Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826 DOI : 10.14710/jmr.v15i4.59131
EISSN: 2407-7690
https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr

Pemetaan Mangrove Di Kawasan Mangrove Setapuk Besar Menggunakan Google Earth Engine

Andhiaz Widya Prayudha*, Jasisca Meirany, Liany Ayu Catherine
Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura
Jl. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Pontianak Tenggara, Pontianak, Kalimantan Barat 78124 Indonesia
Corresponding author, e-mail: andhiazwidya15@gmail.com

ABSTRAK: Ekosistem mangrove memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir sehingga diperlukan pemantauan secara berkala untuk mengetahui kondisi dan perubahannya. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran dan perubahan luas mangrove di Kawasan Mangrove Setapuk Besar, Kota Singkawang, Kalimantan Barat pada tahun 2018 – 2024 menggunakan citra satelit Sentinel-2 yang diolah melalui platform *Google Earth Engine* (GEE). Metode yang digunakan meliputi pengolahan citra, perhitungan indeks vegetasi berupa NDVI, NDWI, MNDWI, dan EVI, serta klasifikasi menggunakan algoritma *Random Forest* yang diuji menggunakan *Confusion Matrix*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Random Forest* menghasilkan nilai *Overall Accuracy* sebesar 83,72% - 100% dan nilai *Kappa* sebesar 0,648 – 1. Luas mangrove mengalami peningkatan dari 32,35 ha pada tahun 2018 menjadi 32,46 ha pada tahun 2020, meningkat menjadi 37,65 ha pada tahun 2022, dan mencapai 39,51 ha pada tahun 2024, sehingga secara keseluruhan terjadi peningkatan luas mangrove sebesar 7,16 ha selama periode 2018 – 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Google Earth Engine* dan algoritma *Random Forest* dapat digunakan secara efektif untuk memetakan sebaran, kerapatan dan perubahan luas mangrove di Kawasan Mangrove Setapuk Besar.

Kata kunci: Google Earth Engine, Sentinel-2, Random Forest, perubahan luas mangrove

Mangrove Mapping in the Setapuk Besar Mangrove Area Using Google Earth Engine

ABSTRACT: *Mangrove ecosystems play an important role in maintaining the balance of coastal environments; therefore, periodic monitoring is necessary to determine their condition and changes. This study aimed to map the distribution and analyze changes in mangrove area in the Setapuk Besar Mangrove Area, Singkawang City, West Kalimantan, in 2018 – 2024 using Sentinel-2 imagery processed through the Google Earth Engine (GEE) platform. The methods used included image processing, calculation of vegetation indices consisting of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), and Enhanced Vegetation Index (EVI), as well as classification using the Random Forest algorithm validated through a Confusion Matrix. The results showed that the Random Forest method produced an Overall Accuracy ranging from 83.72% to 100% and a Kappa coefficient ranging from 0.648 to 1. The mangrove area increased from 32.35 ha in 2018 to 32.46 ha in 2020, further increased to 37.65 ha in 2022, and reached 39.51 ha in 2024, indicating an overall increase of 7.16 ha during the 2018–2024 period. These findings demonstrate that Google Earth Engine and the Random Forest algorithm can be effectively used to map the distribution and changes in mangrove areas in the Setapuk Besar Mangrove Area.*

Keywords: Mangrove, Google Earth Engine, Sentinel-2, Random Forest, mangrove area change.

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki fungsi ekologis, ekonomi, dan sosial yang penting. Mangrove berperan sebagai pelindung pantai dari abrasi, habitat

Diterima : 16-07-2026 ; Diterbitkan : 20-11-2026

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

berbagai biota perairan, serta penyerap dan penyimpan karbon biru (*blue carbon*) yang berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim (Imburi *et al*., 2024; Putri *et al*., 2023). Selain itu, keberadaan mangrove juga mendukung ekosistem pesisir dan menyediakan berbagai manfaat bagi masyarakat di sekitarnya. Namun, keberadaan mangrove terus mengalami tekanan akibat alih fungsi lahan, pembangunan wilayah pesisir, dan aktivitas manusia lainnya sehingga diperlukan pemantauan secara berkala untuk mengetahui perubahan luas dan kondisi mangrove (Kepel *et al*., 2018).

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menjadi salah satu metode yang efektif untuk memantau perubahan tutupan mangrove. Teknologi ini memungkinkan identifikasi distribusi dan perubahan ekosistem mangrove secara spasial dan multitemporal melalui pemanfaatan citra satelit (Kuenzer *et al*., 2011; Purwanto dan Asriningrum, 2019; Simangunsong *et al*., 2024). Google Earth Engine (GEE) merupakan platform komputasi berbasis *cloud* yang mampu mengolah data geospasial dalam jumlah besar dengan dukungan berbagai sumber data citra satelit dan algoritma analisis (Gorelick *et al*., 2017; Fikri *et al*., 2022; Hasrul *et al*., 2023). Dengan memanfaatkan citra Sentinel-2 Level-2A yang memiliki resolusi spasial 10 m serta dikombinasikan dengan indeks vegetasi NDVI, NDWI, MNDWI, dan EVI, informasi mengenai distribusi dan kondisi mangrove dapat diperoleh secara multitemporal tanpa memerlukan perangkat komputasi berkapasitas tinggi. Penggunaan berbagai indeks spektral tersebut telah banyak diterapkan dalam penelitian penginderaan jauh mangrove untuk mengidentifikasi tutupan dan perubahan ekosistem mangrove (Tran *et al*., 2022). Selanjutnya, proses klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma Random Forest yang dikenal memiliki performa tinggi pada klasifikasi citra penginderaan jauh (Safira *et al*., 2024; Suardana *et al*., 2025).

