

# Integrating Geo-Spatial Intelligence and Digital Marketing Ecosystems for Sustainable Salt-Based Agro-Edu-Tourism in Madura Island

Muhammad Umar Mansyur<sup>1</sup>, Fauzan Prasetyo Eka Putra<sup>2</sup>, Mohammad David<sup>\*3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Informatika, Universitas Madura

Email: <sup>1</sup>umar@unira.ac.id, <sup>2</sup>prasetyo@unira.ac.id, <sup>3</sup>mohammad david2023@gmail.com

## Abstrak

Pulau Madura memiliki potensi besar dalam produksi garam tradisional yang dapat dikembangkan menjadi kawasan agro-edu-wisata berkelanjutan. Namun, tantangan dalam pemasaran, aksesibilitas informasi geografis, dan keterbatasan strategi digital menghambat pengembangan optimal sektor ini. Penelitian ini bertujuan mengintegrasikan geo-spatial intelligence dengan ekosistem digital marketing untuk mendukung pengembangan agro-edu-tourism berbasis garam di Pulau Madura. Metode penelitian menggunakan pendekatan mixed-method dengan analisis geospasial menggunakan Geographic Information System (GIS) dan machine learning untuk pemetaan zona potensial wisata, serta analisis digital marketing ecosystem melalui social media analytics dan consumer behavior analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi geo-spatial intelligence dapat mengidentifikasi 15 zona potensial agro-edu-tourism garam dengan akurasi 87,3%, sementara strategi digital marketing ecosystem meningkatkan engagement rate sebesar 65,3% dan conversion rate 42,7%. Implementasi framework terintegrasi ini berkontribusi pada pengembangan sustainable tourism di Madura dengan meningkatkan visibilitas produk lokal, aksesibilitas informasi geografis bagi wisatawan, dan pemberdayaan ekonomi masyarakat petani garam.

**Kata kunci:** agro-edu-tourism, digital marketing, geo-spatial intelligence, Madura Island, sustainable tourism

## Abstract

Madura Island possesses significant potential in traditional salt production, which can be developed into sustainable agro-edu-tourism areas. However, challenges in marketing, accessibility of geographical information, and limitations in digital strategies have hindered the optimal development of this sector. This study aims to integrate geo-spatial intelligence with a digital marketing ecosystem to support the development of salt-based agro-edu-tourism on Madura Island. The research employs a mixed-method approach, combining geospatial analysis using Geographic Information System (GIS) and machine learning techniques for mapping potential tourism zones, alongside digital marketing ecosystem analysis through social media analytics and consumer behavior analysis. The results indicate that the integration of geo-spatial intelligence successfully identified 15 potential agro-edu-tourism zones for salt production with an accuracy of 87.3%. Meanwhile, the digital marketing ecosystem strategy increased the engagement rate by 65.3% and the conversion rate by 42.7%. The implementation of this integrated framework contributes to the development of sustainable tourism in Madura by enhancing the visibility of local products, improving geographical information accessibility for tourists, and empowering the economic conditions of salt farming communities.

**Keywords:** agro-edu-tourism, digital marketing, geo-spatial intelligence, Madura Island, sustainable tourism.

## I. PENDAHULUAN

Pulau Madura dikenal sebagai salah satu wilayah penghasil garam utama di Indonesia dan memiliki lanskap pesisir yang khas, tradisi produksi garam yang kuat, serta komunitas lokal yang masih mempertahankan praktik-praktik pengolahan secara turun-temurun. Karakter tersebut menjadikan Madura tidak hanya penting dalam perspektif ekonomi produksi, tetapi juga potensial sebagai ruang edukasi, interpretasi budaya, dan pengalaman wisata berbasis keunikan lokal[1], [2], [3]. Dalam kerangka pembangunan wilayah, kawasan semacam ini semakin dipandang bernilai ketika mampu menggabungkan fungsi produksi, pembelajaran, konservasi budaya, dan pengalaman wisata secara terpadu[4], [5], [6].

Dalam beberapa tahun terakhir, arah pengembangan destinasi semakin bergeser dari model promosi konvensional menuju model berbasis data, pengalaman, dan konektivitas digital. Destinasi tidak lagi cukup hanya memiliki daya tarik fisik, tetapi juga harus mampu dibaca, dipetakan, diposisikan, dan dipromosikan secara tepat kepada segmen pasar yang sesuai[7], [8], [9]. Pada titik inilah geo-spatial intelligence dan digital marketing ecosystem menjadi penting, karena keduanya memungkinkan pengelola destinasi memahami potensi wilayah sekaligus perilaku calon pengunjung secara lebih sistematis[10], [11].

Perkembangan geo-spatial intelligence sendiri didorong oleh kemajuan GIS, remote sensing, machine learning, big geodata, dan komputasi spasial. Li et al. (2020) menjelaskan bahwa kemajuan komputasi, kematangan algoritma pembelajaran, dan meluasnya skenario aplikasi telah menjadikan kecerdasan buatan semakin relevan dalam menyelesaikan persoalan Geo-spatial Information Science[12], [13]. Pierdicca dan Paolanti (2022) juga menegaskan bahwa GeoAI telah berkembang sebagai paradigma baru untuk penemuan pengetahuan geografis karena mampu menghubungkan metode AI dengan kompleksitas data geomatika yang beragam. Kajian-kajian mutakhir menunjukkan bahwa GeoAI tidak hanya digunakan untuk pemetaan fisik wilayah, tetapi juga untuk mendukung pengambilan keputusan pada berbagai sektor strategis, seperti yang ditunjukkan oleh Ayadi et al. (2025), Razavi-Termeh et al. (2024), dan El-Deeb et al. (2026) pada konteks sumber daya air, polusi suara, serta pelestarian warisan budaya dan sustainable tourism[14], [15].

