

DINAMIKA PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN HUTAN MANGROVE DI KAWASAN IBU KOTA NUSANTARA (IKN) BERBASIS *AUTOMATIC MANGROVE MAP AND INDEX*

*Dynamics of Mangrove Land Cover Change in IKN (Nusantara Capital City) Area
Based on the Automatic Mangrove Map and Index*

Irman Lukmana^{1*}, Cecep Kusmana², Omo Rusdiana²

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

²Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

*Korespondensi Penulis, email: irmanlukmana@apps.ipb.ac.id

(Diterima 24 Mei 2026 /Disetujui 31 Agustus 2026)

ABSTRACT

The development of the Nusantara Capital City (IKN) as Indonesia's new administrative centre has the potential to impact mangrove ecosystems due to changes in land cover and large-scale infrastructure development. Mangrove ecosystems play a vital role in supporting the implementation of the 'forest city' concept, as they function as coastal protectors, carbon sinks, and maintainers of ecological balance in coastal areas. This study aims to identify the dynamics of changes in the area, density, and land cover of mangrove ecosystems in the IKN area using a remote sensing approach based on the Automatic Mangrove Map and Index (AMMI) and the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI). The results indicate that the area of mangrove ecosystems decreased from 12,818.93 ha in 2005 to 9,597.98 ha in 2024. The most significant decline occurred following the commencement of the first phase of IKN development. Mangrove density levels are generally still dominated by the 'very dense' category, though the area covered by this category decreased by 2024. Analysis of changes in land cover shows that some mangrove areas have been converted into water bodies, agricultural or plantation areas, built-up areas, and open land. These changes indicate ecological pressures that have the potential to reduce the coastal protection functions and carbon storage capacity of mangrove ecosystems. Therefore, the sustainable conservation and management of mangroves is necessary to support the implementation of the 'forest city' concept in the IKN area.

Keywords: AMMI, forest city, Nusantara Capital City, mangroves, land cover

ABSTRAK

Pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) sebagai pusat pemerintahan baru Indonesia berpotensi mempengaruhi kondisi ekosistem mangrove akibat perubahan tutupan lahan dan pembangunan infrastruktur secara masif. Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam mendukung implementasi konsep *forest city* karena berfungsi sebagai pelindung pesisir, penyimpan karbon, dan penyangga keseimbangan ekologis kawasan pesisir. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dinamika perubahan luas, tingkat kerapatan, dan perubahan tutupan lahan ekosistem mangrove di kawasan IKN menggunakan pendekatan penginderaan jauh berbasis *Automatic Mangrove Map and Index* (AMMI) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas ekosistem mangrove mengalami penurunan dari 12.818,93 ha pada tahun 2005 menjadi 9.597,98 ha pada tahun 2024. Penurunan paling signifikan terjadi setelah dimulainya pembangunan IKN tahap pertama. Tingkat kerapatan mangrove secara umum masih didominasi kategori sangat padat, namun luasannya mengalami penurunan pada tahun 2024. Analisis perubahan tutupan lahan menunjukkan sebagian area mangrove berubah menjadi badan air, area pertanian atau perkebunan, area terbangun, dan lahan terbuka. Perubahan tersebut mengindikasikan adanya tekanan ekologis yang berpotensi menurunkan fungsi perlindungan pesisir dan kapasitas penyimpanan karbon ekosistem mangrove. Oleh karena itu, pelestarian dan pengelolaan mangrove secara berkelanjutan diperlukan untuk mendukung implementasi konsep *forest city* di kawasan IKN.

Kata kunci: AMMI, *forest city*, Ibu Kota Nusantara, mangrove, perubahan tutupan lahan

PENDAHULUAN

Pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) sebagai pusat pemerintahan baru Indonesia berpotensi memicu perubahan tutupan lahan. Sejak dicanangkan pembangunan IKN melalui terbitnya Undang-undang No 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara serta perubahan melalui UU No 21 Tahun 2023, pembukaan lahan untuk pembangunan infrastruktur di IKN berlangsung secara masif. Penelitian Aimaryadi et al. (2025) menunjukkan adanya penurunan luas vegetasi dan peningkatan lahan terbuka di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP). Selama kurang lebih 2 tahun terjadi penurunan luas vegetasi yang signifikan. Luas vegetasi yang awalnya sekitar 422,59 km² pada tahun 2022 mengalami penurunan sebesar 400,03 km² pada tahun 2024. Selain itu juga terjadi peningkatan lahan terbuka dari 52,71 km² menjadi 86,24 km². Kondisi tersebut mengindikasikan adanya aktivitas pembukaan lahan yang intensif.

Penelitian Adinugroho et al. (2023) juga mengungkapkan adanya penurunan kepadatan kanopi hutan akibat penebangan. Padahal wilayah sekitar IKN diproyeksikan sebagai penyangga untuk mewujudkan *forest city*. Menurut Wang et al. (2024) konsep *forest city* mendorong untuk merestorasi ekosistem perkotaan dan mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

IKN diproyeksikan sebagai kota berkelanjutan dengan konsep *forest city*, *sponge city* dan *smart city*. Konsep ini diatur dalam Peraturan Kepala Otorita IKN Nomor 11 Tahun 2025 tentang Rencana Strategis Otorita IKN Tahun 2025-2029. Pembangunan IKN seharusnya dapat menjadi katalis pertumbuhan ekonomi di Kawasan Timur Indonesia. Salah satu ekosistem yang mempunyai peran penting dalam implementasi *forest city* di IKN adalah ekosistem mangrove.

Ekosistem mangrove masuk dalam *No-Go Area* atau zona yang dilindungi secara ketat agar pembangunan fisik tidak merusak fungsi ekologisnya. Ekosistem mangrove juga menjadi bagian dari pengembangan ekonomi biru di IKN pada tahun 2025-2029. Sesuai dengan delapan prinsip pembangunan IKN yang mendorong pertumbuhan yang kompetitif sekaligus rendah emisi dan inklusif, ekosistem mangrove masuk pada klaster ekowisata dan kebugaran yang inklusif. Melalui pendekatan tersebut, ekosistem mangrove diharapkan dapat menjadi destinasi wisata pesisir.