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa pemanfaatan Google Earth Engine mampu meningkatkan efisiensi pengolahan citra satelit untuk pemetaan ekosistem mangrove. Fariz *et al*. (2021) berhasil memanfaatkan algoritma *machine learning* pada Google Earth Engine untuk memetakan ekosistem mangrove di Kabupaten Kubu Raya dengan tingkat akurasi yang baik. Munandar *et al*. (2023) juga melaporkan bahwa kombinasi citra Sentinel-2 dan Google Earth Engine efektif dalam mengidentifikasi tutupan mangrove di Teluk Banten. Selain itu, Tran *et al*. (2022) menjelaskan bahwa penggunaan beberapa indeks vegetasi, seperti NDVI, NDWI, MNDWI, dan EVI, mampu meningkatkan kemampuan dalam membedakan vegetasi mangrove dengan objek tutupan lahan lainnya. Penelitian lainnya oleh Aji *et al*. (2023) menunjukkan pemanfaatan algoritma Random Forest pada Google Earth Engine untuk pemetaan spesies mangrove melalui analisis fenologi. Husnayaen *et al*. (2025) juga menerapkan machine learning berbasis Google Earth Engine untuk memetakan distribusi kerapatan dan deforestasi hutan mangrove. Sementara itu, Arfan *et al*. (2026) melakukan perbandingan algoritma Random Forest dan CART dalam pemetaan luas ekosistem mangrove. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi Google Earth Engine, citra Sentinel-2, dan algoritma Random Forest merupakan pendekatan yang efektif untuk pemetaan mangrove secara multitemporal. Al Hakim *et al*. (2025) melakukan pemetaan perubahan hutan mangrove di Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur, menggunakan citra Sentinel-2 dan beberapa algoritma machine learning berbasis Google Earth Engine. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan klasifikasi berbasis penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan luas ekosistem mangrove dalam periode pengamatan yang berbeda.

Meskipun demikian, penelitian mengenai pemetaan mangrove berbasis Google Earth Engine di Kawasan Mangrove Setapuk Besar masih terbatas, terutama dalam menganalisis perubahan luas mangrove secara multitemporal. Penelitian Astuti *et al*. (2021) mengenai struktur komunitas mangrove di Kelurahan Setapuk Besar menunjukkan bahwa kawasan tersebut telah menjadi objek kajian ekosistem mangrove, namun kajian mengenai perubahan luas secara spasial dan multitemporal masih perlu dikembangkan. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya dilakukan pada lokasi atau periode pengamatan yang berbeda, penelitian ini secara khusus berfokus pada Kawasan Mangrove Setapuk Besar, Kota Singkawang, Kalimantan Barat, dengan menggunakan empat periode pengamatan, yaitu tahun 2018, 2020, 2022, dan 2024. Selain itu, penelitian ini mengintegrasikan indeks NDVI, NDWI, MNDWI, dan EVI sebagai variabel masukan dalam algoritma Random Forest untuk mengidentifikasi sebaran dan perubahan luas mangrove. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi spasial mengenai dinamika

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

perubahan luas mangrove di Kawasan Mangrove Setapuk Besar secara multitemporal sebagai dasar pendukung pengelolaan dan konservasi ekosistem mangrove.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan distribusi mangrove, menganalisis perubahan luas mangrove pada tahun 2018–2024, serta mengevaluasi akurasi klasifikasi menggunakan algoritma Random Forest berbasis Google Earth Engine. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi informasi spasial yang mendukung pengelolaan, pemantauan, dan upaya konservasi ekosistem mangrove di Kawasan Mangrove Setapuk Besar.

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian dilakukan di Kawasan Mangrove Setapuk Besar, Kota Singkawang, Provinsi Kalimantan Barat, Indonesia. Kawasan penelitian terletak pada koordinat sekitar 0°58'58,36" LU dan 108°52'41" BT (Gambar 1). Penelitian ini menggunakan citra satelit Sentinel-2 Level-2A yang diperoleh melalui platform Google Earth Engine (GEE). Pemanfaatan Google Earth Engine untuk pemetaan mangrove menggunakan data penginderaan jauh juga diterapkan oleh Pinkeaw *et al*. (2024), yang mengintegrasikan data Sentinel-1, Sentinel-2, dan SRTM dengan algoritma machine learning untuk menghasilkan informasi distribusi mangrove secara spasial. Data yang dianalisis terdiri dari tahun 2018 – 2024. Sentinel-2 dipilih karena memiliki resolusi spasial 10 m, resolusi temporal yang tinggi, serta menyediakan kanal spektral yang sesuai untuk analisis vegetasi dan perairan. Pemanfaatan citra satelit dalam pemetaan dan pemantauan ekosistem mangrove telah banyak diterapkan untuk memperoleh informasi spasial secara multitemporal (Maurya *et al*., 2021). Kanal yang digunakan meliputi Blue (B2), Green (B3), Red (B4), Red Edge (B5–B7), Near Infrared (B8 dan B8A), serta Shortwave Infrared (B11 dan B12). Band-band tersebut digunakan dalam perhitungan indeks vegetasi dan proses klasifikasi mangrove. Kanal B2, B3, B4, dan B8 memiliki resolusi spasial 10 m, sedangkan kanal B5, B6, B7, B8A, B11, dan B12 memiliki resolusi spasial 20 m. Dalam penelitian ini, skala analisis ditetapkan sebesar 10 m, sebagaimana diterapkan pada proses ekstraksi sampel untuk klasifikasi *Random Forest* dan perhitungan luas mangrove. Penyesuaian skala dilakukan melalui mekanisme resampling bawaan *Google Earth Engine* dengan metode *nearest neighbor* untuk kanal yang memiliki resolusi spasial berbeda. Seluruh kanal tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan indeks dan proses klasifikasi mangrove.

Seluruh proses pengolahan data dilakukan menggunakan Google Earth Engine berbasis bahasa pemrograman *JavaScript*. Google Earth Engine dapat diakses melalui code.earthengine.google.com. Data citra yang digunakan bersumber dari koleksi Sentinel-2 Surface Reflectance Harmonized. Tahapan pengolahan diawali dengan penyaringan citra berdasarkan batas wilayah penelitian (*Area of Interest*) dan periode pengamatan. Penyaringan citra juga dilakukan berdasarkan persentase tutupan awan (*CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE*) kurang dari 20%. Selanjutnya, dilakukan *cloud masking* menggunakan band QA60 dengan memanfaatkan bit ke-10 untuk mendeteksi awan tebal (*opaque cloud*) dan bit ke-11 untuk mendeteksi awan cirrus. Piksel yang teridentifikasi sebagai awan dan cirrus kemudian dikeluarkan dari proses analisis. Setelah proses penyaringan dan masking awan, citra dikelompokkan berdasarkan tahun pengamatan, yaitu 2018, 2020, 2022, dan 2024. Komposit citra tahunan selanjutnya dibentuk menggunakan metode median (*median composite*) untuk memperoleh nilai reflektansi yang merepresentasikan kondisi permukaan pada setiap periode pengamatan.

