Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 729-735 DOI : 10.14710/jmr.v15i4.55246
EISSN: 2407-7690
https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr

Pemetaan Sebaran Padang Lamun di Pantai Bama Menggunakan Citra Sentinel-2A

Carissa Aulia Akbar*, Ita Riniatsih, Munasik
Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Corresponding author, e-mail: carissaakbar@students.undip.ac.id

ABSTRAK: Padang lamun berperan dalam menjaga stabilitas lingkungan pesisir, tetapi pemantauan sebarannya masih terkendala oleh keterbatasan data spasial. Penelitian ini memetakan luasan dan sebaran padang lamun di Pantai Bama, Taman Nasional Baluran, pada tahun 2015, 2020, dan 2025 menggunakan citra Sentinel-2A, serta menggambarkan kondisi lamun berdasarkan pengamatan lapangan pada tahun 2025. Pengolahan citra dilakukan melalui perangkat lunak SNAP dan ArcGIS, sedangkan pengamatan lapangan menggunakan transek kuadran pada tiga stasiun. Hasil klasifikasi citra menghasilkan estimasi luasan 4.330,88 m² (2015), 3.993,55 m² (2020), dan 25.324,01 m² (2025). Dengan demikian, hasil pemetaan memperlihatkan penurunan pada 2015–2020 yang diikuti kenaikan tajam pada 2020–2025; perbedaan tersebut belum dapat dinyatakan sebagai pemulihan ekologis tanpa pengendalian pengaruh kondisi perekaman dan uji akurasi antartahun. Lima jenis lamun ditemukan di lapangan, dengan rerata tutupan 48,23% (kategori sedang). Estimasi tutupan berdasarkan NDVI sebesar 46,98–49,89% pada tiga stasiun, tetapi hubungan antara NDVI dan tutupan lapangan lemah (R^2 = 0,0796). Uji akurasi berbasis 33 titik per stasiun menunjukkan akurasi keseluruhan 78,79–84,85% pada data tahun 2025, dengan keterbatasan dalam representasi kelas non-lamun. Hasil penelitian memberikan gambaran awal variasi spasial lamun di Pantai Bama, sementara interpretasi perubahan multitemporal dan prediksi tutupan tetap memerlukan validasi lebih lanjut.

Kata kunci: padang lamun; Sentinel-2A; NDVI; penginderaan jauh; Pantai Bama.

Mapping of Seagrass Meadow Distribution at Bama Beach Using Sentinel-2A Imagery

ABSTRACT**:** *Seagrass meadows contribute to coastal stability, yet spatial information needed for monitoring remains limited. This study mapped the extent and distribution of seagrass at Bama Beach, Baluran National Park, in 2015, 2020, and 2025 using Sentinel-2A imagery and described seagrass conditions from a 2025 field survey. Satellite images were processed using SNAP and ArcGIS, while field observations used quadrat transects at three stations. Image-based area estimates were 4,330.88 m² in 2015, 3,993.55 m² in 2020, and 25,324.01 m² in 2025. The apparent decrease in 2015–2020 was followed by a marked increase in 2020–2025; however, this pattern cannot yet be attributed to ecological recovery without controlling for acquisition conditions and validating each year. Five seagrass species were recorded, and mean field cover was 48.23% (moderate). NDVI-derived cover estimates ranged from 46.98% to 49.89%, although the NDVI–field-cover relationship was weak (R^2 = 0.0796). An accuracy assessment based on 33 reference points per station yielded overall accuracies of 78.79–84.85% for the 2025 assessment, with limited representation of the non-seagrass class. The findings provide a preliminary spatial description of seagrass at Bama Beach, while temporal change and cover prediction require further validation.*

Keywords**:** *seagrass; Sentinel-2A; NDVI; remote sensing; Bama Beach*.