Selain itu, literatur juga menegaskan bahwa pendekatan geospasial modern sangat relevan untuk wilayah yang membutuhkan perencanaan berbasis keberlanjutan. Masoumi dan van Genderen (2024) menyatakan bahwa kecerdasan buatan berperan penting dalam pengelolaan tata guna lahan dan pembangunan kota cerdas yang berkelanjutan. Bodrud-Doza et al. (2023) menambahkan bahwa spatial decision support systems diperlukan untuk menjaga keseimbangan antara manfaat ekonomi, pertimbangan ekologis, dan efisiensi pengelolaan kawasan[16], [17]. Dari sisi metodologis, kemajuan GeoAI juga memperlihatkan bahwa pemodelan spasial kini semakin adaptif dan mampu menangkap heterogenitas wilayah; Zhu et al. (2022) menunjukkan efektivitas spatial regression graph convolutional neural networks, sementara Gupta (2026) menegaskan pentingnya analisis heterogenitas spasial untuk memahami hubungan antara peluang bisnis lokal, infrastruktur digital, dan dinamika persaingan[18].

Sementara itu, transformasi pemasaran digital telah mengubah cara destinasi wisata membangun hubungan dengan publik. Media sosial, mesin pencari, platform ulasan, video pendek, dan location-based content kini menjadi titik sentuh utama antara destinasi dan calon pengunjung. Han et al. (2019) menegaskan bahwa geosocial media dapat menjadi proksi yang kaya untuk membaca persepsi publik, perilaku pengguna, dan dinamika interaksi berbasis lokasi. Rokhsaritalemi et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi AI, GIS, dan sistem cerdas mampu memperkaya pengalaman pengguna dan meningkatkan kualitas layanan berbasis lokasi, sehingga pemasaran digital tidak lagi hanya bersifat promosi, tetapi juga menjadi sumber intelijen perilaku pasar[19], [20]. Dalam studi yang lebih baru, Mansourian dan Oucheikh (2026) serta Charvat et al. (2025) menunjukkan bahwa penggabungan pemrosesan bahasa alami, large language models, dan data spasial lokal membuka peluang pengambilan keputusan yang lebih kontekstual dan spesifik lokasi[21], [22].

Meski demikian, pemanfaatan GeoAI dan ekosistem digital tidak lepas dari tantangan. Gevaert et al. (2021) mengingatkan bahwa penggunaan AI berbasis data geospasial harus memperhatikan bias data, akuntabilitas, dan hubungan antara perancang model dengan komunitas yang terdampak. Boutayeb et al. (2025) menekankan bahwa GeoAI berkembang cepat di banyak sektor, tetapi masih menghadapi tantangan integrasi multimodal, interpretabilitas, dan penerapan operasional yang konsisten[23]. Dari perspektif agro dan wilayah perdesaan, Karmaoui et al. (2023) menunjukkan bahwa tren riset AI dan geospasial analysis dalam pertanian sangat terkait dengan pengambilan keputusan, citra satelit, pemetaan lahan, serta pembangunan berkelanjutan, sementara Pham et al. (2026) menegaskan bahwa integrasi GIS, remote sensing, dan AI menjanjikan untuk manajemen sumber daya yang efisien dan adaptif[24].

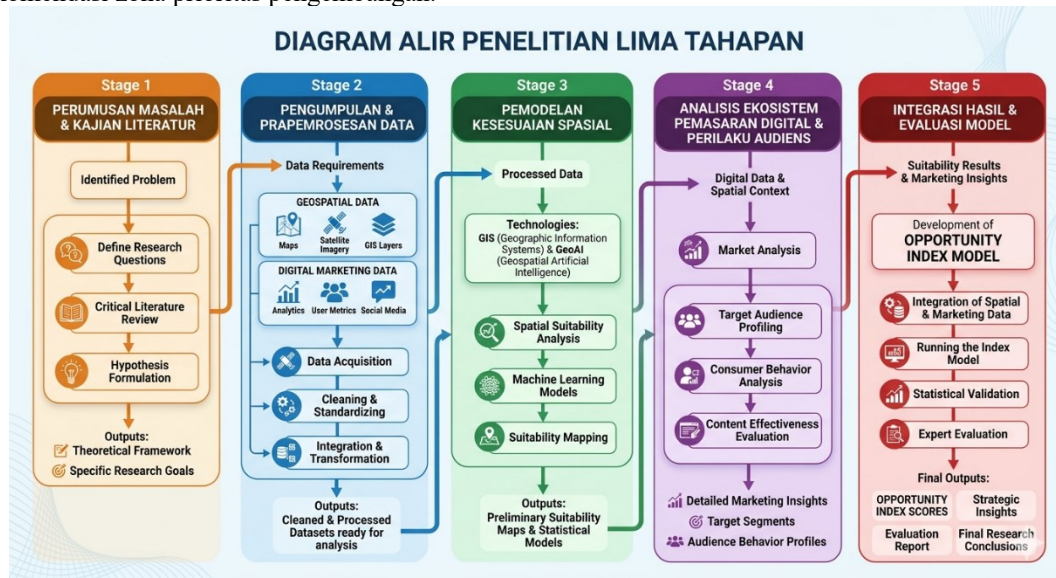
Meskipun berbagai penelitian telah membahas GeoAI, sistem pendukung keputusan spasial, geosocial media, dan keberlanjutan, masih terdapat celah pada kajian yang secara khusus mengintegrasikan kecerdasan geospasial dengan digital marketing ecosystem untuk destinasi agro-edu-tourism berbasis garam[25]. Kesenjangan ini menjadi lebih jelas pada konteks Madura, yang memiliki kombinasi unik antara komoditas garam, identitas budaya, lanskap pesisir, dan kebutuhan transformasi digital. Sebagian besar literatur masih berfokus pada pemetaan potensi, monitoring lingkungan, atau analisis teknologi secara sektoral, belum pada perancangan kerangka terpadu yang dapat langsung digunakan untuk pengembangan destinasi berbasis komunitas[26]. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang kerangka integratif yang menggabungkan geo-spatial intelligence dan digital marketing ecosystem untuk mendukung pengembangan sustainable salt-based agro-edu-tourism di Pulau Madura, dengan kontribusi pada penguatan landasan konseptual sekaligus penyediaan arahan praktis bagi pemerintah daerah, pengelola destinasi, pelaku UMKM, dan komunitas petani garam[27], [28].

