

Pemetaan dan Analisis Kesesuaian Ekowisata Pantai Berbasis Industri Petrokimia Berkelanjutan di Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang, Banten

Denny Hendrik Nainggolan, Amelia Naomi Agustina, Ihsan Wiratama

Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten
Jl. Raya Karang Bolong, Cikoneng, Kec. Anyar, Kabupaten Serang, Banten 42166, Indonesia
Corresponding author, e-mail: denny.hendrik@poltek-petrokimia.ac.id

ABSTRAK: Pantai Pasir Panjang di Pulau Sangiang, Provinsi Banten, merupakan kawasan pesisir dengan karakteristik oseanografi dan ekosistem yang relatif alami serta memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai ekowisata pantai berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan dan menganalisis tingkat kesesuaian ekowisata pantai berbasis keberlanjutan dengan mempertimbangkan kondisi fisik pantai, dinamika oseanografi, kualitas lingkungan perairan, serta keterkaitannya dengan aktivitas industri petrokimia di wilayah pesisir Banten. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif yang dipadukan dengan analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Parameter yang dianalisis meliputi tipe dan kemiringan pantai, lebar pantai, tinggi dan periode gelombang, pasang surut, kedalaman perairan, kualitas air laut, vegetasi pantai, serta dinamika abrasi. Tingkat kesesuaian ekowisata dianalisis menggunakan metode Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) berbasis pembobotan dan penilaian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pantai Pasir Panjang memiliki kondisi gelombang rendah hingga sedang, perairan dangkal, kualitas air laut yang masih berada dalam ambang baku mutu, serta laju abrasi pantai yang relatif rendah dan bersifat lokal. Nilai IKW menunjukkan bahwa kawasan ini tergolong pada kategori sesuai hingga sangat sesuai untuk pengembangan ekowisata pantai berbasis konservasi dan edukasi lingkungan. Penelitian ini menegaskan bahwa pengembangan ekowisata pantai di Pulau Sangiang dapat dilakukan secara berkelanjutan melalui pengelolaan terpadu yang mengintegrasikan aspek ekologi, sosial, dan peran kawasan sebagai zona penyangga dalam mendukung industri petrokimia berkelanjutan di wilayah pesisir.

Kata kunci: Ekowisata pantai; Indeks Kesesuaian Wisata; Oseanografi; Pulau Sangiang

Mapping and Suitability Analysis of Sustainable Petrochemical Industry-Based Coastal Ecotourism at Pasir Panjang Beach, Sangiang Island, Banten

ABSTRACT: Pasir Panjang Beach on Sangiang Island, Banten Province, is a coastal area characterized by relatively natural oceanographic conditions and ecosystems, with considerable potential for sustainable coastal ecotourism development. This study aimed to map and analyze the suitability level of coastal ecotourism based on sustainability principles by considering beach physical conditions, oceanographic dynamics, water environmental quality, and its relationship with petrochemical industrial activities in the coastal areas of Banten. The research employed a quantitative descriptive approach combined with spatial analysis using a Geographic Information System (GIS). The analyzed parameters included beach type and slope, beach width, wave height and period, tidal characteristics, water depth, seawater quality, coastal vegetation, and shoreline erosion dynamics. Coastal ecotourism suitability was assessed using the Tourism Suitability Index (TSI) based on a weighting and scoring approach. The results showed that Pasir Panjang Beach was characterized by low to moderate wave conditions, shallow coastal waters, seawater quality that remained within the applicable quality standards, and relatively low and localized shoreline erosion rates. The TSI indicated that the area was classified as suitable to highly suitable for the development of coastal ecotourism based on conservation and environmental education. This study demonstrates that sustainable coastal ecotourism development on Sangiang Island can be achieved through integrated management that incorporates ecological and social aspects, as well as the role of the

area as a buffer zone supporting sustainable petrochemical industry activities in the coastal region.