PENDAHULUAN

Padang lamun merupakan habitat penting bagi ikan dan invertebrata serta berperan dalam menstabilkan sedimen pesisir. Kemampuan menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimen turut menempatkan ekosistem ini sebagai salah satu komponen karbon biru (Saputra *et al*., 2024). Namun, gangguan fisik, perubahan kualitas perairan, dan kegiatan manusia dapat memengaruhi

Diterima : 15-01-2026 ; Diterbitkan : 20-11-2026

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 729-735

kondisi serta distribusinya. Tantangan pengelolaan lamun juga dibahas oleh Hoad dan Nordlund (2025). Karena itu, informasi sebaran lamun yang dapat diperbarui secara berkala dibutuhkan untuk mendukung pengelolaan kawasan pesisir.

Pantai Bama berada dalam kawasan Taman Nasional Baluran, Situbondo, Jawa Timur. Kawasan ini memiliki hamparan lamun di perairan dangkal dan sekaligus menjadi tujuan wisata alam (Fandreawan dan Purwaningtyas, 2024). Studi terdahulu telah melaporkan kondisi lamun Pantai Bama pada periode pengamatan tertentu (Zulkifli *et al*., 2022), tetapi pembandingan spasial lintas waktu masih memerlukan perhatian terhadap perbedaan kondisi citra dan pengukuran lapangan.

Citra Sentinel-2A menyediakan pengamatan multispektral dengan resolusi band tertentu hingga 10 m dan dapat digunakan untuk menelaah pola habitat pesisir (Meister dan Qu, 2024; Rahmani *et al*., 2022). Meski demikian, pemetaan substrat terendam dipengaruhi kedalaman, kekeruhan, pantulan permukaan, serta ketercampuran objek dalam satu piksel. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), yang dirancang untuk vegetasi, perlu diperlakukan secara hati-hati ketika digunakan pada lamun terendam. Penelitian ini bertujuan menggambarkan hasil pemetaan distribusi dan luasan lamun tahun 2015, 2020, dan 2025 serta kondisi tutupan, kerapatan, komposisi spesies, dan kualitas perairan hasil pengamatan lapangan. Kekuatan dan batas interpretasi estimasi berbasis citra dibahas secara eksplisit.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Pantai Bama, Taman Nasional Baluran, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Pemetaan multitemporal memanfaatkan citra Sentinel-2A tahun 2015, 2020, dan 2025 yang diolah menggunakan SNAP dan ArcGIS. Citra 2020 direkam pada 16 November 2020, sedangkan citra 2025 direkam pada 23 September 2025; keduanya menggunakan tile T49MHM. Informasi akuisisi citra 2015 belum tercatat secara lengkap. Pengamatan lapangan dilakukan pada 20–22 Oktober 2025 untuk mengidentifikasi jenis lamun, mengukur kondisi vegetasi, dan mencatat parameter perairan. Tinggi muka air tepat saat perekaman citra tidak tersedia sehingga pengaruh kondisi pasang surut perlu diperhatikan dalam interpretasi perubahan luasan antartahun.

Pengolahan citra meliputi pemotongan area penelitian, pengurangan pengaruh sunglint, koreksi kolom air, dan klasifikasi penutup dasar perairan. Koreksi kolom air menggunakan depth invariant index (DII) dari pasangan band tampak. Klasifikasi tahun 2025 dilakukan dengan algoritma K-Means Cluster Analysis pada SNAP menggunakan masukan DepthInvariantIndicesB3B4 (Band 3 dan Band 4), 10 kelas awal, 30 iterasi, dan random seed 31415. Hasilnya diolah lebih lanjut dalam ArcGIS. Pada peta akhir, bagian yang diinterpretasikan sebagai tutupan lamun di dalam batas penelitian ditampilkan dengan warna hijau muda dan digunakan dalam perhitungan luasan. Rekaman pasangan nomor kelas spektral dengan kategori akhir tidak tersedia. Secara terpisah, normalized difference vegetation index (NDVI) dihitung dari Band 8 (inframerah dekat) dan Band 4 (merah) menggunakan NDVI = (B8 − B4)/(B8 + B4). Oleh sebab itu, nilai NDVI bukan hasil transformasi indeks DII. Pendekatan koreksi kolom air dan klasifikasi habitat bentik juga digunakan pada kajian Alifatri *et al*. (2022).