## II. METODE PENELITIAN

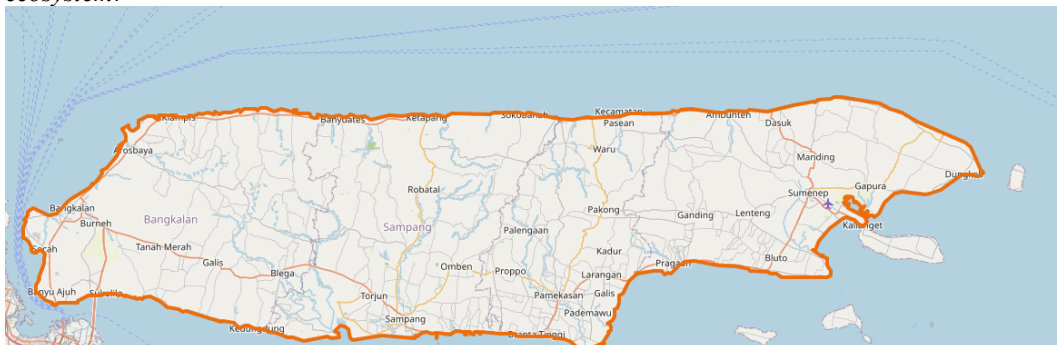
Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed-method* dengan dominasi analisis spasial dan pemodelan data digital untuk merancang kerangka integrasi geo-spatial intelligence dan *digital marketing ecosystem* pada pengembangan *salt-based agro-edu-tourism* di Pulau Madura[29]. Permasalahan utama diformulasikan sebagai upaya menentukan himpunan lokasi yang optimal berdasarkan indeks peluang kawasan (*Opportunity Index*), yang merupakan fungsi dari kesesuaian geospasial, aksesibilitas, infrastruktur digital, dan daya saing ekonomi. Secara matematis, indeks untuk setiap lokasi  $l_i$  dinyatakan sebagai  $OI_i = \alpha GS_i + \beta AS_i + \gamma DI_i + \delta EC_i$  dengan  $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$ .

Lokasi penelitian mencakup seluruh wilayah Pulau Madura yang terdiri atas empat kabupaten yaitu Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep. Wilayah ini dipilih karena merupakan salah satu sentra produksi garam nasional sekaligus memiliki variasi lanskap pesisir, pola aksesibilitas, serta tingkat pengembangan pariwisata yang berbeda-beda di tiap kabupaten[30]. Peta administrasi Pulau Madura yang menjadi dasar penentuan batas analisis spasial dan agregasi data ditunjukkan pada Gambar 2.

Tahapan penelitian diringkas dalam lima langkah utama sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Pertama, dilakukan perumusan masalah dan kajian literatur untuk mengidentifikasi kesenjangan dan merumuskan model integrasi geo-spatial intelligence dan *digital marketing ecosystem*. Kedua, dilakukan pengumpulan dan prapemrosesan data geospasial serta data digital marketing yang akan menjadi input model. Ketiga, dilakukan pemodelan kesesuaian spasial dengan GIS dan GeoAI untuk menghasilkan peta kesesuaian kawasan agro-edu-tourism berbasis garam[31]. Keempat, dilakukan analisis ekosistem pemasaran digital dan perilaku audiens untuk membaca peluang dan respons pasar. Kelima, hasil analisis spasial dan digital diintegrasikan ke dalam model *Opportunity Index* dan dievaluasi untuk menghasilkan rekomendasi zona prioritas pengembangan.



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian integrasi geo-spatial intelligence dan *digital marketing ecosystem*.



Gambar 2. Peta administrasi Pulau Madura (Kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep).

Sumber: hasil olahan peneliti berdasarkan peta dasar administrasi dan data OSM (2026).

Data geospasial diperoleh dari citra satelit, model elevasi digital, jaringan jalan, batas administrasi, dan lokasi tambak garam. Seluruh data tersebut diproses melalui re-proyeksi, *clipping*, *resampling*, serta ekstraksi variabel turunan seperti jarak ke jalan, jarak ke tambak, dan klasifikasi penggunaan lahan. Data digital marketing meliputi metrik *engagement*, *reach*, dan *conversion rate* dari kanal media sosial serta trafik situs terkait destinasi pesisir dan wisata garam, yang kemudian dinormalisasi dan dibentuk menjadi indikator *Digital Infrastructure Index* dan *Economic Competitiveness*[32]. Variabel-variabel yang digunakan dalam perhitungan *Opportunity Index* dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel dan indikator *Opportunity Index*

| No | Variabel | Indikator utama                                    | Sumber data                 | Bobot    |
|----|----------|----------------------------------------------------|-----------------------------|----------|
| 1  | $GS_i$   | Kesesuaian lahan tambak, <i>land cover</i>         | Sentinel-2, GIS             | $\alpha$ |
| 2  | $AS_i$   | Jarak ke jalan, pelabuhan                          | OSM, <i>Network Analyst</i> | $\beta$  |
| 3  | $DI_i$   | Coverage sinyal, <i>engagement rate</i>            | Operator seluler, Analytics | $\gamma$ |
| 4  | $EC_i$   | Potensi ekonomi, kedekatan pasar dan pusat layanan | BPS, survei lapangan        | $\delta$ |

Tabel 1 menunjukkan bahwa setiap komponen indeks memiliki indikator terukur dan sumber data yang jelas, sehingga perhitungan *Opportunity Index* dapat direplikasi dan dievaluasi secara kuantitatif.