Setelah komposit citra diperoleh, dilakukan perhitungan indeks vegetasi yang terdiri atas Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), dan Enhanced Vegetation Index (EVI). NDVI digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kehijauan vegetasi berdasarkan perbandingan kanal *Near Infrared* (NIR) dan *Red*, dengan rumus sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{NIR\ (B8) - Red(B4)}{NIR\ (B8) + Red\ (B4)}$$

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

Selanjutnya, NDWI digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan badan air dengan memanfaatkan kanal *Green* dan NIR, sedangkan MNDWI digunakan untuk meningkatkan identifikasi objek perairan dengan memanfaatkan kanal *Green* dan *Shortwave Infrared* (SWIR). Kedua indeks tersebut dihitung menggunakan rumus:

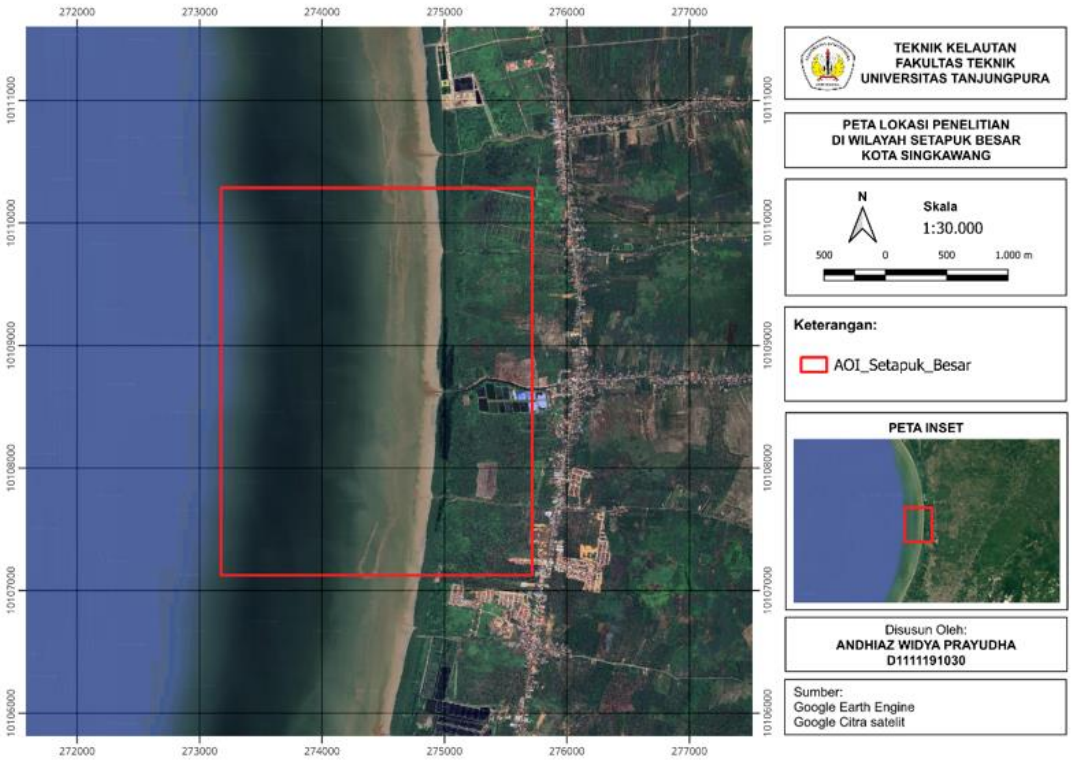
$$NDWI = \frac{Green\ (B3) - NIR\ (B8)}{Green\ (B3) + NIR\ (B8)} \qquad MNDWI = \frac{Green\ (B3) - SWIR\ (B11)}{Green\ (B3) + SWIR\ (B11)}$$

Sementara itu, EVI digunakan untuk meningkatkan sensitivitas terhadap vegetasi dengan mempertimbangkan pengaruh atmosfer dan latar belakang kanopi. EVI dihitung menggunakan kombinasi kanal NIR, *Red*, dan *Blue* dengan rumus:

$$EVI = 2{,}5\ x\ \frac{NIR - Red}{NIR + 6(Red) - 7{,}5(Blue) + 1}$$

Keempat indeks tersebut digunakan sebagai variabel tambahan dalam proses klasifikasi karena mampu meningkatkan kemampuan model dalam membedakan vegetasi mangrove dengan objek tutupan lahan lainnya (Tran *et al*., 2022; Fathah *et al*., 2025). Penggunaan kombinasi indeks spektral Sentinel-2 dalam pemetaan mangrove juga diterapkan oleh Asy'ari *et al*. (2022) melalui pemanfaatan algoritma Random Forest berbasis Google Earth Engine. Penelitian tersebut menguji berbagai kombinasi indeks spektral untuk mengidentifikasi distribusi hutan mangrove. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan indeks spektral dapat mendukung proses klasifikasi dan identifikasi tutupan mangrove.

Klasifikasi tutupan mangrove dilakukan menggunakan algoritma Random Forest yang tersedia pada Google Earth Engine. Algoritma ini merupakan metode *supervised classification* yang membangun sejumlah pohon keputusan (*decision tree*) berdasarkan data pelatihan. Setiap pohon



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

menghasilkan prediksi secara independen, kemudian hasil akhir ditentukan melalui mekanisme *majority voting*. Metode Random Forest telah banyak digunakan dalam klasifikasi ekosistem mangrove menggunakan citra satelit karena mampu mengolah berbagai variabel spektral untuk menghasilkan informasi tutupan lahan (Ghorbanian *et al*., 2021). Penerapan Google Earth Engine untuk pemantauan ekosistem mangrove juga dilakukan oleh Kotikot *et al*. (2024) menggunakan citra Sentinel-2 dan algoritma Random Forest. Penelitian tersebut menunjukkan pemanfaatan pengolahan citra multitemporal untuk memantau perubahan tutupan mangrove dan menyediakan informasi yang dapat mendukung pengelolaan ekosistem mangrove. Sampel pelatihan ditentukan secara manual melalui digitasi titik berdasarkan interpretasi citra, yang terdiri atas tiga kelompok, yaitu mangrove, vegetasi lain, dan perairan. Masing-masing kelompok terdiri atas 50 titik sampel sehingga jumlah keseluruhan mencapai 150 titik. Data sampel selanjutnya dibagi secara acak menjadi 70% data pelatihan dan 30% data pengujian. Model Random Forest menggunakan 100 pohon keputusan (decision *tree*) dengan variabel masukan berupa kanal spektral Sentinel-2 serta indeks NDVI, NDWI, MNDWI, dan EVI. Pada hasil klasifikasi, kelompok vegetasi lain dan perairan dikelompokkan sebagai kelas non-mangrove sehingga diperoleh dua kategori tutupan, yaitu mangrove dan non-mangrove.