Pengambilan data lapangan dilakukan langsung pada tiga stasiun melalui purposive sampling, tanpa survei pendahuluan terpisah. Setiap stasiun terdiri atas tiga transek tegak lurus garis pantai, masing-masing sepanjang 100 m, dengan posisi pengamatan tiap 10 m. Kuadran berukuran 50 × 50 cm (0,25 m²) digunakan untuk menghitung jumlah tegakan dan menilai persentase tutupan. Jarak antarsubtransek tercatat 50 m, sedangkan jarak antarlokasi stasiun 20 m. Dengan sebelas posisi per transek, pengamatan mencakup 33 titik di setiap stasiun. Koordinat sembilan lokasi subtransek didokumentasikan melalui Avenza Maps. Identifikasi lamun dan penghitungan tutupan mengikuti panduan Rahmawati *et al*. (2017). Suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, kedalaman, kecerahan, nitrat, dan fosfat turut diamati. Karena ukuran kuadran lebih kecil daripada piksel Sentinel-2A beresolusi 10 m, pencocokan titik lapangan dan kelas citra ditafsirkan sebagai kesesuaian lokasi, bukan kesetaraan luas pengamatan.

Data tunggang pasang surut diperoleh melalui pengamatan perairan yang dilakukan bersamaan dengan pengambilan data lapangan pada Oktober 2025. Tunggang pasut pada setiap

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 729-735

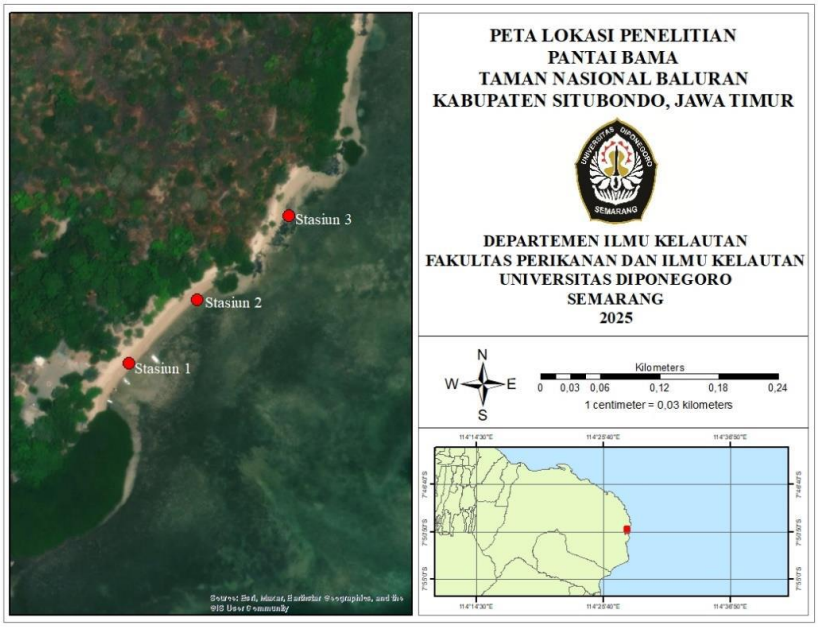
stasiun dihitung sebagai selisih antara tinggi muka air tertinggi dan terendah selama pengamatan (ΔH = Hmaks − Hmin). Parameter ini digunakan untuk menggambarkan kisaran perubahan muka air pada periode pengamatan lapangan, dan tidak disamakan dengan tinggi muka air saat akuisisi citra satelit.