Berdasarkan Keputusan Kepala Otorita IKN Nomor 36 Tahun 2024 tentang Rencana Induk Pengelolaan Keanekaragaman Hayati Ibu Kota Nusantara, ekosistem mangrove di kawasan IKN

tersebar di wilayah Teluk Balikpapan dan Muara Jawa. Pesatnya pembangunan infrastruktur di kawasan tersebut berpotensi mempengaruhi kondisi ekosistem mangrove. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dinamika perubahan luas, tingkat kerapatan, dan perubahan tutupan lahan ekosistem mangrove di kawasan IKN menggunakan pendekatan penginderaan jauh (*remote sensing*).

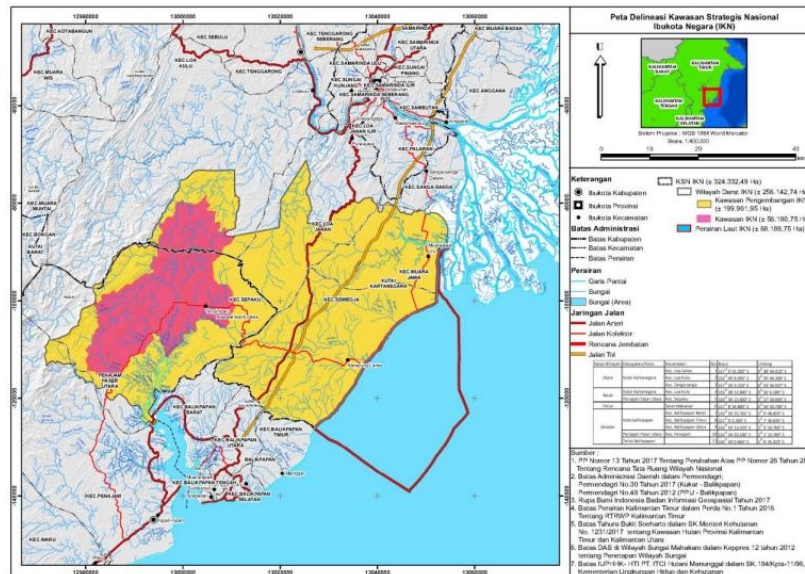
Pendekatan *remote sensing* sering digunakan untuk monitoring ekosistem mangrove karena mampu menyediakan data spasial multitemporal pada wilayah yang luas (Vasquez et al. 2024). Identifikasi ekosistem mangrove pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *Automatic Mangrove Map and Index* (AMMI). Secara teknis metode AMMI tidak memerlukan digitasi secara manual dan tidak memerlukan data pelatihan (*training data*) sebagaimana metode berbasis *machine learning*. Karakteristik tersebut menjadikan AMMI sesuai untuk penelitian ini yang berfokus pada identifikasi dan pemantauan perubahan tutupan mangrove secara spasial dan multitemporal. AMMI merupakan formula sederhana untuk melacak, menangkap dan memetakan secara otomatis dan menyampaikan informasi indeks vegetasi berdasarkan citra satelit (Suyarso dan Avianto 2022).

Penelitian sebelumnya di kawasan IKN berfokus pada perubahan lahan secara umum. Kajian spesifik terkait perubahan ekosistem mangrove berbasis metode AMMI pada periode sebelum dan sesudah pembangunan IKN masih terbatas. Penelitian ini penting untuk mengidentifikasi bagaimana dinamika luasan dan kerusakan ekosistem mangrove di kawasan IKN. Sehingga diharapkan dapat mengevaluasi keberlanjutan lingkungan dalam pembangunan untuk mewujudkan IKN sebagai *forest city*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga Mei 2026 di kawasan Ibu Kota Nusantara, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Deliniasi wilayah penelitian yang digunakan merupakan batas administrasi berdasarkan UU Nomor 21 Tahun 2023 tentang Perubahan atas UU Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara yang mencakup Kawasan Pengembangan Ibu Kota Nusantara (KP IKN), Kawasan IKN dan Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP). Peta lokasi penelitian terlampir pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Penelitian berdasarkan UU Nomor 21 Tahun 2023 tentang Ibu Kota Negara

Pengumpulan Data atau Prosedur Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat laptop, *Google Earth Engine* (GEE) dan perangkat lunak QGIS untuk mendukung pengolahan data spasial. Bahan yang digunakan merupakan data citra satelit multitemporal dari tahun 2005 hingga tahun 2024 pada lokasi penelitian. Daftar data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Proses pengolahan citra dibagi menjadi dua tahapan. Pertama, melakukan identifikasi mangrove menggunakan metode *Automatic Mangrove Map and Index* (AMMI) dan analisis kerapatan mangrove menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dengan mengacu pada Kriteria Baku Kerusakan Mangrove berdasarkan Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004. Kedua, melakukan analisis perubahan tutupan lahan dengan memanfaatkan data dari ESRI Global Land Cover untuk mengetahui dinamika perubahan tutupan lahan sebelum adanya IKN dan setelah

adanya pembangunan IKN. Data HydroSHEDS dan Global Surface Water digunakan sebagai data pendukung untuk mengetahui sebaran sungai dan kejadian air pada deliniasi IKN.

Pengolahan dan Analisis Data

Pra-pengolahan Citra

Pra-pengolahan citra dilakukan sebelum analisis indeks vegetasi untuk meningkatkan kualitas data citra satelit. Tahapan pra-pengolahan meliputi *filtering* citra berdasarkan tanggal perekaman, batas wilayah penelitian, dan persentase tutupan awan. Selanjutnya dilakukan *cloud masking* untuk menghilangkan pengaruh awan, *cirrus*, dan bayangan awan. Citra kemudian dikoreksi menggunakan *scale factor surface reflectance*, dilanjutkan dengan pembuatan citra komposit median guna memperoleh citra representatif tahunan. Tahap berikutnya dilakukan *clipping citra* sesuai batas wilayah penelitian dan seleksi *band* yang digunakan dalam analisis AMMI dan NDVI.