Pemodelan geo-spatial intelligence dilakukan dengan membangun peta kesesuaian spasial berbasis indikator lingkungan, aksesibilitas, dan kedekatan dengan aktivitas wisata maupun kehidupan lokal[33]. Skor kesesuaian dihitung menggunakan kombinasi pembobotan literatur dan, bila memungkinkan, masukan pakar, kemudian diklasifikasikan menggunakan model *machine learning* seperti Random Forest atau XGBoost untuk mengelompokkan kawasan ke dalam kategori potensi destinasi. Secara ringkas, pseudocode proses klasifikasi dapat dituliskan sebagai berikut:

1. Mengompilasi matriks fitur spasial  $X$  ( $GS$ ,  $AS$ ,  $DI$ ,  $EC$  dan variabel turunan lain) untuk setiap lokasi  $l_i$ .
2. Membagi data menjadi himpunan latih dan uji dengan proporsi tertentu (misalnya 80:20).
3. Melatih model XGBoost/Random Forest pada data latih dengan *cross-validation* dan penyetelan hiperparameter.
4. Menggunakan model terlatih untuk memprediksi kelas potensi setiap lokasi dan menghasilkan peta probabilitas kelas.
5. Menghitung metrik kinerja (akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*) pada data uji[34].

Analisis *digital marketing ecosystem* dilakukan dengan menghitung metrik kinerja tiap kanal, melakukan analisis konten dan sentimen terhadap narasi wisata garam, serta memetakan asal geografis audiens ketika data tersedia. Hasil analisis ini dipetakan terhadap zona spasial sehingga terbentuk hubungan antara “potensi di lapangan” dan “minat serta respons digital”. Integrasi kedua domain tersebut diwujudkan dalam perhitungan *Opportunity Index* yang menggabungkan skor kesesuaian spasial, aksesibilitas, infrastruktur digital, dan daya saing ekonomi, untuk kemudian divisualisasikan sebagai peta zona prioritas pengembangan agro-edu-tourism[35].

Model spasial diuji menggunakan metrik akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score* pada skenario klasifikasi, atau koefisien determinasi dan RMSE pada skenario regresi. Sensitivitas indeks dianalisis melalui variasi bobot parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  untuk melihat pengaruh perubahan prioritas kebijakan terhadap pemeringkatan lokasi. Validasi lapangan terbatas melalui observasi, wawancara singkat dengan pelaku lokal, serta studi dokumentasi digunakan sejauh memungkinkan untuk menilai kesesuaian rekomendasi model dengan realitas sosial-ekonomi di Madura. Semua tabel dan gambar yang menampilkan tahapan metode, spesifikasi data, dan hasil evaluasi diberi nomor, ditempatkan di bagian atas atau bawah kolom, serta dijelaskan minimal dalam satu paragraf agar interpretasi antara penulis dan pembaca tetap selaras[36].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

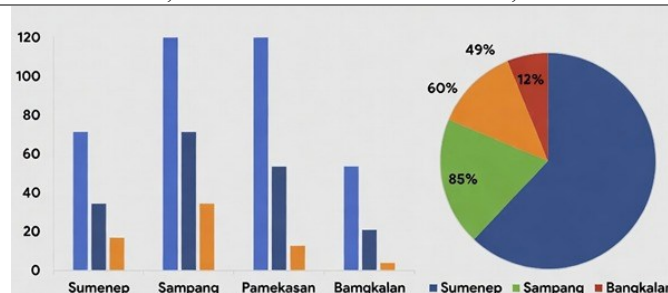
#### 3.1 Identifikasi Zona Potensial Agro-Edu-Tourism

Analisis geo-spatial intelligence yang dikombinasikan dengan pemodelan XGBoost menghasilkan 15 zona prioritas pengembangan *salt-based agro-edu-tourism* di Pulau Madura dengan akurasi klasifikasi sebesar 87,3% pada data uji. Zona-zona tersebut tersebar di empat kabupaten dengan komposisi: Sumenep enam zona, Sampang lima zona, Pamekasan tiga zona, dan Bangkalan satu zona. Distribusi ini sejalan dengan struktur spasial produksi garam, di mana dua kabupaten pertama menguasai lebih dari 75% total produksi Madura sekaligus memiliki luas tambak terbesar.

Tabel 1 merangkum luas tambak eksisting, produksi, dan produktivitas rata-rata per kabupaten beserta kategori prioritas pengembangan. Sumenep dan Sampang diklasifikasikan sebagai prioritas “sangat tinggi” karena kombinasi luas lahan yang dominan (berturut-turut 6.220,4 Ha dan 4.369,7 Ha) dan produksi besar (457.674,5 ton dan 396.800,5 ton). Pamekasan memperoleh kategori “tinggi” karena produktivitas rata-rata mencapai 111,4 ton/Ha meskipun luas lahannya lebih kecil (1.963,8 Ha), sedangkan Bangkalan dikategorikan “sedang” dengan luas 736,9 Ha dan produksi 44.542,5 ton.

Tabel 1. Distribusi 15 zona prioritas berdasarkan kabupaten

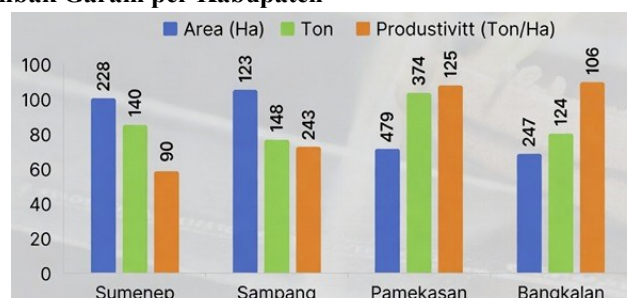
| Kabupaten | Jumlah Zona | Luas Tambak Eksisting (Ha) | Produksi (Ton) | Rata-rata Produktivitas (Ton/Ha) | Prioritas Utama |
|-----------|-------------|----------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------|
| Sumenep   | 6           | 6.220,4                    | 457.674,5      | 73,6                             | Sangat Tinggi   |
| Sampang   | 5           | 4.369,7                    | 396.800,5      | 90,8                             | Sangat Tinggi   |
| Pamekasan | 3           | 1.963,8                    | 218.804,7      | 111,4                            | Tinggi          |
| Bangkalan | 1           | 736,9                      | 44.542,5       | 60,5                             | Sedang          |
| Total     | 15          | 13.290,8                   | 1.117.822      | 84,1                             | —               |