Kerapatan jenis lamun dihitung sebagai jumlah tegakan dibagi luas bidang kuadran yang diamati. Persentase tutupan didasarkan pada luasan kuadran yang tertutup lamun, kemudian dihitung reratanya untuk setiap stasiun. Hubungan NDVI dan persentase tutupan lamun dianalisis menggunakan regresi linier sederhana terhadap 99 pasangan titik pengamatan (33 titik per stasiun). Nilai NDVI yang diekstrak dari raster digunakan sebagai variabel bebas (x), sedangkan persentase tutupan lamun hasil pengamatan kuadran menjadi variabel terikat (y). Persamaan yang diperoleh adalah y = −460.140,734x + 41,628 dengan R^2 = 0,0796 dan p = 0,0047. Prediksi yang diperoleh dari persamaan tersebut merupakan keluaran model statistik, bukan pengukuran langsung tutupan lamun dari citra.

Evaluasi klasifikasi dilakukan menggunakan confusion matrix dua kelas, yakni lamun dan non-lamun, dengan membandingkan kelas pada citra dan referensi pengamatan lapangan tahun 2025. Referensi lamun ditetapkan apabila lamun ditemukan pada setidaknya satu kuadran pengamatan, sedangkan referensi non-lamun ditetapkan ketika tidak dijumpai tutupan lamun pada kuadran yang diamati. Sebanyak 33 titik digunakan pada tiap stasiun. Ketelitian dinyatakan melalui overall accuracy, producer's accuracy, user's accuracy, F1-score, dan koefisien Kappa berdasarkan true positive (TP), false negative (FN), false positive (FP), serta true negative (TN) (Congalton dan Green, 2009). Keterpisahan titik evaluasi dari tahap penamaan kelas tidak dapat dipastikan dari dokumentasi yang tersedia. Selain itu, hasil evaluasi tahun 2025 tidak dianggap mewakili ketelitian klasifikasi tahun 2015 dan 2020.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi lapangan tahun 2025 menemukan lima spesies lamun: *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Halophila ovalis*, dan *Syringodium isoetifolium*. Empat spesies pertama ditemukan pada ketiga stasiun; *S. isoetifolium* hanya ditemukan di Stasiun 1 dan 2. Keanekaragaman jenis tercatat lima spesies di Stasiun 1 dan 2 serta empat spesies di Stasiun 3.



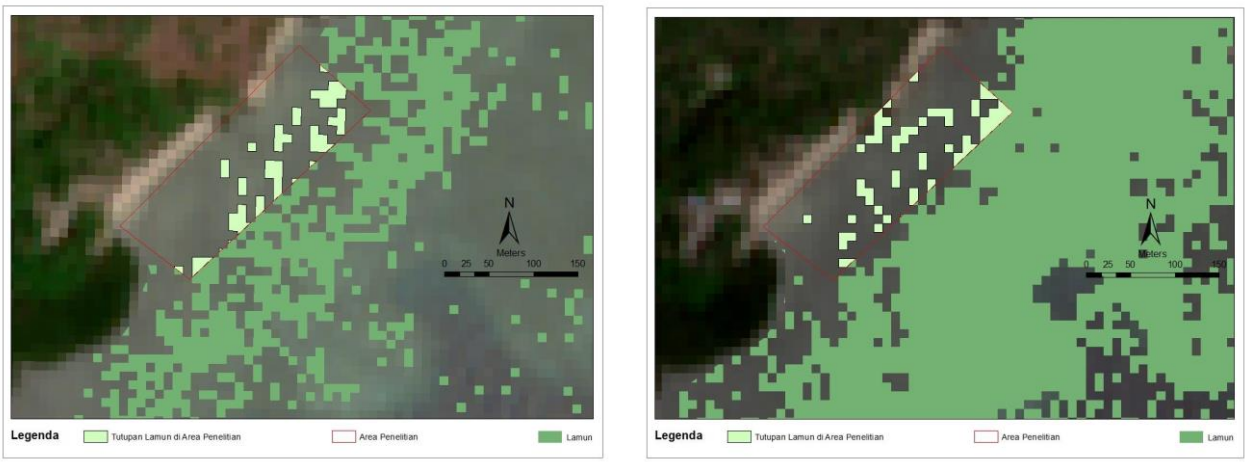
Gambar 1. Lokasi penelitian di Pantai Bama.