Tabel 1 Daftar data citra satelit multitemporal dan kegunaannya

Tahun	Jenis Data	Sumber	Resolusi	Kegunaan
2005	Landsat 5-TM	USGS	30 m	Identifikasi dan analisis kerapatan mangrove
2015	Landsat 8-OLI	USGS	30 m	
2020	Sentinel-2 Surface Reflectance	Copernicus	10 m	
2024	Sentinel-2 Surface Reflectance	Copernicus	10 m	
	ESRI Global Land Cover	ESRI Land Cover	10 m	Analisis perubahan tutupan lahan
-	HydroSHEDS	WWF	-	Data pendukung sebaran sungai
-	Global Surface Water	European Commission	-	Data pendukung kejadian air

Perhitungan *Automatic Mangrove Map and Index* (AMMI)

Identifikasi mangrove menggunakan metode AMMI. Penelitian ini menggunakan citra multitemporal diantaranya: Landsat-5 TM, Landsat-8 OLI dan Sentinel-2. Korelasi citra satelit yang digunakan pada metode ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Suyarso dan Avianto (2022) menyatakan secara teknis penggunaan metode AMMI terlebih dahulu meningkatkan respon spektral vegetasi, hal ini bertujuan untuk mengurangi respon spektral objek laut seperti air, kerang dan lumpur maupun semak belukar, pemukiman dan lahan terbuka. Selanjutnya, melakukan identifikasi hutan mangrove dan non-mangrove. Adapun persamaan metode AMMI dapat dituliskan sebagai berikut:

$$AMMI = \frac{(NIR - Red)}{(Red + SWIR1)} \times \frac{(NIR - SWIR1)}{(SWIR1 - 0.65 * Red)}$$

Keterangan:

NIR = Infrared dekat

Red = Merah

SWIR1 = Infrared gelombang pendek

0.65

= Nilai konstanta digunakan untuk mengurangi reflektansi band merah agar menghindari nilai tak terhingga pada tepi mangrove yang berbatasan langsung dengan laut.

Klasifikasi Kerapatan Mangrove

Setelah mangrove diidentifikasi menggunakan metode AMMI, selanjutnya melakukan klasifikasi kerapatan mangrove. Klasifikasi kerapatan menggunakan kriteria baku kerusakan mangrove yang dapat pada Tabel 3.

Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Prinsip dari formula ini adalah radiasi dari visible red oleh klorofil hijau daun sehingga akan direfleksikan rendah, sedangkan radiasi dari sinar near infrared akan kuat direfleksikan oleh struktur daun. Indeks ini mempunyai kisaran dari -1,0 sampai 1,0 (Arhatin, 2007). Persamaan metode NDVI dapat dituliskan sebagai berikut:

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

Keterangan:

NIR = Infrared dekat

Red = Merah

Tabel 2 Korelasi citra satelit yang digunakan pada metode AMMI^{a)}

Landsat 5		Landsat 8		Sentinel 2		Deskripsi
Band	Band	Resolusi (m)	Panjang Gelombang	Band	Resolusi (m)	
1	2	30	0.450-0.515	2	10	Blue
2	3	30	0.525-0.600	3	10	Green
3	4	30	0.630-0.680	4	10	Red
4	5	30	0.845-0.885	8A	20	Near Infra Red (NIR)
5	6	30	1.560-1.660	11	20	Short Wave Infra Red-1 (SWIR-1)
7	7	30	2.100-2.300	12	20	Short Wave Infra Red-2 (SWIR-2)

^{a)} Sumber: Suyarso dan Avianto (2022).

Tabel 3 Kriteria Baku Kerusakan Mangrove berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004

Kriteria		Penutupan (%)	Kerapatan (pohon/ha)
Baik	Sangat Padat	≥ 75	≥ 1.500
	Sedang	≥ 50 - < 75	≥ 1.000 - < 1.5000
Rusak	Jarang	< 50	< 1.000

Tabel 4 Kelas tutupan lahan ESRI Land Cover Tahun 2024^{a)}

Kode	Kelas Tutupan Lahan	Warna Visualisasi
1	Water	Biru
2	Trees	Hijau Tua
4	Flooded Vegetation	Hijau Muda
5	Crops	Kuning
7	Built Area	Merah
8	Bare Ground	Cokelat

^{a)} Sumber: ArcGIS Living Atlas of the World.

Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan tutupan lahan pada penelitian ini menggunakan dataset dari ESRI Land Cover. Dataset tersebut merupakan peta tutupan lahan tahunan dengan menggunakan data citra Sentinel-2 resolusi 10 m. Dataset ini dapat diakses pada ArcGIS Living Atlas of The World. Peta ini dikembangkan menggunakan pendekatan kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* (AI) dan *deep learning*. Analisis digunakan dengan metode *overlay* antara identifikasi mangrove tahun 2020 menggunakan metode AMMI dengan data kelas tutupan lahan ESRI Land Cover tahun 2024 untuk mengetahui tutupan lahan setelah pembangunan IKN. Kelas tutupan lahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Kelas-kelas tersebut digunakan untuk mengetahui perubahan area mangrove menjadi tutupan lahan tertentu pada periode pengamatan. Kelas tutupan *water* mengidentifikasi badan air, sedangkan untuk kelas *trees* dan *flooded vegetation* diklasifikasikan sebagai vegetasi berkayu dan vegetasi lahan basah. Area terbangun dapat diidentifikasi menggunakan kelas tutupan lahan *built area*. Kelas *crops* diklasifikasikan untuk merepresentasikan area budidaya seperti pertanian dan perkebunan. Kelas tutupan lahan *bare ground* diklasifikasikan sebagai lahan terbuka tanpa vegetasi.

