Bencana Banjir Rob. *Edusaintek: Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, 11(3), 1341–1349. <https://doi.org/10.47668/edusaintek.v11i3.1200>
- Lufilah, S. N., Makalew, A. D., & Sulistyantara, B. (2017). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Analisis Indeks Vegetasi di DKI Jakarta. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 9(1), 73–80.
- Negari, C. A. S., Triarso, I., & Kurohman, F. (2017). Analisis Spasial Daerah Penangkapan Ikan dengan Alat Tangkap Gill Net di Perairan Pasir, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Capture Fisheries*, 1(3).
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2012). Panduan pengenalan mangrove di Indonesia. IUCN & The World Bank.
- Oktaviani, N., & Kusuma, H. A. (2017). Pengenalan Citra Satelit Sentinel-2 untuk Pemetaan Kelautan. *Oseana*, 42(3), 40–55.
- Pratama, M. R. (2018). Analisis Sebaran dan Kerapatan Mangrove di Teluk Balikpapan Kecamatan Balikpapan Barat. *The Indonesian Green Technology Journal*, 7(2).
- Prasetyo, W., Manihuruk, A., & Al-Abrar, G. (2024). Pengukuran Kesehatan Dan Luasan Mangrove di Kecamatan Muaragembong: Pendekatan Analisis Kerapatan Tajuk. *Jurnal Geologi Kelautan*, 23(1).
- Raharjo, P., Setiady, D., Zallesa, S., & Putri, E. (2016). Identifikasi Kerusakan Pesisir Akibat Konversi Hutan Bakau (Mangrove) Menjadi Lahan Tambak di Kawasan Pesisir Kabupaten Cirebon. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(1).
- Rahmadi, M. T., Suciani, A., & Auliani, N. (2020). Analisis Perubahan Luasan Hutan Mangrove Menggunakan Citra Landsat 8 OLI di Desa Lubuk Kertang, Langkat. *Media Komunikasi Geografi*, 21(2), 110–119.
- Riyono, J. N., Maulana, D. I., & Latifah, S. (2022). Analisis Perubahan Luasan Hutan

Mangrove di Kecamatan Jawai Kabupaten Sambas Tahun 2013–2019. *Jurnal Hutan Lestari*, 10(1), 168–176.

Wulandari, M., Harfadli, M. M. A., & Rahmania, R. (2020). Penentuan Kondisi Kualitas Perairan Muara Sungai Sember, Balikpapan, Kalimantan Timur dengan Metode Indeks Pencemaran. *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 23–34.