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 729-735

Luas kelas yang diinterpretasikan sebagai lamun berdasarkan citra Sentinel-2A tercatat 4.330,88 m² pada 2015, 3.993,55 m² pada 2020, dan 25.324,01 m² pada 2025 (Gambar 2). Hasil tersebut memperlihatkan penurunan sebesar 337,33 m² antara 2015 dan 2020, kemudian kenaikan sebesar 21.330,46 m² antara 2020 dan 2025. Perubahan pada periode terakhir tidak dapat langsung ditafsirkan sebagai pemulihan ekologis karena pengelompokan spektral juga dipengaruhi kondisi kolom air, waktu perekaman, dan ketelitian klasifikasi. Pada resolusi spasial 10 m, luas tahun 2015 setara dengan sekitar 43 piksel; kesalahan klasifikasi beberapa piksel dapat memengaruhi estimasi luasan. Uji akurasi hanya tersedia untuk pengamatan tahun 2025 sehingga besarnya perubahan antartahun masih perlu ditafsirkan secara hati-hati.

Tabel 1. Komposisi jenis lamun. (+) ditemukan; (−) tidak ditemukan

Jenis lamun	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
Enhalus acoroides	+	+	+
Thalassia hemprichii	+	+	+
Cymodocea rotundata	+	+	+
Halophila ovalis	+	+	+
Syringodium isoetifolium	+	+	−



2015 2020



2025

Gambar 2. Peta hasil klasifikasi

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 729-735

Perbedaan luas hasil klasifikasi antartahun perlu ditafsirkan dengan hati-hati. Variasi pasang surut, kekeruhan, pantulan permukaan, dan kedalaman optik dapat mengubah respons spektral substrat dangkal dan memengaruhi kelas yang terpetakan (Munawaroh *et al*., 2023). Oleh karena itu, kenaikan kelas lamun pada citra tahun 2025 belum dapat dihubungkan secara kausal dengan perubahan aktivitas wisata maupun pemulihan kondisi habitat. Perbandingan yang lebih kuat memerlukan kesetaraan kondisi perekaman dan penilaian ketelitian pada setiap periode pengamatan.

Persentase tutupan lamun hasil pengamatan lapangan masing-masing mencapai 49,24% pada Stasiun 1, 49,53% pada Stasiun 2, dan 45,92% pada Stasiun 3 (Tabel 2). Rerata ketiga stasiun adalah 48,23%, dengan simpangan baku sampel sekitar 2,00 poin persentase. Berdasarkan kategori yang digunakan Rahmawati *et al*. (2017), kondisi tutupan tersebut tergolong sedang. Komposisi tutupan di Stasiun 3 didominasi *Cymodocea rotundata*, sedangkan *Syringodium isoetifolium* tidak ditemukan di stasiun tersebut.

Mengacu pada kategori kerapatan lamun Gosari dan Haris (2012), nilai kerapatan di Stasiun 1 dan 2 tergolong rapat, sedangkan Stasiun 3 sangat rapat. Kerapatan total lamun tertinggi ditemukan di Stasiun 3 sebesar 212,36 ind/m², diikuti Stasiun 2 sebesar 153,45 ind/m² dan Stasiun 1 sebesar 138,66 ind/m². Kerapatan yang lebih besar di Stasiun 3 tidak diikuti persentase tutupan tertinggi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jumlah tegakan tidak selalu sebanding dengan tutupan permukaan, karena ukuran individu dan bentuk daun berbeda antarjenis lamun.