Validasi Hasil Klasifikasi

Pengambilan sampel validasi dilakukan menggunakan metode *Stratified Random Sampling*. Sampel diambil secara acak berdasarkan kelas hasil klasifikasi sehingga setiap kelas memperoleh jumlah sampel yang memadai untuk dievaluasi (Stehman 2009). Sampel yang digunakan sebanyak 200 titik, terdiri atas 100 titik kelas mangrove dan 100 titik kelas non-mangrove.

Interpretasi dilakukan secara visual menggunakan citra menggunakan perangkat lunak QGIS. Titik sampel masing-masing diamati berdasarkan karakteristik visual, meliputi posisi terhadap garis pantai atau sungai, pola sebaran vegetasi, tekstur tajuk, bentuk vegetasi, serta asosiasi dengan lingkungan sekitarnya. Berdasarkan hasil interpretasi tersebut, setiap titik

diklasifikasikan menjadi dua kelas, yaitu mangrove (1) dan non-mangrove (0).

Kelas hasil interpretasi visual dibandingkan dengan hasil klasifikasi AMMI menggunakan *Confusion Matrix*. Matriks tersebut digunakan untuk menghitung nilai *Overall Accuracy* (OA), *Producer's Accuracy* (PA), *User's Accuracy* (UA), dan *Koefisien Kappa* (κ) sebagai indikator tingkat akurasi klasifikasi (Congalton dan Green 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luasan Ekosistem Mangrove

Hasil analisis menggunakan metode AMMI menunjukkan luasan ekosistem mangrove di IKN pada tahun 2005-2024 mengalami dinamika perubahan. Berdasarkan pengamatan melalui citra satelit multitemporal didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil identifikasi luasan hutan mangrove dari tahun 2005 hingga tahun 2024 mengalami penurunan sebesar 3.220,95 ha, meski luasan hutan mangrove pada tahun 2020 sempat mengalami kenaikan jika dibanding tahun 2015. Hasil identifikasi tahun 2005 menggunakan citra Landsat-5 menunjukkan luas mangrove sebesar 12.818,93 ha. Periode tersebut belum mengalami tekanan pembangunan secara intensif pada ekosistem mangrove. Hasil identifikasi tahun 2015 menggunakan citra Landsat-8 menunjukkan ekosistem mangrove mengalami penurunan luas sebesar 1.381,25 ha atau 10,77% menjadi 11.437,68 ha.

Pengamatan pada tahun 2020 dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi ekosistem mangrove sebelum dimulainya pembangunan IKN. Proyek pembangunan IKN baru secara resmi dicanangkan oleh pemerintah pusat pada tahun 2019. Hasil identifikasi tahun 2020 menggunakan citra Sentinel-2 menunjukkan luasan mangrove pada tahun 2020 mengalami kenaikan luas sebesar 22,61 ha atau 0,19% menjadi 11.460,29 ha. Hal ini sejalan dengan studi perubahan mangrove di pesisir lain di Indonesia yang menunjukkan bahwa mangrove dapat meningkat pada area tertentu karena regenerasi atau rehabilitasi, tetapi kembali menurun ketika tekanan antropogenik meningkat (Marfi et al. 2025).

Tabel 5 Luasan ekosistem mangrove tahun 2005-2024

Tahun	Jenis Data	Dataset	Luas (ha)
2005	Landsat 5	LANDSAT/LT05/C02/T1_L2	12.818,93
2015	Landsat 8	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2	11.437,68
2020	Sentinel-2	COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED	11.460,29
2024	Sentinel-2	COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED	9.597,98

Hasil identifikasi tahun 2024 menggunakan citra Sentinel-2 didapatkan adanya penurunan luas ekosistem mangrove sebesar 1.862,31 ha atau 16,25% menjadi 9.597,98 ha. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh aktivitas pembangunan infrastruktur, perubahan penggunaan lahan, sedimentasi, perubahan hidrologi pesisir, dan konversi lahan menjadi kawasan budidaya maupun area bangunan. Perubahan tutupan lahan diketahui menjadi salah satu penyebab utama degradasi mangrove (Budiadi et al.2023; Rahmawaty et al.2023).

Perubahan luasan hutan mangrove meski demikian belum bisa dipastikan karena dimulainya pembangunan IKN Tahap I (2020-2024). Perlu dilakukan identifikasi untuk memastikan perubahan luasan menjadi tutupan lahan tertentu. Walaupun kondisi pembangunan IKN pada tahun 2024 berlangsung secara intensif setelah diterbitkan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara yang mempercepat pembangunan fisik dan infrastruktur di kawasan IKN.

Kerapatan Mangrove

Hasil identifikasi kerapatan mangrove menggunakan metode NDVI menunjukkan hutan mangrove pada kawasan IKN masih didominasi mangrove dengan penutupan lebih dari 75% atau kategori sangat padat. Berdasarkan identifikasi NDVI didapatkan hasil kerapatan mangrove yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Penurunan luasan kategori sangat padat terjadi pada tahun 2024. Menurut Achmad et al. (2020) penurunan dapat terjadi karena adanya degradasi parsial, meskipun secara umum tegakan mangrove masih relatif baik. Mangrove yang lebih rapat cenderung berasosiasi dengan perubahan garis pantai yang stabil, sedangkan mangrove yang lebih jarang lebih rentan terhadap abrasi. Sehingga berkurangnya kelas sangat padat di IKN dapat menjadi indikator awal menurunnya kemampuan perlindungan pesisir pada beberapa lokasi.