Hasil klasifikasi dievaluasi menggunakan *Confusion Matrix* dengan membandingkan hasil klasifikasi terhadap data referensi. Data referensi untuk evaluasi akurasi menggunakan 30% dari keseluruhan sampel yang telah dipisahkan dari data pelatihan melalui pembagian secara acak. Dengan demikian, data pengujian tidak digunakan dalam proses pembentukan model Random Forest. Dari total 150 titik sampel, sebanyak 45 titik digunakan sebagai data pengujian pada setiap tahun pengamatan, yaitu 2018, 2020, 2022, dan 2024. Parameter evaluasi meliputi *Overall Accuracy* (OA), *Producer Accuracy* (PA), *User Accuracy* (UA), dan Koefisien Kappa. *Overall Accuracy* menunjukkan persentase keseluruhan sampel yang berhasil diklasifikasikan dengan benar, sedangkan Koefisien Kappa menggambarkan tingkat kesesuaian hasil klasifikasi dengan data referensi setelah memperhitungkan kemungkinan kesesuaian secara acak. *Producer Accuracy* digunakan untuk menilai ketelitian klasifikasi berdasarkan data referensi, sedangkan *User Accuracy* menunjukkan tingkat kepercayaan terhadap hasil klasifikasi pada setiap kelas.

Perubahan luas mangrove dianalisis berdasarkan hasil klasifikasi pada empat tahun pengamatan, yaitu 2018, 2020, 2022, dan 2024, dengan interval pengamatan 2 tahun. Luas mangrove dihitung berdasarkan jumlah piksel yang termasuk dalam kelas mangrove pada masing-masing tahun pengamatan, kemudian dikonversi ke satuan hektare. Selanjutnya, hasil perhitungan luas pada keempat periode tersebut dibandingkan untuk menganalisis perubahan luas mangrove secara multitemporal dengan interval pengamatan dua tahun serta mengetahui dinamika ekosistem mangrove selama periode penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan citra Sentinel-2 dilakukan menggunakan platform Google Earth Engine (GEE) melalui tahapan *cloud masking*, penyusunan komposit citra tahunan (*median composite*), serta pemotongan citra sesuai batas wilayah penelitian (*Area of Interest*). Tahapan tersebut bertujuan menghasilkan citra berkualitas baik sehingga dapat digunakan untuk proses ekstraksi indeks vegetasi dan klasifikasi tutupan mangrove.

Komposit citra yang dihasilkan memperlihatkan kondisi tutupan lahan Kawasan Mangrove Setapuk Besar pada tahun 2018 – 2024. Secara visual, terlihat bahwa kawasan mangrove mengalami perubahan distribusi dari tahun ke tahun. Pada beberapa lokasi, terutama di bagian pesisir dan sekitar kawasan rehabilitasi, terjadi penambahan area vegetasi mangrove yang ditandai dengan meningkatnya rona vegetasi pada citra komposit. Kondisi ini mengindikasikan adanya perkembangan vegetasi mangrove selama periode penelitian.

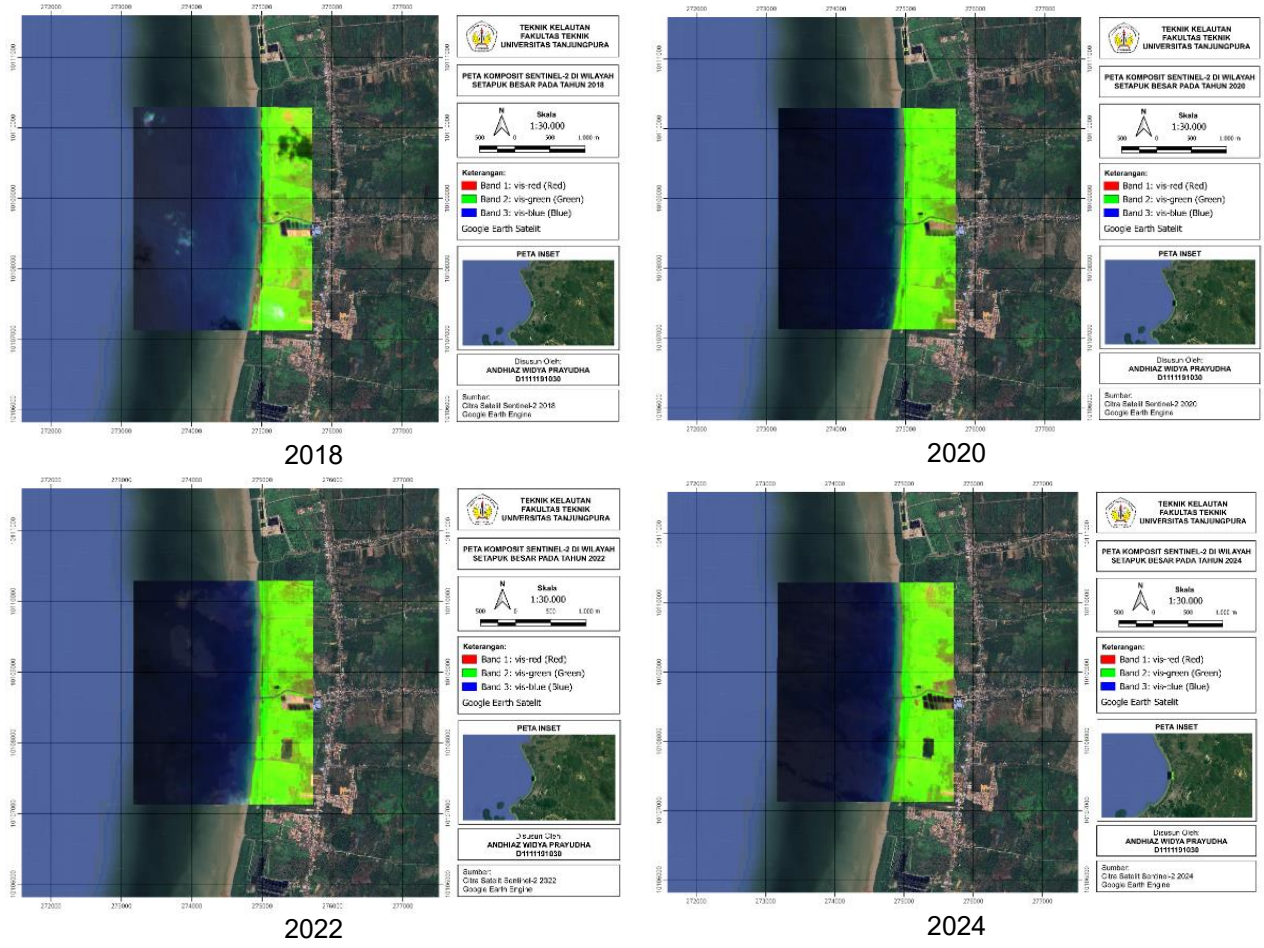
Untuk meningkatkan kemampuan klasifikasi, penelitian ini menggunakan empat indeks vegetasi, yaitu NDVI, NDWI, MNDWI, dan EVI. Masing-masing indeks memiliki karakteristik yang berbeda dalam membedakan objek vegetasi, badan air, serta lahan terbuka sehingga mampu meningkatkan akurasi klasifikasi. Nilai NDVI menunjukkan tingkat kehijauan vegetasi. Semakin

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

tinggi nilai NDVI, semakin tinggi pula tingkat kerapatan vegetasi. Pada kawasan penelitian, nilai NDVI yang tinggi umumnya ditemukan pada area mangrove dengan kanopi rapat, sedangkan nilai rendah berada pada badan air dan lahan terbuka.