Analisis regresi terhadap 99 pasangan nilai NDVI dan tutupan lamun menghasilkan hubungan negatif yang lemah ($r = -0{,}2822$) dengan persamaan $y = -460.140{,}734x + 41{,}628$, $R^2 = 0{,}0796$, dan $p = 0{,}0047$ (Gambar 3). Meskipun nilai p berada di bawah 0,05, model hanya menjelaskan 7,96% variasi tutupan lamun. Estimasi rerata tutupan per stasiun dari persamaan tersebut berkisar 46,98–49,89%. Kedekatan beberapa nilai prediksi dengan rerata pengamatan lapangan tidak dapat dijadikan bukti ketepatan model pada setiap titik. Sinyal inframerah dekat yang teredam oleh air, variasi kondisi perairan, dan piksel campuran dapat membatasi hubungan NDVI dengan tutupan lamun yang terendam. Nilai p juga perlu ditafsirkan dengan memperhatikan kemungkinan ketergantungan spasial antartitik pengamatan dalam transek. Dengan demikian, model ini lebih tepat diperlakukan sebagai analisis hubungan eksploratif daripada dasar estimasi tutupan yang presisi.

Tabel 2. Tutupan lapangan, keluaran model NDVI, dan kerapatan lamun tahun 2025. Rerata estimasi NDVI dihitung dari tiga nilai stasiun.

Stasiun	Tutupan lapangan (%)	Estimasi NDVI (%)	Kerapatan (ind/m²)
1	49,24	49,89	138,66
2	49,53	47,79	153,45
3	45,92	46,98	212,36
Rerata	48,23	48,22	—

Tabel 3. Parameter perairan dan tunggang pasut pada tiga stasiun pengamatan tahun 2025

Parameter	St. 1	St. 2	St. 3
Suhu (°C)	30,7–31,4	32,2–32,4	31,0–32,1
Salinitas (ppt)	25–26	24–27	23–25
pH	7,26–7,45	7,26–7,53	7,25–7,27
DO (mg/L)	5,79	5,71	6,20
Nitrat (mg/L)	1,1–5,2	3,5–9,0	1,0–4,8
Fosfat (mg/L)	0,05–0,08	0,03–0,15	0,03–0,04
Tunggang pasut (m)	0,37	0,38	0,39

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 729-735

Hasil pengukuran kualitas perairan menunjukkan suhu 30,7–32,4 °C, salinitas 23–27 ppt, pH 7,25–7,53, dan oksigen terlarut 5,71–6,20 mg/L. Konsentrasi nitrat tercatat 1,0–9,0 mg/L dan fosfat 0,03–0,15 mg/L, melampaui nilai pembanding 0,06 mg/L untuk nitrat dan 0,015 mg/L untuk fosfat yang digunakan pada penilaian dengan merujuk PP No. 22 Tahun 2021. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya tekanan nutrien pada perairan yang diamati. Namun, pengamatan sesaat belum cukup untuk menjelaskan penyebab perubahan luasan kelas lamun pada citra multitemporal.