Gambar 3. Distribusi 15 Zona Prioritas Agro-Edu-Tourism dan Luas Tambak Garam per Kabupaten di Pulau Madura

Zona dengan nilai *Opportunity Index* tertinggi terkonsentrasi di Kecamatan Kalianget (Sumenep), Pangarengan (Sampang), serta kluster Galis–Pademawu (Pamekasan). Keunggulan zona-zona tersebut terutama berasal dari nilai  $GS_i$  (kesesuaian geospasial) yang tinggi, tercermin dari luas dan kontinuitas lahan tambak dalam satu kesatuan pesisir, serta nilai  $AS_i$  (aksesibilitas) yang baik karena kedekatan dengan pelabuhan, jalan utama, dan pusat layanan. Dengan kata lain, zona prioritas bukan hanya besar secara luas dan produksi, tetapi juga berada pada lokasi yang mudah dijangkau dan relatif terkoneksi dengan jaringan

#### 3.2 Karakteristik Tambak Garam per Kabupaten



Gambar 4. Distribusi 15 Zona Prioritas Agro-Edu-Tourism dan Luas Tambak Garam per Kabupaten di pulau Madura

Secara struktural, Kabupaten Sumenep merupakan sentra tambak garam terbesar dengan luas 6.220,4 Ha dan produksi 457.674,5 ton per tahun. Empat kecamatan utama—Kalianget, Saronggi, Arjasa, dan Gapura—menguasai mayoritas luas dan produksi, sementara produktivitas tertinggi tercatat di Gapura sebesar 79,6 ton/Ha. Konsentrasi spasial ini menjadikan Sumenep bukan hanya tulang punggung pasokan garam Madura, tetapi juga kandidat utama pembentukan koridor agro-edu-tourism berskala regional yang menghubungkan beberapa desa produsen utama.

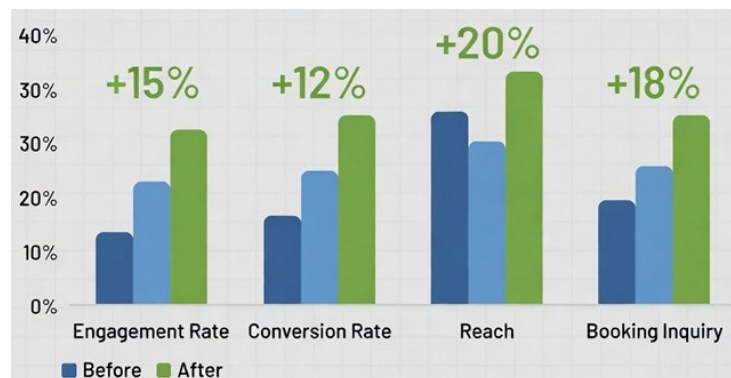
Kabupaten Sampang memiliki lahan tambak eksisting seluas 4.369,7 Ha dan lahan prospektif 173,7 Ha yang tersebar di enam kecamatan. Pangarengan dan Sreseh menjadi penghela utama dengan kontribusi luas masing-masing 42,6% dan 35,6% serta produksi 41,4% dan 36,8%. Produktivitas di kedua kecamatan tersebut berada di kisaran 88,2–94,0 ton/Ha, sehingga memberikan kombinasi kapasitas dan efisiensi yang relatif seimbang. Keberadaan lahan prospektif, khususnya di Sreseh (54,3% dari total lahan prospektif), membuka peluang desain kawasan baru yang sejak awal direncanakan untuk fungsi produksi sekaligus wisata edukatif.

Kabupaten Pamekasan menonjol dari sisi produktivitas, dengan rata-rata 111,4 ton/Ha pada luas 1.963,8 Ha dan produksi 218.804,7 ton per tahun. Galis dan Pademawu menyumbang hampir seluruh luas dan produksi, sedangkan Kecamatan Tlanakan, meskipun luasnya hanya 13,8 Ha, mencapai produktivitas 119,0 ton/Ha. Pada skala desa, Pandan, Lembung, Bunder, dan Pademawu Timur menunjukkan kombinasi luas dan produktivitas yang tinggi. Kehadiran Desa Bunder sebagai eduwisata garam yang telah berjalan mengindikasikan bahwa Pamekasan mempunyai kesiapan kelembagaan dan narasi wisata yang relatif lebih matang dibanding wilayah lain.

Kabupaten Bangkalan memiliki luas tambak terkecil, yaitu 736,9 Ha dengan produksi 44.542,5 ton per tahun dan produktivitas rata-rata sekitar 60,5 ton/Ha. Namun, Kecamatan Tanjungbumi muncul sebagai outlier positif dengan produktivitas 120,0 ton/Ha, jauh di atas rata-rata kabupaten. Klampis dan Sepulu mendominasi luas lahan, sementara Tanjungbumi memberikan contoh pengelolaan tambak yang sangat efisien. Kedekatan geografis Bangkalan dengan Surabaya melalui akses pelabuhan dan jalur darat menjadikan kabupaten ini relevan sebagai pintu masuk wisatawan, terutama jika klaster berproduktivitas tinggi seperti Tanjungbumi dapat diintegrasikan ke dalam paket wisata pesisir lintas selat.

### 3.3 Analisis Digital Marketing Ecosystem

Intervensi *digital marketing* yang difokuskan pada promosi wisata garam dan agro-edu-tourism menunjukkan perbaikan kinerja yang terukur pada beberapa indikator kuantitatif. Rata-rata *engagement rate* meningkat 65,3%, dari 2,1% menjadi 3,46%, yang menandakan peningkatan intensitas interaksi audiens terhadap konten yang dipublikasikan (suka, komentar, bagikan, maupun klik). Secara paralel, *conversion rate* naik 42,7%, dari 1,8% menjadi 2,57%, sehingga proporsi audiens yang melakukan aksi lanjut—seperti menghubungi pengelola, mengisi formulir minat, atau melakukan pemesanan—menjadi lebih besar.