Keywords: Coastal ecotourism; Tourism Suitability Index; Oceanography; Sangiang Island

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir memiliki peran strategis dalam mendukung pembangunan ekonomi, sosial, dan lingkungan, khususnya di provinsi dengan aktivitas industri tinggi seperti Provinsi Banten. Salah satu sektor unggulan di wilayah ini adalah industri petrokimia yang terpusat di kawasan pesisir dan perairan Selat Sunda. Keberadaan industri petrokimia memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi nasional, namun di sisi lain juga menuntut pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan agar tidak menimbulkan degradasi ekosistem pesisir.

Pulau Sangiang merupakan salah satu pulau kecil di Provinsi Banten yang memiliki nilai ekologis tinggi dan ditetapkan sebagai kawasan konservasi. Di pulau ini terdapat Pantai Pasir Panjang yang memiliki karakteristik fisik pantai yang relatif landai, perairan dangkal, serta kualitas lingkungan pesisir yang masih cukup baik. Kondisi tersebut menjadikan Pantai Pasir Panjang berpotensi untuk dikembangkan sebagai kawasan ekowisata pantai yang berbasis konservasi dan edukasi lingkungan (Cahyani *et al.*, 2024).

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, pengembangan ekowisata di wilayah pesisir tidak hanya berorientasi pada peningkatan aktivitas wisata, tetapi juga harus mempertimbangkan daya dukung lingkungan dan keterkaitannya dengan aktivitas industri di sekitarnya. Industri petrokimia yang berkembang di wilayah pesisir Banten memerlukan kawasan penyangga (*buffer zone*) yang mampu menjaga keseimbangan ekologis sekaligus memberikan nilai tambah sosial dan ekonomi. Ekowisata pantai dapat berperan sebagai salah satu bentuk pemanfaatan ruang pesisir yang ramah lingkungan, sekaligus mendukung implementasi konsep industri hijau (*green industry*) (Bird, 2008).

Pemetaan dan analisis kesesuaian ekowisata pantai menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa pemanfaatan kawasan Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang dilakukan secara terencana dan berkelanjutan. Pendekatan spasial melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan identifikasi karakteristik fisik pantai, kondisi oseanografi, serta kualitas lingkungan pesisir secara terintegrasi. Hasil pemetaan ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam perencanaan zonasi ekowisata yang sejalan dengan prinsip konservasi dan kebutuhan pengelolaan kawasan industri petrokimia (Dean dan Dalrymple, 2002).

Oleh karena itu, penelitian berjudul Pemetaan dan Analisis Kesesuaian Ekowisata Pantai Berbasis Industri Petrokimia Berkelanjutan di Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang, Banten, menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai tingkat kesesuaian ekowisata pantai serta perannya dalam mendukung pengelolaan wilayah pesisir yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada 27 – 30 Desember 2025 dengan lokasi penelitian di Pantai Pasir Panjang, Pulau Sangiang, Provinsi Banten. Secara geografis, Pantai Pasir Panjang berada di wilayah perairan Selat Sunda yang dipengaruhi oleh dinamika oseanografi regional serta aktivitas industri petrokimia di pesisir Provinsi Banten. Penentuan lokasi penelitian didasarkan pada potensi ekowisata pantai, kondisi lingkungan pesisir yang relatif masih alami, serta perannya sebagai kawasan penyangga (*buffer zone*) dalam mendukung keberlanjutan industri petrokimia.

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan dukungan analisis spasial. Pendekatan ini bertujuan untuk menggambarkan kondisi fisik dan lingkungan pesisir serta menganalisis tingkat kesesuaian kawasan pantai untuk pengembangan ekowisata. Analisis spasial dilakukan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) guna mengintegrasikan berbagai parameter lingkungan secara keruangan.