Pada tahun 2005 selain didominasi mangrove padat seluas 9.560,76 ha, juga terdapat mangrove sedang dengan luas 2.673,88 ha dan mangrove

jarang dengan luas 584,28 ha. Pada tahun 2015 total luas mangrove mengalami penurunan, namun tingkat kerapatan mangrove masih didominasi mangrove sangat padat. Pada tahun 2015 juga tingkat kerapatan sedang mengalami penurunan sebesar 2,485.13 ha, dari 2.673,88 ha pada tahun 2005 menjadi 188,75 pada tahun 2015. Terjadi peningkatan mangrove sangat padat pada tahun 2015 menjadi 10.993,15 ha. Perubahan kerapatan mangrove pada tahun 2005 – tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada tahun 2024 total luas ekosistem mangrove mengalami penurunan sebesar 1.862,31 ha dari tahun 2020 menjadi 9.597,98 ha. Penurunan ini didominasi oleh mangrove sangat padat seluas 1.721,02 ha dan mangrove sedang seluas 151,51 ha. Menurut penelitian Afifah et al. (2025) terdapat penurunan kerapatan mangrove pada kawasan Teluk Balikpapan pada tahun 2016 hingga tahun 2023. Pada tahun 2023 diprediksikan mengalami penurunan pada kerapatan mangrove rapat hingga 24,09% atau 4.019,78 ha dan mangrove rendah sebesar 46,81% atau 787,93 ha. Meski demikian mengalami kenaikan pada mangrove sedang sebesar 43,26% atau 788,52 ha.

Hasil analisis NDVI menunjukkan bahwa kawasan mangrove di IKN masih didominasi oleh kategori sangat padat. Interpretasi tingkat kerapatan ini perlu dicermati karena penggunaan NDVI masih memiliki keterbatasan dalam mengklasifikasikan mangrove. Menurut (Tran et al. 2022; Mai et al. 2025) efek saturasi (*saturation effect*) mencapai batas maksimum pada tingkat kerapatan sangat padat. Keterbatasan ini dapat dikembangkan melalui penggunaan *Enhanced Vegetation Index* (EVI) atau *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI) yang lebih sensitif terhadap variasi struktur kanopi padat (Huete et al. 2002; Tran et al. 2022). Pengembangan juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan data penginderaan jauh aktif seperti *Synthetic Aperture Radar* (SAR / Sentinel-1) maupun LiDAR yang dapat diolah melalui GEE dan berpotensi meningkatkan akurasi estimasi kerapatan mangrove di kawasan pesisir IKN (Ghorbanian et al. 2021; Mai et al. 2025).

Tabel 6 Kerapatan ekosistem mangrove tahun 2005-2024

Tahun	Jenis Data	Tingkat Kerapatan (ha) ^{a)}			
		Jarang	Sedang	Sangat Padat	Total Luas
2005	Landsat 5	584,28	2.673,88	9.560,76	12.818,93
2015	Landsat 8	255,77	188,75	10.993,15	11.437,68
2020	Sentinel-2	92,67	386,96	10.998,65	11.460,29
2024	Sentinel-2	102,89	217,45	9.277,63	9.597,98

^{a)} Berdasarkan Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004



Gambar 2 Perubahan kerapatan ekosistem mangrove pada deliniasi IKN. (A) tahun 2005, (B) tahun 2015, (C) tahun 2020 dan (D) tahun 2024

Perubahan Tutupan Lahan Mangrove

Pembangunan IKN menyebabkan perubahan tutupan lahan di IKN. Hal ini memicu perubahan yang signifikan dalam pemanfaatan lahan dan vegetasi alami (Syaban dan Appiah-Opoku 2024). Tidak terkecuali pada ekosistem mangrove sebelum dan setelah adanya pembangunan IKN. Perubahan tutupan lahan mangrove dapat dilihat pada Tabel 7.

Tutupan lahan pada ekosistem mangrove tahun 2024 masih didominasi vegetasi dengan luasan sebesar 7.708,39 ha dan vegetasi basah dengan luasan 70,21 ha atau 92,88%. Terdapat perubahan ekosistem mangrove menjadi area pertanian atau perkebunan dengan luasan 214,89 ha atau 2,57%. Perubahan menjadi badan air dengan luasan 362,29 ha atau 4,33% dan perubahan menjadi area terbangun sebanyak 10,57 ha atau 0,13% serta lahan terbuka sebanyak 8,78 ha atau 0,10%.

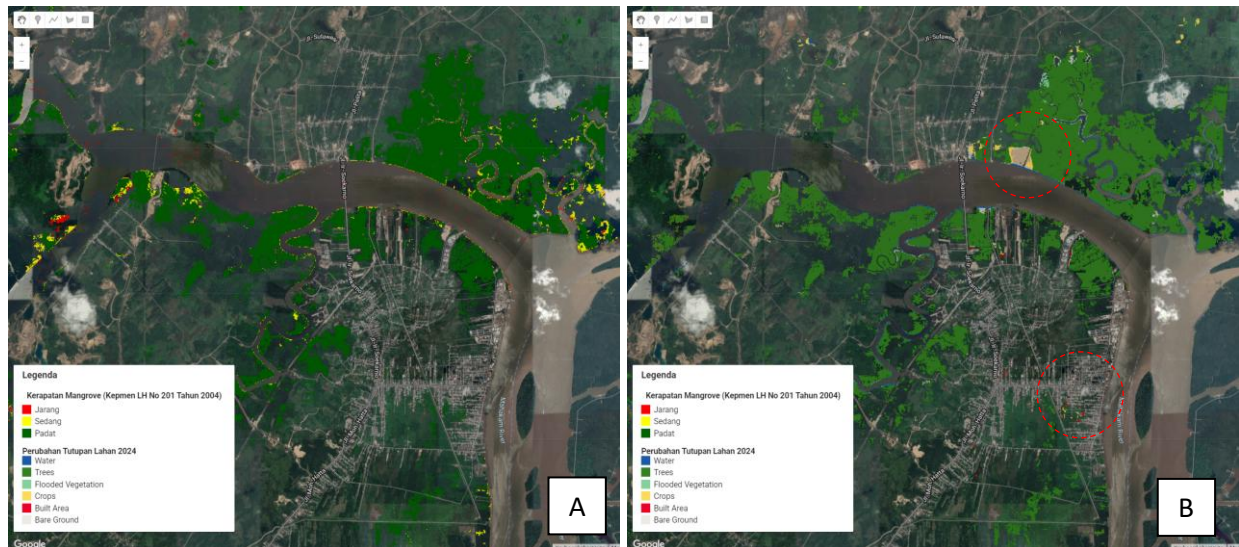
Dinamika perubahan tutupan lahan ini kerap terjadi pada ekosistem mangrove akibat tekanan antropogenik dan perubahan lingkungan pesisir. Urbanisasi pesisir, pembangunan infrastruktur, ekspansi kawasan budidaya, dan perubahan

hidrologi menjadi faktor utama yang mempengaruhi perubahan tutupan lahan mangrove di berbagai wilayah tropis (Rahmawaty et al. 2023). Hal serupa terjadi pada studi mangrove di Singkawang Utara, Kalimantan Barat dimana lahan mangrove juga mengalami perubahan akibat perubahan penggunaan lahan terutama di wilayah yang mengalami pembangunan dan intensifikasi aktivitas ekonomi (Widiastuti et al. 2024). Perubahan tutupan lahan pada ekosistem mangrove pada deliniasi IKN dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