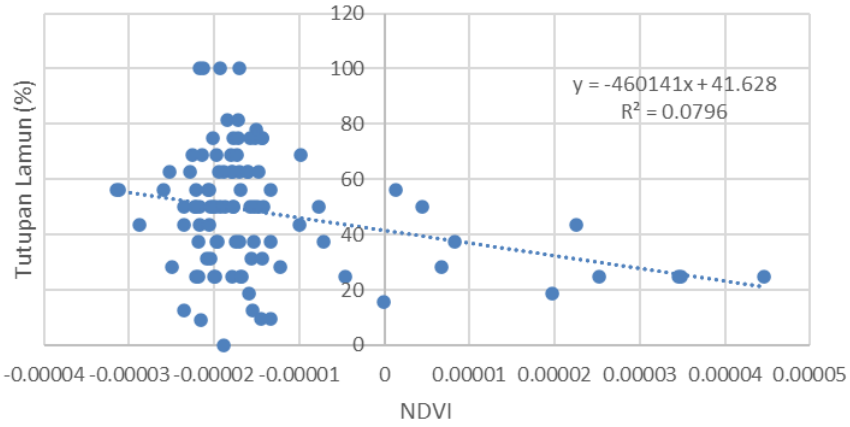
Hasil perhitungan tunggang pasut pada Stasiun 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 0,37 m, 0,38 m, dan 0,39 m, dengan rata-rata 0,38 m (Tabel 3). Nilai tersebut menunjukkan variasi muka air selama pengamatan lapangan, bukan tinggi muka air tepat ketika citra Sentinel-2A direkam. Karena data tinggi muka air pada waktu akuisisi citra tahun 2015, 2020, dan 2025 belum tersedia, pengaruh perbedaan kondisi pasang surut terhadap perbandingan luas hasil klasifikasi antartahun belum dapat dievaluasi secara kuantitatif.

Uji akurasi terhadap 33 titik referensi pada setiap stasiun menghasilkan overall accuracy sebesar 81,82% di Stasiun 1, 84,85% di Stasiun 2, dan 78,79% di Stasiun 3. Nilai producer's accuracy untuk kelas lamun masing-masing adalah 81,82%, 84,38%, dan 78,79%, sedangkan user's accuracy mencapai 100% pada ketiga stasiun. F1-score berturut-turut sebesar 0,900; 0,915; dan 0,881. Berdasarkan confusion matrix, nilai Kappa masing-masing adalah 0,000; 0,247; dan 0,000 (Tabel 4). Pada Stasiun 1 dan 3, seluruh titik referensi berkelas lamun, sedangkan Stasiun 2 hanya memiliki satu titik non-lamun. Ketimpangan kelas tersebut menyebabkan nilai Kappa, terutama pada Stasiun 1 dan 3, tidak informatif untuk menilai klasifikasi dua kelas secara menyeluruh. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan kesesuaian pada titik yang diamati, tetapi belum membuktikan akurasi klasifikasi seluruh area maupun seluruh periode pemetaan.

Analisis pola spasial berbasis variance-to-mean ratio (VMR) pada data lapangan (Brower *et al*., 1998) menghasilkan nilai 2,95 (Stasiun 1), 15,73 (Stasiun 2), dan 14,49 (Stasiun 3). Ketiganya lebih besar dari satu, sehingga konsisten dengan pola tegakan mengelompok. Temuan ini menggambarkan distribusi agregatif pada unit pengamatan yang digunakan, tanpa menunjukkan penyebab pola tersebut secara kausal.

Tabel 4. Confusion matrix dan akurasi klasifikasi pada titik pengamatan tahun 2025. TP: true positive; FN: false negative; FP: false positive; TN: true negative; OA: overall accuracy

Stasiun	TP	FN	FP	TN	n	OA (%)	F1-score
1	27	6	0	0	33	81,82	0,900
2	27	5	0	1	33	84,85	0,915
3	26	7	0	0	33	78,79	0,881



Gambar 3. Regresi linier NDVI dan tutupan lamun (n = 99; R^2 = 0,0796; p = 0,0047)