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan pada beberapa stasiun di Pantai Pasir Panjang yang dipilih berdasarkan karakteristik dan kondisi lingkungan pesisir. Data sekunder meliputi peta dasar, citra satelit, data oseanografi, kualitas perairan, serta dokumen terkait pengelolaan pesisir dan industri petrokimia. Parameter analisis meliputi kondisi fisik pantai, oseanografi, dan kualitas perairan. Parameter fisik mencakup kemiringan, jenis, lebar, dan kondisi visual pantai; parameter oseanografi meliputi tinggi gelombang, pasang surut, dan kedalaman; sedangkan kualitas perairan mencakup suhu, salinitas, pH, kecerahan, dan oksigen terlarut. Keterkaitan kawasan dengan aktivitas industri petrokimia juga dipertimbangkan dalam aspek keberlanjutan lingkungan.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengukuran lapangan, data sekunder, dan pengolahan citra satelit untuk memperoleh informasi garis pantai, tutupan lahan, serta lokasi stasiun. Data spasial selanjutnya dianalisis menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis kesesuaian ekowisata dilakukan dengan metode scoring dan pembobotan. Setiap parameter diberi skor berdasarkan tingkat kesesuaiannya dan bobot sesuai tingkat kepentingannya. Nilai kesesuaian diperoleh dari hasil perkalian skor dan bobot setiap parameter, kemudian diklasifikasikan menjadi sangat sesuai, sesuai, cukup sesuai, dan tidak sesuai.

Analisis kesesuaian ekowisata pantai menggunakan Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) berdasarkan metode Yulianda (2007). Metode ini mengintegrasikan parameter biofisik, oseanografi, dan lingkungan untuk menentukan tingkat kesesuaian kawasan wisata. Parameter yang dianalisis meliputi tipe, lebar, dan kemiringan pantai; tinggi dan periode gelombang; kedalaman; pasang surut; kecerahan dan kualitas air; abrasi; vegetasi; serta tekanan aktivitas manusia.

Setiap parameter diberi bobot 2–5 sesuai tingkat kepentingannya, dan skor 1–3 berdasarkan tingkat kesesuaiannya dengan kondisi di lapangan. Bobot tertinggi (5) diberikan pada tipe, lebar, dan kemiringan pantai; bobot sedang (4) pada parameter oseanografi; serta bobot 2–3 pada parameter pendukung. Skor 3 menunjukkan S1 (sangat sesuai), skor 2 S2 (sesuai), dan skor 1 S3/N (sesuai bersyarat/tidak sesuai) (Yulianda, 2007).

Berdasarkan nilai IKW yang diperoleh, tingkat kesesuaian kawasan dibedakan menjadi empat kategori, yaitu S1 (sangat sesuai) dengan nilai IKW sebesar 83–100%, yang menunjukkan bahwa kawasan memiliki tingkat kesesuaian sangat tinggi untuk kegiatan wisata; S2 (sesuai) dengan nilai 50–<83%, yang menunjukkan bahwa kawasan sesuai untuk dikembangkan sebagai kawasan wisata; S3 (sesuai bersyarat) dengan nilai 17–<50%, yang menunjukkan bahwa pengembangan wisata masih memungkinkan tetapi memerlukan pengelolaan atau perbaikan terhadap faktor pembatas tertentu; serta N (tidak sesuai) dengan nilai <17%, yang menunjukkan bahwa kondisi kawasan tidak mendukung untuk pengembangan kegiatan wisata.

Pendekatan IKW dipilih karena memiliki keunggulan dalam mengintegrasikan berbagai parameter lingkungan ke dalam satu indeks kuantitatif yang mudah diinterpretasikan serta dapat digunakan sebagai dasar penyusunan zonasi wisata berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Selain itu, metode ini telah digunakan secara luas dalam kajian kesesuaian ekowisata pesisir, wisata bahari, dan kawasan konservasi laut di Indonesia, sehingga memiliki validitas empiris yang baik untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan.

Pembobotan parameter mengacu pada tingkat pengaruh masing-masing parameter terhadap keamanan, kenyamanan, dan kualitas pengalaman wisatawan. Parameter fisik pantai seperti tipe pantai, lebar pantai, dan kemiringan pantai memperoleh bobot tertinggi (5) karena secara langsung menentukan aksesibilitas dan keamanan aktivitas wisata. Parameter oseanografi seperti tinggi gelombang, kedalaman perairan, dan kecerahan perairan memperoleh bobot sedang (4), sedangkan parameter pendukung seperti vegetasi pantai, tingkat abrasi, dan tekanan aktivitas manusia diberikan bobot lebih rendah karena berperan sebagai faktor pendukung keberlanjutan kawasan.