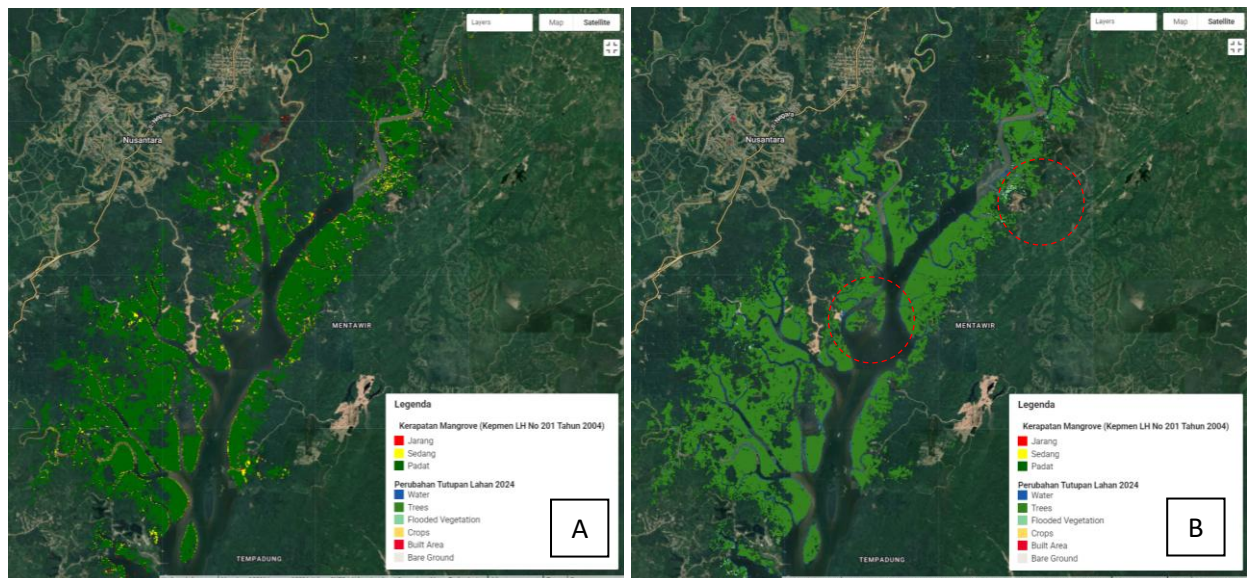
Perubahan tutupan lahan mangrove di Muara Jawa seperti pada Gambar 3 menjadi area pertanian atau perkebunan. Selain itu juga terdapat perubahan menjadi area terbangun meskipun persentasinya kecil. Berdasarkan penelitian Aan et al. (2021) terdapat konversi lahan di Muara Jawa pada tahun 2019 dari vegetasi mangrove menjadi berbagai tutupan lahan, diantaranya: non-mangrove sebesar 13,21 ha, lahan tambak 52,49 ha, pemukiman 0,07 ha dan badan air 13,66 ha.

Tabel 7 Perubahan tutupan lahan pada ekosistem mangrove tahun 2024

Kode	Kelas Tutupan Lahan	Luas Perubahan (ha)	Persentase (%)
1	Water (Badan Air)	362,29	4,33
2	Trees (Vegetasi)	7.708,39	92,04
4	Flooded Vegetation (Vegetasi Basah)	70,21	0,84
5	Crops (Area Pertanian/Perkebunan)	214,89	2,57
7	Built Area (Area Terbangun)	10,57	0,13
8	Bare Ground (Lahan terbuka)	8,78	0,10



Gambar 3 Perubahan tutupan lahan di Muara Jawa pada deliniasi IKN. (A) sebelum pembangunan IKN tahun 2020 dan (B) setelah pembangunan IKN tahun 2024



Gambar 4 Perubahan tutupan lahan di Teluk Balikpapan pada deliniasi IKN. (A) sebelum pembangunan IKN tahun 2020 dan (B) setelah pembangunan IKN tahun 2024

Perubahan lahan mangrove juga terjadi di area Teluk Balikpapan yang lebih didominasi dari mangrove menjadi badan air seperti pada Gambar 4. Konversi hutan mangrove menjadi badan air mengindikasikan penurunan kesehatan hutan mangrove (Tran et al. 2024). Hal serupa juga terjadi

di kawasan Balikpapan Barat yang merupakan bagian dari Teluk Balikpapan. Penelitian Sihalohe et al. (2023) menunjukkan adanya perubahan tutupan lahan dari tahun 1995 hingga tahun 2015 pada ekosistem mangrove menjadi badan air sebesar 11,40 ha.

Tabel 8 Hasil *confusion matrix* klasifikasi AMMI

Referensi	Non Mangrove	Mangrove	Total
Non Mangrove	95	39	134
Mangrove	5	61	66
Total	100	100	200

Validasi Hasil Klasifikasi Mangrove

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena bergantung pada kualitas citra dan ketelitian proses interpretasi. Hasil validasi pada 200 titik sampel (100 titik kelas mangrove dan 100 titik kelas non-mangrove) yang diperoleh melalui metode *Stratified Random Sampling*, menunjukkan klasifikasi mangrove menggunakan metode AMMI menghasilkan *Overall Accuracy* sebesar 78% dengan *Koefisien Kappa* sebesar 0,56. Klasifikasi (Landis dan Koch 1977) menyatakan nilai Kappa tersebut termasuk ke dalam kategori moderate agreement, yang menunjukkan bahwa hasil klasifikasi memiliki tingkat kesesuaian sedang terhadap data referensi.