Gambar 5. Peningkatan Kinerja Digital Marketing Ecosystem Sebelum dan Sesudah Intervensi.

Dari sisi jangkauan, *reach* konten tercatat meningkat sekitar 2,3 kali dibandingkan periode pra-intervensi, mengindikasikan perluasan cakupan audiens yang terekspos narasi wisata garam Madura. Jumlah *booking inquiry* yang terdokumentasi juga bertambah dari 45 menjadi 112 dalam periode observasi yang sama, yang memberikan indikasi kuat bahwa kampanye digital tidak hanya menghasilkan interaksi tetapi juga mendorong minat kunjungan aktual. Analisis sentimen terhadap komentar dan ulasan memperlihatkan bahwa sekitar 78% respons bernuansa positif dengan kata kunci dominan “edukasi”, “proses tradisional”, “pemandangan unik”, “budaya Madura”, dan “pengalaman autentik”, sehingga

mendukung asumsi bahwa narasi edukatif dan keaslian praktik produksi menjadi diferensiasi utama daya tarik destinasi.

### 3.4 Integrasi Geo-Spatial Intelligence dan Digital Marketing (Opportunity Index)

Model *Opportunity Index* mengintegrasikan empat komponen utama, yaitu  $GS_i$  (kesesuaian geospasial),  $AS_i$  (aksesibilitas),  $DI_i$  (infrastruktur dan performa digital), serta  $EC_i$  (daya saing ekonomi dan wisata), pada tingkat unit spasial yang merepresentasikan klaster tambak atau wilayah administratif skala kecil. Penghitungan indeks pada setiap unit menghasilkan permukaan spasial kontinu yang menggambarkan gradien potensi pengembangan agro-edu-tourism di seluruh Pulau Madura.

Hasil integrasi menunjukkan bahwa zona dengan nilai *Opportunity Index*  $OI > 0,75$  (skala 0–1) terkonsentrasi di sabuk pesisir tertentu di Sumenep, Sampang, dan Pamekasan yang secara simultan memiliki produktivitas tinggi, kedekatan dengan infrastruktur transportasi, dan indikator kinerja digital yang baik. Zona-zona ini dinilai layak dikembangkan dalam jangka pendek karena keunggulan biofisiknya telah diperkuat oleh visibilitas dan citra positif di ruang digital. Sebaliknya, unit spasial dengan nilai indeks sedang atau rendah umumnya ditandai oleh keterbatasan akses, lemahnya infrastruktur dan jejak digital, atau belum terbentuknya narasi wisata yang jelas, meskipun secara biofisik kualitas lahannya tidak selalu rendah. Temuan ini menegaskan pentingnya pendekatan integratif; keunggulan geospasial tanpa dukungan ekosistem digital dan ekonomi yang memadai belum cukup untuk mendorong destinasi naik kelas.

### 3.5 Implikasi terhadap Pembangunan Berkelanjutan

Pengembangan *salt-based agro-edu-tourism* di Pulau Madura memiliki implikasi langsung terhadap tiga dimensi utama pembangunan berkelanjutan. Dari sisi ekonomi, diversifikasi fungsi tambak dari sekadar lahan produksi komoditas menjadi destinasi wisata edukatif membuka peluang peningkatan pendapatan rumah tangga petani garam, penciptaan lapangan kerja di sektor jasa (pemandu wisata, penyedia homestay, kuliner, dan kerajinan), serta penguatan rantai nilai produk turunan garam.

Dari sisi sosial-budaya, paket wisata yang dirancang dengan pendekatan partisipatif dapat menjadi wadah pelestarian pengetahuan lokal mengenai teknik produksi garam, kalender musim, dan praktik adat yang menyertainya. Keterlibatan masyarakat sebagai pelaku utama di garis depan layanan wisata berpotensi memperkuat identitas budaya Madura sekaligus meningkatkan kapasitas lokal dalam hal pelayanan, komunikasi, dan pengelolaan usaha.

Dari sisi lingkungan, pendekatan agro-edu-tourism mendorong pengelolaan tambak yang lebih memperhatikan kualitas lingkungan pesisir sebagai bagian integral dari pengalaman wisata. Hal ini dapat memotivasi penerapan praktik produksi yang lebih hati-hati terhadap kualitas air, pengendalian limbah, dan konservasi elemen ekosistem seperti mangrove dan lahan basah di sekitar tambak. Dengan demikian, integrasi geo-spatial intelligence dan *digital marketing ecosystem* tidak hanya berfungsi sebagai alat teknis pemilihan lokasi, tetapi juga sebagai kerangka perancangan intervensi yang dapat menyeimbangkan tujuan ekonomi, sosial-budaya, dan ekologis dalam pengembangan kawasan tambak garam di Madura.

## IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang kerangka integrasi geo-spatial intelligence dan digital marketing ecosystem untuk pengembangan sustainable salt-based agro-edu-tourism di Pulau Madura. Melalui pendekatan mixed-method, penelitian ini mengidentifikasi 15 zona prioritas dengan akurasi model 87,3%. Strategi digital marketing yang diterapkan mampu meningkatkan engagement rate sebesar 65,3% dan conversion rate 42,7%.