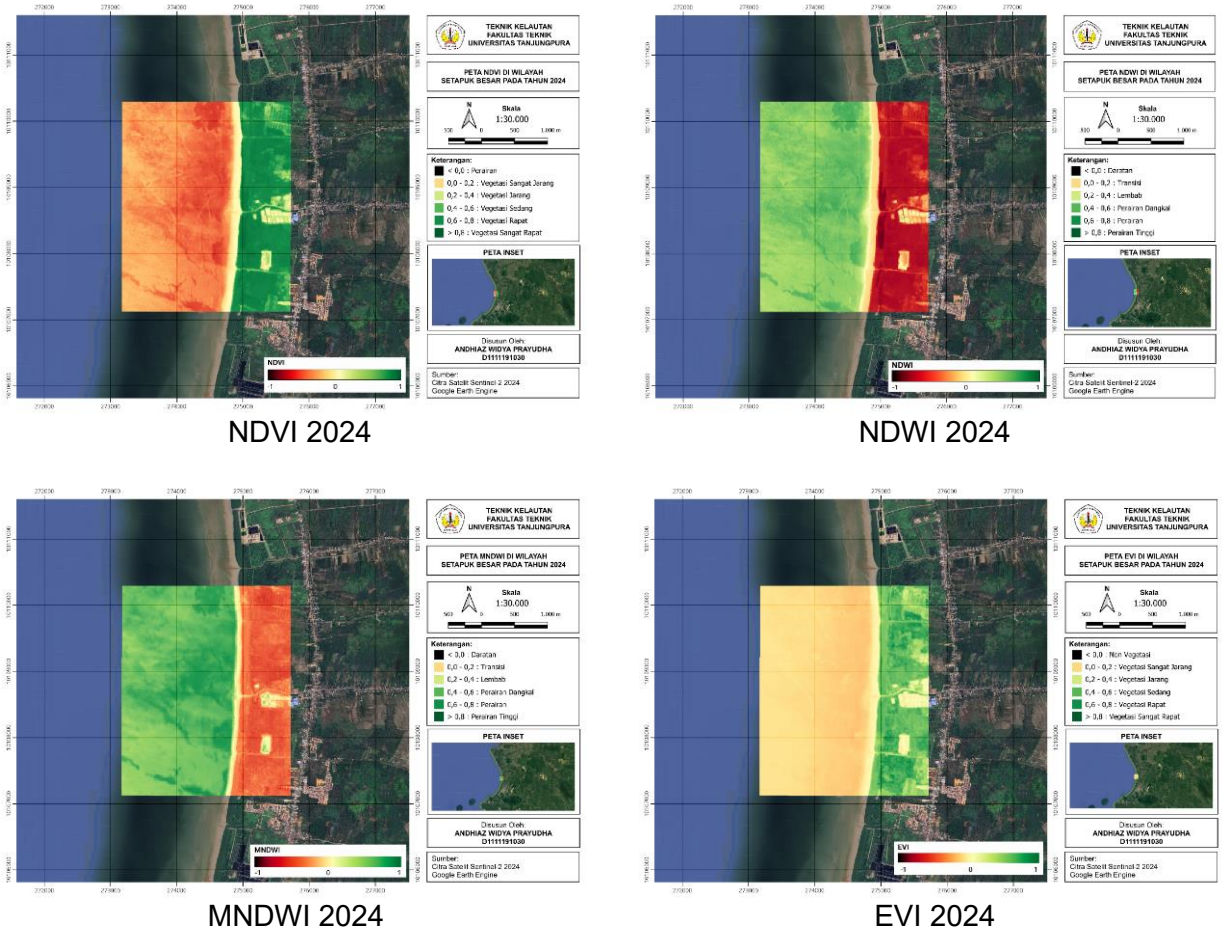
NDWI digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan badan air. Nilai NDWI yang tinggi umumnya terdapat pada wilayah perairan, sedangkan vegetasi mangrove memiliki nilai yang lebih rendah karena adanya dominasi pantulan gelombang inframerah dekat (*Near Infrared*). MNDWI digunakan untuk meningkatkan pemisahan antara badan air dan daratan. Penggunaan MNDWI pada penelitian ini membantu mengurangi kesalahan klasifikasi antara mangrove dan wilayah perairan yang sering memiliki karakteristik spektral yang mirip. EVI digunakan sebagai pelengkap NDVI karena memiliki sensitivitas yang lebih baik terhadap vegetasi dengan kerapatan tinggi serta mampu mengurangi pengaruh atmosfer dan latar belakang tanah. Kombinasi keempat indeks tersebut memberikan informasi spektral yang lebih lengkap sehingga meningkatkan kemampuan algoritma Random Forest dalam mengenali karakteristik mangrove.

Klasifikasi tutupan mangrove dilakukan menggunakan algoritma Random Forest dengan memanfaatkan kombinasi band Sentinel-2 dan empat indeks vegetasi sebagai variabel masukan. Hasil klasifikasi menghasilkan dua kelas utama, yaitu mangrove dan non-mangrove. Secara umum, hasil klasifikasi menunjukkan bahwa distribusi mangrove masih terkonsentrasi pada wilayah pesisir Setapuk Besar. Dibandingkan tahun 2018, sebaran mangrove pada tahun 2024 terlihat lebih luas terutama pada area rehabilitasi dan kawasan yang telah mengalami pertumbuhan vegetasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa pendekatan berbasis Google Earth Engine mampu mengidentifikasi perubahan spasial mangrove secara efektif. Keunggulan penggunaan Random Forest terletak pada



Gambar 2. Komposit Citra Sentinel-2 2018 – 2024

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826



Gambar 3. Peta Indeks Vegetasi Tahun 2024

kemampuannya mengolah data multivariabel dan menghasilkan klasifikasi yang stabil meskipun terdapat variasi spektral pada objek penelitian. Kombinasi band Sentinel-2 dengan indeks vegetasi juga mampu meningkatkan pemisahan antara vegetasi mangrove, vegetasi non-mangrove, dan badan air.