Berdasarkan Tabel 8 hasil *confusion matrix* diidentifikasi 156 titik berhasil diklasifikasikan dengan benar dan 44 titik mengalami kesalahan klasifikasi. Nilai *Producer's Accuracy* untuk kelas mangrove mencapai 92,42%, sedangkan kelas non-mangrove sebesar 70,90%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar area mangrove berhasil diidentifikasi oleh metode AMMI.

Nilai *User's Accuracy* untuk kelas non-mangrove sebesar 95%, sedangkan kelas mangrove sebesar 61%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa meskipun metode AMMI mampu mendeteksi sebagian besar mangrove, masih terdapat kecenderungan mengklasifikasikan vegetasi non-mangrove sebagai mangrove. Kesalahan klasifikasi tersebut diduga disebabkan oleh kemiripan karakteristik spektral antara hutan mangrove dengan vegetasi pesisir lainnya, seperti vegetasi rawa, vegetasi riparian, maupun vegetasi yang tumbuh pada kawasan pasang surut.

Penggunaan citra dengan resolusi spasial lebih tinggi seperti citra UAV dapat menjadi alternatif data pendukung untuk memperoleh informasi yang lebih rinci pada lokasi tertentu sekaligus mendukung proses validasi. UAV dapat diposisikan sebagai data pelengkap karena cakupan spasial dan temporalnya lebih terbatas dibandingkan citra satelit (Mai *et al.* 2025). Metode *machine learning* juga berpotensi dikembangkan dengan mengintegrasikan informasi spektral, tekstural, dan multitemporal, tetapi penerapannya memerlukan data referensi dan *training data* yang memadai (Ghorbanian *et al.* 2021; Mai *et al.* 2025). Pengembangan AMMI melalui kombinasi dengan indeks vegetasi lainnya, data UAV, citra radar, maupun metode *machine learning* dapat

meningkatkan ketelitian pemetaan dan mendukung *quick assessment* ekosistem mangrove.

Potensi Dampak Ekologis

Perubahan dinamika ekosistem mangrove di IKN berpotensi menimbulkan dampak ekologis. Salah satunya penurunan fungsi perlindungan pantai. Penurunan kualitas mangrove dapat mengurangi fungsi ekologis sebagai habitat fauna pesisir, pelindung abrasi, dan penyangga ekosistem pesisir terhadap perubahan iklim (Sunkur *et al.* 2024). Mangrove berperan untuk menstabilkan pesisir dan menahan gelombang atau arus (Virdianto *et al.* 2024).

Dampak ekologis lainnya pada ekosistem mangrove adalah penurunan fungsi sebagai penyimpan karbon. Ekosistem mangrove dapat menyimpan sekitar 253-534 ton karbon per hektar (Ram *et al.* 2026). Berdasarkan temuan Kiswanto *et al.* (2025) ekosistem mangrove di IKN menyimpan setidaknya 156.563 ton karbon per hektar dan total biomassa sebesar 333.113 ton per hektar.

Tingginya kapasitas penyimpanan karbon di IKN menunjukkan jika ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam pengurangan emisi karbon yang dapat mempengaruhi penerapan konsep *forest city* sesuai visi Pembangunan IKN. Diperlukan keseimbangan antara pembangunan perkotaan dan keberlanjutan lingkungan merupakan ciri penerapan konsep *forest city*. Konsep ini juga secara signifikan dapat mengurangi intensitas emisi karbon. (Jiang *et al.* 2026). Sehingga perlu ditekankan kembali jika pelestarian dan pemulihan ekosistem mangrove diperlukan untuk menerapkan konsep *forest city* di IKN (Kiswanto *et al.* 2025).

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas hutan mangrove di kawasan IKN menurun dari 12.818,93 ha pada tahun 2005 menjadi 9.597,98 ha pada tahun 2024 atau berkurang sebesar 25,13%. Penurunan terbesar terjadi pada periode 2020–2024 seluas 1862.31 ha atau sebesar 16,25%. Kerapatan mangrove masih didominasi kategori sangat padat. Luas mangrove dengan kerapatan sangat padat juga mengalami penurunan sebesar 15.57% dari tahun 2020 sampai 2024. Hutan mangrove mengalami perubahan tutupan lahan menjadi badan air, area pertanian atau perkebunan, area terbangun, serta lahan terbuka. Kondisi ini menunjukkan adanya

tekanan ekologis yang berpotensi menurunkan fungsi perlindungan pesisir dan kapasitas penyimpanan karbon, sehingga diperlukan upaya perlindungan dan pengelolaan mangrove secara berkelanjutan untuk mendukung terwujudnya konsep *forest city* di kawasan IKN.

KONTRIBUSI PENULIS

IL: Konseptualisasi, Metodologi, Investigasi, Pengumpulan Data, Kurasi Data, Analisis Formal, Visualisasi, Penulisan – Draf Asli, Penulisan – Tinjauan & Penyuntingan; **CK:** Konseptualisasi, Metodologi, Supervisi, Validasi, Penulisan – Tinjauan & Penyuntingan, Administrasi Proyek. **OR:** Konseptualisasi, Metodologi, Supervisi, Validasi, Penulisan – Tinjauan & Penyuntingan, Administrasi Proyek

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI (*Artificial Intelligence*)

Selama penyusunan karya ini, penulis tidak menggunakan AI.