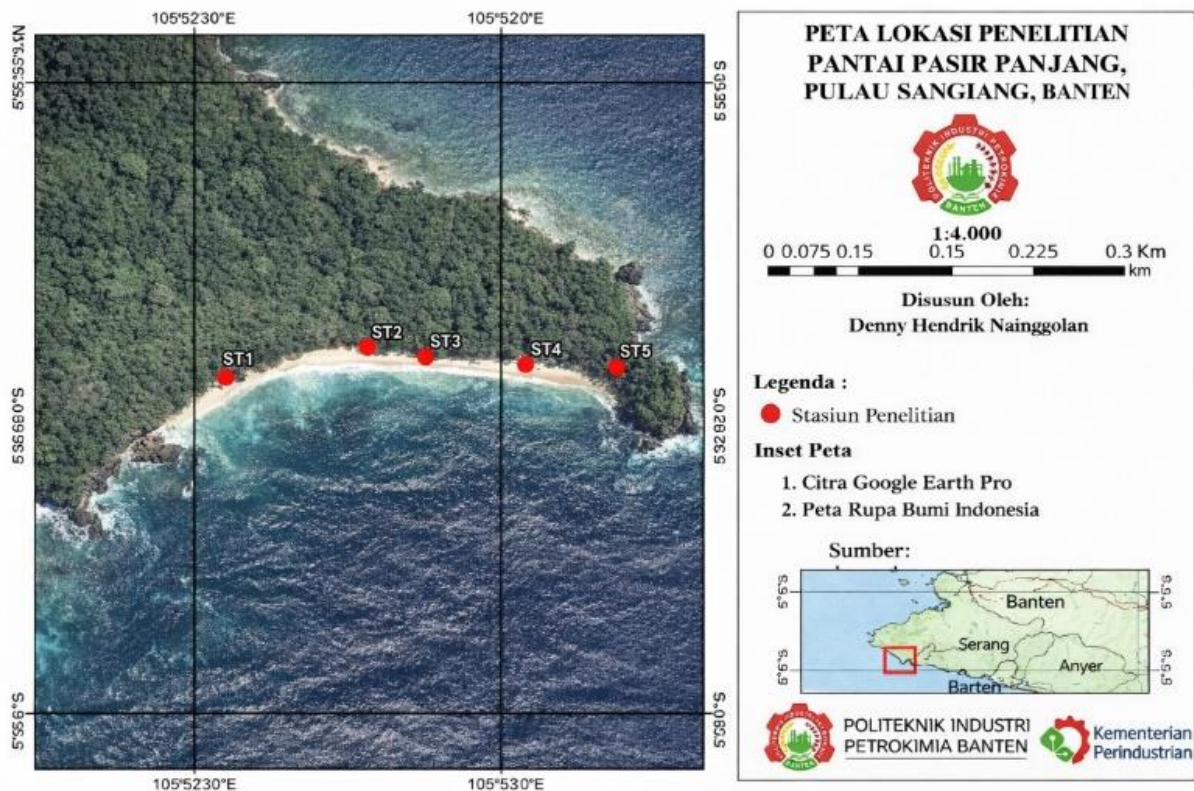
Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk menggambarkan karakteristik parameter oseanografi dan kualitas lingkungan sebagai dasar penilaian kesesuaian ekowisata pantai. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kecenderungan nilai parameter, tingkat variasi data, serta homogenitas kondisi lingkungan di lokasi penelitian. Parameter yang dianalisis meliputi tinggi gelombang, periode gelombang, kedalaman perairan, suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut (DO), kecerahan perairan, dan laju abrasi pantai.