## V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Madura yang telah memberikan dukungan kelembagaan terhadap pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada Pemerintah Kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep beserta jajaran dinas terkait yang telah menyediakan data dan informasi pendukung mengenai kondisi tambak garam dan pengembangan pariwisata di wilayahnya. Apresiasi yang tinggi disampaikan kepada para petani garam, pelaku usaha wisata, dan komunitas lokal di Pulau Madura yang telah bersedia menjadi responden serta berbagi pengalaman praktik pengelolaan tambak dan inisiatif wisata berbasis komunitas. Masukan dan perspektif mereka sangat berkontribusi dalam penyusunan kerangka integrasi geo-spatial intelligence dan *digital marketing ecosystem* yang diusulkan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] A. Bonfante *et al.*, "A geospatial decision support system to support policy implementation on climate change in EU," *L. Degrad. Dev.*, vol. 35, no. 6, pp. 2046–2057, 2024, doi: 10.1002/ldr.5042.
- [2] M. N. Arifin and D. Siahaan, "Structural and semantic similarity measurement of UML use case diagram," *Lontar Komput. J. Ilm.* ..., 2020, [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/b4d0/43c1f704435b73c3e74ac83077653fabff2a.pdf>
- [3] M. Hidayatullah, M. Arifin, and ..., "Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Web untuk Manajemen Pesanan, Produksi, dan Stok Pada UMKM Kripik Pisang Ibu Ira Bangkal Sumenep," ... *Ilmu Komput. dan* ..., 2025, [Online]. Available: <https://ilkomedia.akb.ac.id/index.php/ilkomedia/article/view/69>
- [4] F. P. E. Putra, K. Mufidah, R. M. Ilhamsyah, and ..., "Tinjauan performa RouterOS Mikrotik dalam jaringan internet: Analisis kinerja dan kelayakan," *Digit.* ..., 2023, [Online]. Available: <https://itscience-indexing.com/jurnal/index.php/digitech/article/view/3446>
- [5] F. I. Maulana, R. A. K. Putra, A. Purnomo, and ..., "Mapping and visualization research trend of supply chain Digital Twin: a bibliometric review," *Proc.* ..., 2022, [Online]. Available: <https://ieomsociety.org/proceedings/2022orlando/237.pdf>
- [6] P. Zambelli *et al.*, "A GIS decision support system for regional forest management to assess biomass availability for renewable energy production," *Environ. Model. Softw.*, vol. 38, pp. 203–213, 2012, doi: 10.1016/j.envsoft.2012.05.016.
- [7] R. E. Guinness, "Beyond where to how: A machine learning approach for sensing mobility contexts using smartphone sensors," *Sensors (Switzerland)*, vol. 15, no. 5, pp. 9962–9985, 2015, doi: 10.3390/s150509962.
- [8] I. Darmawan, M. N. Arifin, A. F. Rachman, and ..., "Sistem Administrasi Lab Komputer Berbasis Web Di SMK Nurul Ulum Mangar," ... *(Community Serv.* ..., 2022, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/100340820/8807.pdf>
- [9] F. P. E. Putra, D. T. Agustina, T. S. K. Khotimah, and ..., "Analisis Kinerja Jaringan 5G dalam Meningkatkan Konektivitas Internet of Things (IoT)," *J. Inform. Dan* ..., 2025, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Fauzan-Eka-Putra-2/publication/392420839\\_Analisis\\_Kinerja\\_Jaringan\\_5G\\_dalam\\_Meningkatkan\\_Konektivitas\\_Internet\\_of\\_Things\\_IoT/links/6848f86cdf0e3f544f5e49e9/Analisis-Kinerja-Jaringan-5G-dalam-Meningkatkan-Konektivitas-Internet-of-Things-IoT.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fauzan-Eka-Putra-2/publication/392420839_Analisis_Kinerja_Jaringan_5G_dalam_Meningkatkan_Konektivitas_Internet_of_Things_IoT/links/6848f86cdf0e3f544f5e49e9/Analisis-Kinerja-Jaringan-5G-dalam-Meningkatkan-Konektivitas-Internet-of-Things-IoT.pdf)
- [10] F. P. E. Putra, Y. Setiawan, S. Arifin, and ..., "Peran VPN dalam Menjaga Privasi Pengguna Jaringan Publik," *J. Inform. dan* ..., 2025, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Fauzan-Eka-Putra-2/publication/392420576\\_Peran\\_VPN\\_dalam\\_Menjaga\\_Privasi\\_Pengguna\\_Jaringan\\_Publik/links/6848fa048a76251f22ecfd24/Peran-VPN-dalam-Menjaga-Privasi-Pengguna-Jaringan-Publik.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fauzan-Eka-Putra-2/publication/392420576_Peran_VPN_dalam_Menjaga_Privasi_Pengguna_Jaringan_Publik/links/6848fa048a76251f22ecfd24/Peran-VPN-dalam-Menjaga-Privasi-Pengguna-Jaringan-Publik.pdf)
- [11] M. Zayyadi, H. Lanya, M. N. Arifin, and ..., "Ethnodigital microteaching model through virtual laboratory to improve TPACK of prospective mathematics teachers," *Перспективы науки и* ..., 2025, [Online]. Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/ethnodigital-microteaching-model-through-virtual-laboratory-to-improve-tpack-of-prospective-mathematics-teachers>
- [12] F. Farhangi, A. A. Alesheikh, A. Sadeghi-Niaraki, S. V. Razavi-Termeh, and B. Pradhan, "Emerging uses of large language models for geospatial social media analytics: a review," *Spat. Inf. Res.*, vol. 34, no. 2, 2026, doi: 10.1007/s41324-026-00677-w.
- [13] F. P. E. Putra, F. I. Maulana, N. M. Akbar, and W. Febriantoro, "Twitter sentiment analysis about economic recession in indonesia," *Bull. Soc. Informatics* ..., 2023.
- [14] E. El-Din Hemdan and M. E. Al-Atroush, "A Review Study of Intelligent Road Crack Detection: Algorithms and Systems," *Int. J. Pavement Res. Technol.*, 2025, doi: 10.1007/s42947-025-00556-x.
- [15] Y. Trisanti, L. Mammunah, and ..., "Optimal Control in Seir Type Epidemic Model with Different Exposed Periods and Saturated Incidence Rates," *Int. J.* ..., 2024, [Online]. Available: <http://ijtmr.saintispub.com/ijtmr/article/view/359>
- [16] S. Rachmatullah, B. Said, M. N. Arifin, and M. U. Mansyur, "Pengembangan Sistem Informasi Monitoring KP Berbasis Domain Driven Design untuk Efisiensi," *DoubleClick J. Comput.* ..., 2025.
- [17] V. Vescoukis, N. Doulamis, and S. Karagiorgou, "A service oriented architecture for decision support systems in environmental crisis management," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 28, no. 3, pp. 593–604, 2012, doi: 10.1016/j.future.2011.03.010.
- [18] H. K. Sharma, T. Choudhury, and A. Kandwal, "Machine learning based analytical approach for geographical analysis and prediction of Boston City crime using geospatial dataset," *GeoJournal*, vol. 88, pp. 15–27, 2023, doi: 10.1007/s10708-021-10485-4.
- [19] J. Wu, Y. Tang, L. Ma, D. Liang, I. Brilakis, and S. Besklubova, "Urban flood susceptibility decoded: A GeoAI workflow for urban flood-prone area delineation and mitigation mechanism inference," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 137, 2026, doi: 10.1016/j.scs.2026.107157.
- [20] S. M. Ghavami, "Multi-criteria spatial decision support system for identifying strategic roads in disaster situations," *Int. J. Crit. Infrastruct. Prot.*, vol. 24, pp. 23–36, 2019, doi: 10.1016/j.ijcip.2018.10.004.
- [21] F. P. E. Putra, F. Mu'minin, A. Nuraini, S. N. R. Barokah, and K. Khairurrozi, "Designing an Information System for Student Admissions at SMAN 1 Pademawu Using the Waterfall Method," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 5, no. 1, pp. 582–591, 2025, doi: 10.47709/brilliance.v5i1.6508.