DAFTAR PUSTAKA

- Aan, Abdunur, Widya K. 2021. Pemetaan Perubahan Tutupan Lahan Hutan Mangrove di Wilayah Pesisir Kecamatan Muara Jawa, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Aquarine* 8:1-7.
- Achmad E, Nursanti, Marwoto, Fazriyas, Dwi PJ. 2020. Studi kerapatan mangrove dan perubahan garis pantai tahun 1989-2018 di Pesisir Provinsi Jambi. *Journal of Natural Resources and Environmental Management* 10: 138-152.
- Adinugroho WC, Prasetyo LB, Kusmana C, Krisnawati H. 2023. Spatial-temporal forest canopy density in Indonesia's new capital city and its surrounding area. *International Seminar of Natural Resources and Environmental Management*:1-12.
- Afifah N, Rufaidha L, Akemat RS. 2025. Pemetaan Prediksi Perubahan Kondisi Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2 dan Indeks Vegetasi Turunan pada Kawasan Teluk Balikpapan. Seminar Nasional Geomatika VII Tahun 2024: *Informasi Geospasial untuk Ibu Kota Nusantara*: 1-12.
- Aimariyadi W, Batrisyibazla A, Tobing VRE, Kurniawan R. 2025. Evaluating the Impact of Ibu Kota Nusantara (IKN) Development on Land Cover Using Machine Learning-Based Sentinel-2A Satellite Image Classification. *International Conference on Data Science and Official Statistics*: 2-13.
- Arhatin RE. 2007. *Pengkajian Algoritma Indeks Vegetasi dan Metode Klasifikasi Mangrove dari Data Satelit Landsat-5 TM dan Landsat-7 ETM+ : Studi Kasus di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur* [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Budiadi B, Ambar P, Lina DL, Aqmal NJ, Boy AM, Sigit P. 2023. Land cover changes, biomass loss, and predictive causes of massive dieback of a mangrove plantation in Lampung, Sumatra. *Frontiers in Forests and Global Change*:1-12.
- Congalton RG, Green K. 2019. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. ed ke-3. Boca Raton (US): CRC Press.
- Ghorbanian A, Zaghian S, Asiyabi RM, Amani M, Mohammadzadeh A, Jamali S. 2021. Improved mangrove mapping using Sentinel-1 and Sentinel-2 time series in Google Earth Engine. *Remote Sensing* 13(12): 2387.
- Huete A, Didan K, Miura T, Rodriguez EP, Gao X, Ferreira LG. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 83(1-2): 195-213.
- Jiang W, Shilong P, Hanjin X. 2026. Low Carbon City: Evidence from China's National Forest City Construction. *Frontiers in Environmental Science*:1-24.
- Kiswanto, Mardiany, Budiawan TJ, Wanda LF, Rosa PO, Stevanus DB, Rita D. 2025. Biodiversity and Carbon Stocks of Mangrove Forests in Nusantara Capital City of Indonesia. *The 1st International Conference on Forest City (1st ICFC)*:1-12.
- Landis JR, Koch GG. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33(1): 159–174.
- Mai X, Zhang Y, Liu H, Chen B. 2025. Estimation of mangrove aboveground carbon using integrated UAV-LiDAR and multi-source satellite features. *Sustainability* 17(18): 8211.
- Marfi KP, Rahmat A, Azelia DR, Ali D, Aulia U, Raditya FP, Neviaty PZ, Rahmat P, Yudi S. 2025. Dynamic Change of Mangroves in Aceh Tamiang Regency using Landsat Temporal Data, 2000 to 2023. *Media Konservasi* 30:344-361.
- Rahmawaty, Josua S, Arif N, Moehar MH, Mohd HI, Abdul R, Harry K, Seca G, Mahawan K. 2023. Mangrove cover change (2005–2019) in

- the Northern of Medan City, North Sumatra, Indonesia. *Geocarto International* 38:1-28.
- Ram M, Marcus S, Nathan JW. 2026. Blue carbon stock of restored mangrove forests is lower than naturally recruited mangroves. *Ocean and Coastal Management* 276:1-11.
- Sihaloho Y, Abdunnur, Dewi EB. 2023. Pemetaan Perubahan Tutupan Lahan Hutan Mangrove di Kawasan Balikpapan Barat. *Manfish Journal* 4:9-18.
- Stehman SV. 2009. Sampling designs for accuracy assessment of land cover. *International Journal of Remote Sensing* 30(20): 5243–5272.
- Sunkur R, Komali K, Chandradeo B, Upaka R, Michael F. 2024. Mangrove mapping and monitoring using remote sensing techniques towards climate change resilience. *Natureportfolio* 14.
- Suyarso, Avianto P. 2022. AMMI Automatic Mangrove Map and Index: Novelty for efficiently monitoring mangrove changes with the case study in Musi Delta, South Sumatra, Indonesia. *International Journal of Forestry Research* 2022: 1–13.
- Syaban ASN, Seth AO. 2024. Unveiling the Complexities of Land Use Transition in Indonesia's New Capital City IKN Nusantara: A Multidimensional Conflict Analysis. *Land* 13:1-36.
- Tran TV, Reef R, Zhu X. 2022. A review of spectral indices for mangrove remote sensing. *Remote Sensing* 14(19): 4868.
- Tran TV, Ruth R, Xuan Z. 2024. Long-term changes of mangrove distribution and its response to anthropogenic impacts in the Vietnamese Southern Coastal Region. *Journal of Environmental Management* 370:1-17.
- Vasquez J, Rosa AB, Wendy MC, Milton Guerrero, Luisa MO. 2024. Determining Changes in Mangrove Cover Using Remote Sensing with Landsat Images: a Review. *Water Air Soil Pollut* 235:1-17.
- Virdianto NR, Dewi EB, Nurfadilah. 2024. Analisis Struktur Komunitas Mangrove Di Kecamatan Muara Badak Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Laot Ilmu Kelautan* 6:10-17.
- Wang Y, Zou F, Guo W, Lu W, Deng Y. 2024. Impact of Forest City Selection on Green Total Factor Productivity in China under the Background of Sustainable Development. *Forests* 15:1-21.
- Widiastuti T, Dwi A, Emi R, Wiwik E, Hanna AE. 2024. Mangrove land cover changes in North Singkawang, West Kalimantan, Indonesia analyzed using Landsat 8 images. *Biodiversitas* 25:3160-3167.