Journal of Marine Research Vol 15, No. 4 November 2026, pp. 729-735

KESIMPULAN

Hasil pemetaan Sentinel-2A menunjukkan luas kelas lamun sebesar 4.330,88 m² pada 2015, 3.993,55 m² pada 2020, dan 25.324,01 m² pada 2025. Perubahan luas hasil klasifikasi tersebut belum dapat disimpulkan sebagai perubahan ekologis yang terverifikasi tanpa pengendalian kondisi akuisisi dan uji akurasi pada setiap tahun pengamatan. Pengamatan lapangan tahun 2025 menemukan lima jenis lamun, dengan tutupan rata-rata 48,23% (kategori sedang) dan kerapatan 138,66–212,36 ind/m². Hubungan NDVI dan tutupan lamun tergolong lemah ($R^2 = 0,0796$), sehingga hasil regresi belum dapat digunakan sebagai estimator tutupan yang andal. Uji akurasi berbasis 33 titik per stasiun menghasilkan overall accuracy 78,79–84,85%, tetapi keterwakilan kelas non-lamun masih terbatas. Peta ini menyediakan gambaran awal sebaran lamun Pantai Bama yang dapat mendukung pemantauan lebih lanjut dengan metadata citra dan validasi lapangan yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

Alifatri, L.O., Prayudha, B. & Anggraini, K. 2022. Klasifikasi Habitat Bentik Berdasarkan Citra Sentinel-2 di Kepulauan Kei, Maluku Tenggara. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(3):372–384. DOI: 10.18343/jipi.27.3.372.

Brower, J.E., Zar, J.H. & von Ende, C.N. 1998. *Field and Laboratory Methods for General Ecology.* Edisi ke-4. WCB/McGraw-Hill, Boston.

Congalton, R.G. & Green, K. 2009. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices.* Edisi ke-2. CRC Press, Boca Raton.

Fandreawan, F. & Purwaningtyas, A. 2024. Analisis Taman Nasional Baluran Kabupaten Situbondo Provinsi Jawa Timur sebagai Destinasi Pariwisata Berkelanjutan. *Jurnal Manajemen Perhotelan dan Pariwisata*, 7(1):123–128. DOI: 10.23887/jmpp.v7i1.76848.

Gosari, B.A.J. & Haris, A. 2012. Studi Kerapatan dan Penutupan Jenis Lamun di Kepulauan Spermonde. *Torani: Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 22(3):156–162.

Hoad, N.M. & Nordlund, L.M. 2025. Expert Perceptions on Seagrass Governance, Policy and Management in the Western Indian Ocean. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 35(9):e70223. DOI: 10.1002/aqc.70223.

Meister, M. & Qu, J.J. 2024. Quantifying Seagrass Density Using Sentinel-2 Data and Machine Learning. *Remote Sensing*, 16(7):1165. DOI: 10.3390/rs16071165.

Munawaroh, M., Wicaksono, P. & Rudiastuti, A.W. 2023. Pemetaan cepat batimetri perairan dangkal menggunakan citra Sentinel-2 dan Google Earth Engine di Perairan Tanjung Kelayang–Pulau Belitung. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(2):168–185. DOI: 10.22146/mgi.80414.

Rahmani, E., Karang, I.W.G.A. & Putra, I.D.N.N. 2022. Pemetaan Habitat Bentik Menggunakan Citra Sentinel-2A dan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) di Perairan Pemuteran, Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 5(1):29–39. DOI: 10.24843/JMRT.2022.v05.i01.p06.

Rahmawati, S., Irawan, A., Supriyadi, I.H. & Azkab, M.H. 2017. *Panduan Pemantauan Penilaian Kondisi Padang Lamun.* Edisi ke-2. COREMAP-CTI, Pusat Penelitian Oseanografi–LIPI, Jakarta.

Saputra, H., Nugraha, M.A. & Hudatwi, M. 2024. Penilaian Stok Karbon Ekosistem Padang Lamun di Pesisir Tukak, Kabupaten Bangka Selatan. *Journal of Marine Research*, 13(1):1–10. DOI: 10.14710/jmr.v13i1.33988.

Zulkifli, D., Triyono, H., Suharti, R., Jabbar, M.A., Bramana, A., Rahayu, S.M., Sudiarsa, I.N. & Herawati, L.G. 2022. Pengukuran Stok Karbon Ekosistem Lamun di Kawasan Taman Nasional Baluran, Jawa Timur. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3):358–368. DOI: 10.14710/jkt.v25i3.13520.