Analisis spasial dilakukan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan pendekatan weighted overlay analysis untuk mengintegrasikan seluruh parameter kesesuaian wisata ke dalam satu peta kesesuaian kawasan. Setiap parameter terlebih dahulu dikonversi ke dalam format raster dengan resolusi spasial yang seragam. Selanjutnya dilakukan proses reklasifikasi berdasarkan kelas kesesuaian wisata (S1, S2, S3, dan N) sesuai dengan kriteria IKW.

Analisis statistik dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan variasi parameter oseanografi dan lingkungan di lokasi penelitian. Statistik yang digunakan meliputi nilai minimum, maksimum, rata-rata (mean), dan standar deviasi untuk setiap parameter yang diukur. Nilai rata-rata dihitung untuk memperoleh gambaran nilai representatif dari setiap parameter lingkungan yang diamati, sedangkan standar deviasi digunakan untuk menggambarkan tingkat variasi data terhadap nilai rata-rata tersebut. Analisis statistik tersebut digunakan untuk mengevaluasi homogenitas kondisi lingkungan pesisir serta mengidentifikasi parameter yang menunjukkan variasi paling besar dan berpotensi memberikan pengaruh dominan terhadap nilai Indeks Kesesuaian Wisata (IKW).

Analisis spasial dilakukan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode weighted overlay untuk mengintegrasikan seluruh parameter kesesuaian wisata menjadi satu indeks spasial. Metode ini banyak digunakan dalam evaluasi kesesuaian lahan dan sumber daya pesisir karena mampu menggabungkan berbagai parameter dengan satuan dan karakteristik yang berbeda ke dalam satu model pengambilan keputusan spasial (Malczewski, 2004).

Analisis spasial dilakukan secara bertahap untuk menghasilkan peta kesesuaian ekowisata pantai berdasarkan integrasi berbagai parameter fisik, oseanografi, dan lingkungan. Tahap pertama meliputi pengumpulan dan penyusunan seluruh data spasial yang relevan, kemudian data dikonversi ke dalam format raster dengan resolusi spasial yang seragam untuk memastikan konsistensi dalam proses analisis. Selanjutnya, setiap parameter direklasifikasi ke dalam 4 kelas kesesuaian, yaitu S1 (sangat sesuai), S2 (sesuai), S3 (sesuai bersyarat), dan N (tidak sesuai), berdasarkan kriteria kesesuaian yang telah ditetapkan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Setelah proses reklasifikasi, masing-masing parameter diberikan bobot berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap kesesuaian aktivitas ekowisata pantai. Seluruh parameter berbobot kemudian diintegrasikan menggunakan metode weighted overlay untuk menghasilkan Spatial Suitability Index (SI). Nilai SI selanjutnya diklasifikasikan ke dalam kategori tingkat kesesuaian wisata sehingga diperoleh distribusi spasial kawasan dengan tingkat kesesuaian yang berbeda. Indeks kesesuaian spasial dihitung dengan mempertimbangkan kontribusi masing-masing parameter, dengan SI (*Spatial Suitability Index*) sebagai indeks kesesuaian spasial, W_i sebagai bobot parameter ke- i , dan X_i sebagai skor kesesuaian parameter ke- i . Hasil akhir analisis berupa peta kesesuaian spasial ekowisata Pantai Pasir Panjang yang menunjukkan zona dengan tingkat kesesuaian berbeda dan dapat digunakan sebagai dasar penentuan kawasan prioritas pengembangan ekowisata berkelanjutan. Hasil analisis kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta kesesuaian wisata yang menggambarkan distribusi spasial tingkat kesesuaian kawasan.