Hasil uji akurasi dievaluasi menggunakan *Confusion Matrix* dengan parameter Overall Accuracy (OA), Producer Accuracy (PA), User Accuracy (UA), dan Koefisien Kappa. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model Random Forest memberikan tingkat akurasi yang tinggi pada seluruh tahun pengamatan. Nilai Overall Accuracy berada pada kisaran 83,72–100%, sedangkan nilai Koefisien Kappa berkisar antara 0,648–1,000. Nilai tersebut menunjukkan tingkat kesesuaian yang kuat hingga hampir sempurna antara hasil klasifikasi dan data referensi. Sementara itu, nilai PA dan UA disajikan untuk masing-masing kelas mangrove dan non-mangrove guna menunjukkan tingkat ketelitian model dalam mengidentifikasi kedua kelas tersebut. Hasil evaluasi akurasi untuk seluruh tahun pengamatan disajikan pada Tabel 2 .

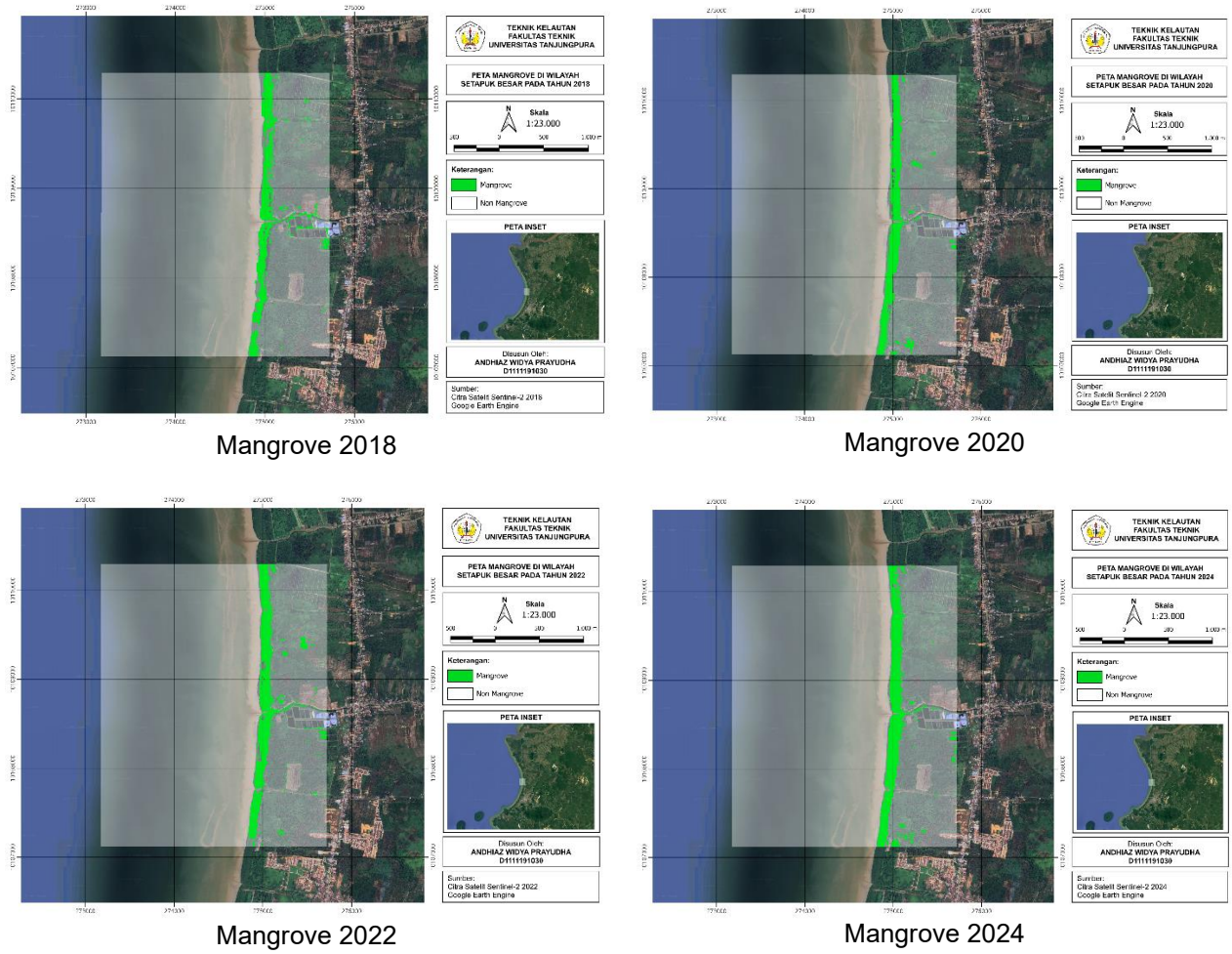
Nilai *Overall Accuracy* sebesar 100% pada tahun 2024 tidak menunjukkan bahwa klasifikasi selalu sempurna pada kondisi nyata, tetapi menunjukkan bahwa seluruh sampel pengujian berhasil diklasifikasikan sesuai dengan data referensi. Pada tahun tersebut, evaluasi akurasi menggunakan 30% dari total sampel atau sebanyak 45 titik pengujian yang dipisahkan secara acak dari data pelatihan. Dengan demikian, sampel pengujian tersebut tidak digunakan dalam proses pembentukan model Random Forest. Nilai akurasi yang diperoleh dapat dipengaruhi oleh kualitas citra, representativitas data sampel, serta karakteristik spektral mangrove dan objek lainnya.

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

Penggunaan kombinasi kanal spektral Sentinel-2 dengan indeks NDVI, NDWI, MNDWI, dan EVI membantu model membedakan karakteristik spektral setiap kelas. Meskipun demikian, nilai akurasi yang tinggi tetap perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan kualitas data referensi, jumlah sampel pengujian, serta cakupan sampel terhadap kondisi objek di lapangan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa algoritma Random Forest merupakan salah satu metode klasifikasi yang efektif untuk pemetaan mangrove menggunakan citra Sentinel-2. Oleh karena itu, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini dinilai mampu menghasilkan informasi spasial yang andal untuk mendukung analisis perubahan luas mangrove secara multitemporal.