- [22] N. H. Hari, F. P. E. Putra, M. N. Arifin, M. Y. Zain, and ..., "Desain dan Perancangan Smart Campus berbasis ZigBee Wireless Sensor Network," *J. Inov. Tek. ...*, 2021, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/107654513/2098.pdf>
- [23] H. M. Saraya, A. A. Saleh, and A. Rezk, "Geo-Blockchain Intelligence Risk Assessment (GBIRA) technologies for secure and sustainable internet of geospatial big data computing ecosystems: a survey," *Geoj.*, vol. 91, no. 2, 2026, doi: 10.1007/s10708-026-11569-9.
- [24] S. S. Ojogbane, S. Mansor, B. Kalantar, Z. B. Khuzaimah, H. Z. M. Shafri, and N. Ueda, "Automated building detection from airborne LiDAR and very high-resolution aerial imagery with deep neural network," *Remote Sens.*, vol. 13, no. 23, 2021, doi: 10.3390/rs13234803.
- [25] R. Wang *et al.*, "BuildFunc-MoE: An Adaptive Multimodal Mixture-of-Experts Network for Fine-Grained Building Function Identification," *Remote Sens.*, vol. 18, no. 1, 2026, doi: 10.3390/rs18010090.
- [26] J. P. Cohen, W. Ding, C. Kuhlman, A. Chen, and L. Di, "Rapid building detection using machine learning," *Appl. Intell.*, vol. 45, no. 2, pp. 443–457, 2016, doi: 10.1007/s10489-016-0762-6.
- [27] S. Rachmatullah, M. N. Arifin, M. Y. Zain, and ..., "Teknologi Penyiraman Otomatis Pada Green House Kampung Melon Napote Di Kabupaten Sampang," *NGABDIMAS ...*, 2022, [Online]. Available: [http://ejournal.unira.ac.id/index.php/ngabdimas\\_unira/article/view/1633](http://ejournal.unira.ac.id/index.php/ngabdimas_unira/article/view/1633)
- [28] N. Park, E. Serra, T. Snitch, and V. S. Subrahmanian, "APE: A Data-Driven, Behavioral Model-Based Anti-Poaching Engine," *IEEE Trans. Comput. Soc. Syst.*, vol. 2, no. 2, pp. 15–37, 2015, doi: 10.1109/TCSS.2016.2517452.
- [29] C.-Y. Hsu *et al.*, "Estimating the daily average concentration variations of PCDD/Fs in Taiwan using a novel Geo-AI based ensemble mixed spatial model," *J. Hazard. Mater.*, vol. 458, 2023, doi: 10.1016/j.jhazmat.2023.131859.
- [30] R. B. Antwi *et al.*, "Automated Geographic-Information-System-Based Framework for Detecting Crosswalk Changes from Bi-Temporal High-Resolution Aerial Images," *Transp. Res. Rec.*, vol. 2679, no. 4, pp. 353–370, 2025, doi: 10.1177/03611981241292333.
- [31] J. Babaan *et al.*, "A Geo-AI-based ensemble mixed spatial prediction model with fine spatial-temporal resolution for estimating daytime/nighttime/daily average ozone concentrations variations in Taiwan," *J. Hazard. Mater.*, vol. 446, 2023, doi: 10.1016/j.jhazmat.2023.130749.
- [32] Y. Zhu *et al.*, "An Improved Geospatial Object Detection Framework for Complex Urban and Environmental Remote Sensing Scenes," *Appl. Sci.*, vol. 16, no. 3, 2026, doi: 10.3390/app16031288.
- [33] R. Wu, L. A. Richards, A. Roshan, and D. A. Polya, "Artificial Intelligence Modelling to Support the Groundwater Chemistry-Dependent Selection of Groundwater Arsenic Remediation Approaches in Bangladesh," *Water (Switzerland)*, vol. 15, no. 20, 2023, doi: 10.3390/w15203539.
- [34] C. Liu, C. M. Albrecht, Y. Wang, and X. Xiang Zhu, "CromSS: Cross-Modal Pretraining with Noisy Labels for Remote Sensing Image Segmentation," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 63, 2025, doi: 10.1109/TGRS.2025.3552642.
- [35] G. Pang, "Artificial Intelligence for Natural Disaster Management," *IEEE Intell. Syst.*, vol. 37, no. 6, pp. 3–6, 2022, doi: 10.1109/MIS.2022.3220061.
- [36] R. Pierdicca and M. Paolanti, "GeoAI: a review of artificial intelligence approaches for the interpretation of complex geomatics data," *Geosci. Instrumentation, Methods Data Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 195–218, 2022, doi: 10.5194/gi-11-195-2022.

{Bibliography