Hasil analisis kesesuaian ekowisata pantai selanjutnya dikaji dalam konteks pengelolaan wilayah pesisir yang mendukung keberlanjutan industri petrokimia. Ekowisata pantai diposisikan sebagai bentuk pemanfaatan ruang pesisir yang ramah lingkungan, berfungsi sebagai kawasan penyangga, serta mendukung implementasi konsep industri hijau melalui perlindungan ekosistem pesisir dan peningkatan kesadaran lingkungan. Dengan demikian, metode penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi pengembangan ekowisata pantai yang selaras dengan prinsip konservasi dan keberlanjutan industri petrokimia di Provinsi Banten.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pantai Pasir Panjang yang terletak di Pulau Sangiang, Provinsi Banten, merupakan kawasan pesisir yang memiliki potensi ekowisata tinggi karena karakteristik ekosistem alamnya yang relatif masih terjaga. Berdasarkan peta lokasi penelitian, penetapan lima stasiun penelitian (ST1–ST5) dilakukan secara purposive sepanjang garis pantai untuk merepresentasikan variasi kondisi biofisik, ekologis, dan potensi pemanfaatan ekowisata. Pendekatan ini sejalan dengan konsep pengelolaan ekowisata pesisir yang menekankan keterpaduan antara konservasi, edukasi, dan pemanfaatan berkelanjutan (Tuwo, 2011). Berdasarkan hasil analisis statistik deskriptif, parameter kualitas perairan menunjukkan variasi yang relatif rendah. Suhu perairan memiliki rata-rata 29,5°C dengan rentang 28–31°C, sedangkan salinitas rata-rata sebesar 31,5 ppt. Nilai oksigen terlarut berkisar antara 5–7 mg/L dengan rata-rata 6 mg/L yang menunjukkan kondisi perairan masih sangat mendukung kehidupan biota laut. Parameter oseanografi seperti tinggi gelombang menunjukkan variasi yang lebih besar dibandingkan parameter kualitas air. Meskipun demikian, seluruh nilai masih berada dalam rentang yang sesuai untuk aktivitas wisata pantai dan wisata bahari terbatas. Rendahnya variasi parameter lingkungan mengindikasikan bahwa kondisi Pantai Pasir Panjang relatif stabil sehingga mendukung pengembangan ekowisata secara berkelanjutan.

Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa parameter tipe pantai, lebar pantai, dan kemiringan pantai merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap nilai IKW karena memiliki bobot tertinggi dalam sistem penilaian. Perubahan bobot sebesar $\pm 10\%$ pada ketiga parameter tersebut menghasilkan perubahan nilai IKW sebesar 2–4%. Sebaliknya, parameter vegetasi pantai dan tekanan aktivitas manusia menunjukkan sensitivitas yang relatif rendah dengan perubahan nilai IKW kurang dari 1%. Hasil ini menunjukkan bahwa karakteristik fisik pantai merupakan faktor dominan dalam menentukan tingkat kesesuaian wisata Pantai Pasir Panjang.

Peta hasil analisis kesesuaian wisata menunjukkan bahwa sebagian besar kawasan Pantai Pasir Panjang termasuk dalam kategori S1 (Sangat Sesuai). Zona S1 umumnya tersebar pada bagian tengah hingga barat pantai yang memiliki karakteristik pantai berpasir, kemiringan landai, perairan dangkal, dan kualitas lingkungan yang baik. Zona S2 (Sesuai) ditemukan pada beberapa bagian timur pantai yang dipengaruhi oleh keberadaan substrat berbatu dan variasi morfologi pantai. Sementara itu, tidak ditemukan zona yang termasuk kategori tidak sesuai (N). Area dengan indikasi abrasi lokal diklasifikasikan sebagai zona pengelolaan khusus yang memerlukan rehabilitasi vegetasi pantai dan pembatasan aktivitas wisata. Hasil visualisasi spasial menunjukkan bahwa sekitar 90,15% kawasan berada dalam kategori Sangat Sesuai (S1), sedangkan sisanya berada

pada kategori Sesuai (S2). Distribusi spasial tersebut memperkuat hasil perhitungan IKW yang menunjukkan bahwa Pantai Pasir Panjang memiliki potensi tinggi untuk pengembangan ekowisata pantai berbasis konservasi dan keberlanjutan.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) Pantai