Analisis perubahan luas mangrove dilakukan berdasarkan hasil klasifikasi pada empat periode pengamatan. Luas mangrove yang diperoleh berturut-turut adalah 32,35 ha pada tahun 2018**,** 32,46 ha pada tahun 2020**,** 37,65 ha pada tahun 2022**,** dan 39,51 ha pada tahun 2024**.** Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan luas mangrove sebesar 7,16 ha selama periode 2018 – 2024. Namun, perubahan luas pada periode 2018 – 2020 hanya sebesar 0,11 ha sehingga perlu ditafsirkan secara hati-hati. Perubahan yang relatif kecil tersebut dapat dipengaruhi oleh resolusi spasial citra Sentinel-2 dan ketidakpastian hasil klasifikasi. Oleh karena itu, peningkatan sebesar 0,11 ha belum dapat secara langsung diartikan sebagai pertambahan luas mangrove yang nyata. Meskipun demikian, hasil klasifikasi menunjukkan kecenderungan peningkatan luas mangrove secara keseluruhan selama periode pengamatan.



Mangrove 2018

Mangrove 2020

Mangrove 2022

Mangrove 2024

Gambar 4. Peta Sebaran Mangrove 2018 – 2024

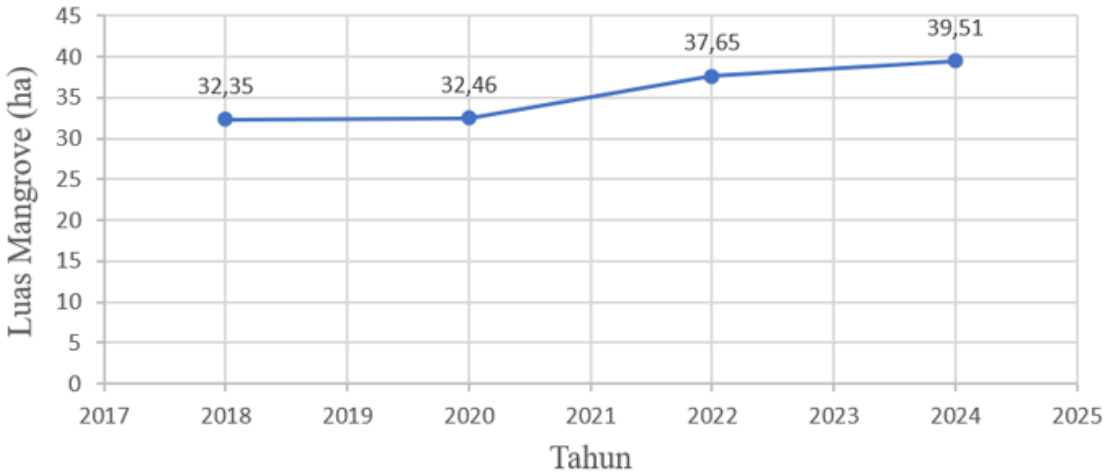
Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

Tabel 1. Hasil Uji Akurasi

Tahun	Overall Accuracy (%)	Kappa
2018	86,27%	0,715
2020	93,18%	0,839
2022	83,72%	0,648
2024	100%	1

Tabel 2. Producer Accuracy dan User Accuracy

Tahun	Klasifikasi	Producer Accuracy (%)	User Accuracy (%)
2018	Mangrove	69,56	100
	Non Mangrove	100	80
2020	Mangrove	85,71	92,31
	Non Mangrove	96,67	93,54
2022	Mangrove	85,71	70,58
	Non Mangrove	82,75	92,30
2024	Mangrove	100	100
	Non Mangrove	100	100



Gambar 5. Perubahan Luas Mangrove

Peningkatan luas mangrove selama periode pengamatan mengindikasikan adanya kecenderungan perkembangan tutupan mangrove di Kawasan Mangrove Setapuk Besar. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan berbagai upaya pelestarian yang dilakukan di kawasan tersebut, termasuk kegiatan rehabilitasi mangrove dan meningkatnya kesadaran masyarakat dalam menjaga ekosistem pesisir. Selain itu, keberadaan kawasan sebagai destinasi ekowisata diduga turut mendukung upaya pelestarian mangrove melalui peningkatan perhatian terhadap keberlanjutan lingkungan. Namun, keterkaitan antara faktor-faktor tersebut dengan peningkatan luas mangrove belum dapat dipastikan karena penelitian ini tidak secara khusus mengkaji pengaruh kegiatan rehabilitasi, partisipasi masyarakat, maupun aktivitas ekowisata. Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui kontribusi masing-masing faktor terhadap perubahan tutupan mangrove di kawasan tersebut.

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pemanfaatan Google Earth Engine dan algoritma Random Forest mampu menghasilkan klasifikasi mangrove dengan tingkat akurasi yang tinggi serta efektif digunakan untuk analisis perubahan tutupan mangrove secara multitemporal. Dengan demikian, pendekatan berbasis komputasi awan menggunakan Google Earth Engine dapat menjadi alternatif yang efisien untuk mendukung kegiatan pemantauan ekosistem mangrove secara berkala.

KESIMPULAN

Distribusi spasial tutupan vegetasi mangrove di wilayah Setapuk Besar pada tahun 2018 – 2024 mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa sebaran mangrove umumnya berada pada kawasan pesisir dan daerah yang berbatasan langsung dengan badan air. Luas mangrove yang teridentifikasi pada tahun 2018 sebesar 32,35 ha, meningkat menjadi 32,46 ha pada tahun 2020, kemudian kembali meningkat menjadi 37,65 ha pada tahun 2022, dan kembali meningkat menjadi 39,51 ha pada tahun 2024. Secara keseluruhan terjadi peningkatan luas mangrove sebesar 7,16 ha selama periode pengamatan tahun 2018 – 2024. Perubahan distribusi spasial tersebut menunjukkan adanya penambahan tutupan mangrove pada beberapa bagian kawasan penelitian. Pendekatan berbasis Google Earth Engine dan Random Forest berpotensi menjadi metode yang efisien untuk mendukung pemantauan mangrove secara berkala serta menyediakan informasi spasial sebagai dasar pengelolaan dan konservasi ekosistem mangrove di Kota Singkawang.

DAFTAR PUSTAKA

Aji, M.A.P., Kamal, M., & Farda, N.M. 2023. Mangrove species mapping through phenological analysis using random forest algorithm on Google Earth Engine. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 30: 100978. DOI: 10.1016/j.rsase.2023.100978

Al Hakim, M.A.G., Sinurat, M.E., Zulkifle, N.A.N., Nurmawati, & Mas'ud, A.A. 2025. Machine learning-based mapping of mangrove forest changes from Sentinel-2 in Balikpapan Bay, East Kalimantan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 17(3): 549–557. DOI: 10.29244/jitkt.v17i3.67707

Arfan, A., Sanusi, W., Juanda, M.F., Utama, I.M., & Amalul, M.A.M. 2026. Perbandingan luas area ekosistem mangrove Pulau Tanakeke menggunakan algoritma random forest dan algoritma CART. *Media Komunikasi Geografi*, 27(1): 135–149. DOI: 10.23887/mkg.v27i1.113941

Astuti, M.S., Warsidah, W., & Safitri, I. 2021. Struktur komunitas mangrove di Kelurahan Setapuk Besar Kota Singkawang. *Barakuda 45: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 3(1): 9–16. DOI: 10.47685/barakuda45.v3i1.117

Asy'ari, R., Rahmawati, A.D., Sa'diyya, N., Gustawan, A.H., Setiawan, Y., Zamani, N.P., & Pramulya, R. 2022. Mapping mangrove forest distribution on Banten, Jakarta, and West Java ecotone zone from Sentinel-2-derived indices using cloud computing based random forest. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 12(1): 97–111. DOI: 10.29244/jpsl.12.1.97-111

Fariz, T.R., Permana, P.I., Daeni, F., & Putra, A.C.P. 2021. Pemetaan ekosistem mangrove di Kabupaten Kubu Raya menggunakan machine learning pada Google Earth Engine. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 18(2): 83–89. DOI: 10.15294/jg.v18i2.30231

Fathah, A.L., Semedi, B., Wardana, F.C., & Isdianto, A. 2025. Remote sensing-based estimation of mangrove above-ground carbon using Sentinel-2 vegetation indices and random forest. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(6): 29598–29604. DOI: 10.48084/etasr.14335

Fikri, A.A., Darmawan, A., Hilmanto, R., Banuwa, I.S., Agustiono, A., & Agustiana, L. 2022. Pemanfaatan platform Google Earth Engine dalam pemantauan perubahan tutupan lahan di

Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Journal of Forest Science Avicennia*, 5(1): 46–57. DOI: 10.22219/avicennia.v5i1.19938

Ghorbanian, A., Zaghian, S., Asiyabi, R.M., Amani, M., Mohammadzadeh, A., & Jamali, S. 2021. Mangrove ecosystem mapping using Sentinel-1 and Sentinel-2 satellite images and random forest algorithm in Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 13(13): 2565. DOI: 10.3390/rs13132565

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202: 18–27. DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031

Hasrul, A., Khakhim, N., & Suadi. 2023. Pemetaan dinamika perubahan tutupan kawasan mangrove berbasis pendekatan komputasi awan di Teluk Pacitan. *Jurnal Hidropilar*, 9(1): 31–42. DOI: 10.37875/hidropilar.v9i1.279

Husnayaen, Anhar, A., Bela, R., & Arini, D.P. 2025. Mapping mangrove forest density distribution and deforestation with machine learning on Google Earth Engine in West Nusa Tenggara Province. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 12(1): 83–92. DOI: 10.29103/aa.v1i1.18783

Imburi, C.S., Angrianto, R., Tanur, E.A., Widodo, I., & Sitompul, G.A. 2024. Peran hutan mangrove dalam menanggulangi dampak perubahan iklim di wilayah pesisir Indonesia. *Jurnal Geosains West Science*, 2(3): 122–132. DOI: 10.58812/jgws.v2i03.1678

Kepel, T.L., Ati, R.N.A., Rahayu, Y.P., & Adi, N.S. 2018. Pengaruh alih fungsi kawasan mangrove pada sifat sedimen dan kemampuan penyimpanan karbon. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13(3): 145–153. DOI: 10.15578/jkn.v13i3.6620

Kotikot, S.M., Spencer, O., Cissell, J.R., Connette, G., Smithwick, E.A.H., Durdall, A., Grimes, K.W., Stewart, H.A., Tzadik, O., & Canty, S.W.J. 2024. Building a mangrove ecosystem monitoring tool for managers using Sentinel-2 imagery in Google Earth Engine. *Ocean & Coastal Management*, 256: 107307. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2024.107307

Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Vo Quoc, T., & Dech, S. 2011. Remote sensing of mangrove ecosystems: A review. *Remote Sensing*, 3(5): 878–928. DOI: 10.3390/rs3050878

Maurya, K., Mahajan, S., & Chaube, N. 2021. Remote sensing techniques: Mapping and monitoring of mangrove ecosystem—a review. *Complex & Intelligent Systems*, 7(6): 2797–2818. DOI: 10.1007/s40747-021-00457-z

Munandar, E., Jasmine, A.S., & Khalifa, M.A. 2023. Identification of mangrove cover in Banten Bay using Google Earth Engine. *Journal of Applied Geospatial Information*, 7(1): 796–799. DOI: 10.30871/jagi.v7i1.5326

Pinkeaw, S., Boonrat, P., Koedsin, W., & Huete, A. 2024. Semi-automated mangrove mapping at national-scale using Sentinel-2, Sentinel-1, and SRTM data with Google Earth Engine: A case study in Thailand. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 27(3): 555–564. DOI: 10.1016/j.ejrs.2024.07.001

Purwanto, A.D., & Asriningrum, W. 2019. Identification of mangrove forests using multispectral satellite imageries. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 16(1): 63–86. DOI: 10.30536/j.ijreses.2019.v16.a3097

Putri, A.A., Akbar, A.A., Romiyanto, R., Jati, D.R., & Saziati, O. 2023. Potensi karbon biru pesisir Kalimantan Barat. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(3): 313–324. DOI: 10.14710/buloma.v12i3.52009

Safira, Amiren, M., Nazhifah, S.A., Rusdi, M., Nizamuddin, & Misbullah, A. 2024. Comparison of support vector machine and random forest methods on Sentinel-2A imagery for land cover identification in Banda Aceh City using Google Earth Engine. *The Indonesian Journal of Computer Science*, 13(6): 9121–9130. DOI: 10.33022/ijcs.v13i6.4510

Simangunsong, Y., Weku, W.C.D., & Paendong, M.S. 2024. Pemetaan ekosistem mangrove menggunakan unsupervised learning dengan data remote sensing. *Indonesian Journal of Intelligence Data Science*, 3(1): 1–10. DOI: 10.35799/ijids.v3i1.50153

Suardana, A.A.M.A.P., Takarina, N.D., Dimyati, R.D., Martono, D.N., Frimawaty, E., & Rahmadi. 2024. Random forest classification for mangrove canopy cover spatial analysis in Benoa Bay –

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 815-826

Bali, Indonesia. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 21(2): 196–212. DOI: 10.30536/ijreses.v21i2.13466

Tran, T.V., Reef, R., & Zhu, X. 2022. A review of spectral indices for mangrove remote sensing. *Remote Sensing*, 14(19): 4868. DOI: 10.3390/rs14194868