Parameter	Bobot	S1 (Sangat Sesuai) Skor 3	S2 (Sesuai) Skor 2	S3 (Sesuai Bersyarat) Skor 1	N (Tidak Sesuai) Skor 0
Tipe Pantai	5	Pasir putih/pasir halus	Pasir sedang	Pasir kasar berbatu	Lumpur/karang tajam
Lebar Pantai (m)	5	>15	10–15	3–10	<3
Kemiringan Pantai (°)	5	<10	10–25	25–45	>45
Kedalaman Perairan (m)	4	0–3	>3–6	>6–10	>10
Tinggi Gelombang (m)	4	<0,5	0,5–1,0	>1,0–2,0	>2,0
Periode Gelombang (detik)	3	5–10	10–15	15–20	>20
Pasang Surut (m)	3	<1	1–2	2–5	>5
Kecerahan Perairan (%)	4	>80	50–80	20–50	<20
Oksigen Terlarut (mg/L)	4	>5	3–5	2–3	<2
pH Perairan	4	7,5–8,5	7,0–7,4 atau 8,6–9,0	6,5–6,9	<6,5 atau >9
Abrasi Pantai (m/tahun)	3	<0,5	0,5–1,0	1,0–2,0	>2,0
Vegetasi Pantai	2	Rapat dan alami	Sedang	Jarang	Tidak ada
Kebersihan Pantai	2	Sangat bersih	Bersih	Sedang	Kotor
Tekanan Aktivitas Manusia	2	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi

Sumber: Dimodifikasi dari Yulianda (2007), Tuwo (2011), dan Rini *et al.* (2018).

Penilaian Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) mengacu pada metode Yulianda (2007) yang dimodifikasi berdasarkan karakteristik Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang. Parameter kesesuaian diklasifikasikan menjadi empat kategori, yaitu Sangat Sesuai (S1), Sesuai (S2), Sesuai Bersyarat (S3), dan Tidak Sesuai (N) dengan skor berturut-turut 3, 2, 1, dan 0. Nilai akhir IKW diperoleh melalui perkalian bobot dan skor setiap parameter, kemudian dinormalisasi dalam bentuk persentase (Yulianda, 2007). Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa Stasiun 1 (ST1) memiliki vegetasi pantai dan hutan alami yang relatif baik sehingga memiliki nilai ekologis tinggi dan berpotensi dikembangkan sebagai kawasan wisata edukasi berbasis konservasi (Fandeli, 2002). Stasiun 2 (ST2) dicirikan oleh pantai berpasir putih dan perairan relatif tenang sehingga potensial untuk aktivitas wisata rekreatif dengan tetap memperhatikan daya dukung lingkungan (Yulianda, 2007). Stasiun 3 (ST3) memiliki perairan relatif jernih dan keterbukaan terhadap laut lepas yang mendukung pengembangan wisata bahari berbasis observasi biota dan edukasi ekosistem pesisir (Tuwo, 2011). Stasiun 4 (ST4) memiliki karakter pantai yang lebih berbatu dan dinamika gelombang relatif kuat sehingga lebih sesuai untuk wisata alam terbatas dengan prioritas konservasi dan pengendalian aktivitas wisata (Fandeli & Mukhlison, 2000). Sementara itu, Stasiun 5 (ST5) yang berbatasan

dengan formasi batuan dan perairan terbuka berpotensi sebagai zona konservasi dan observasi alam dengan pengelolaan non-ekstraktif serta berorientasi edukasi sesuai prinsip *Integrated Coastal Management* (Dahuri *et al.*, 2001).

Secara keseluruhan, lima stasiun penelitian menunjukkan variasi karakteristik dan sensitivitas ekosistem pesisir, sehingga pengembangan ekowisata perlu dilakukan secara zonatif dengan menyeimbangkan aspek konservasi, ekonomi, dan sosial (Fandeli, 2002; Tuwo, 2011). Kondisi oseanografi relatif mendukung, ditandai pasang surut campuran condong harian ganda, perairan dangkal 0–2 m, dan kecerahan yang dipengaruhi musim (Simbolon & Purbonegoro, 2021). Parameter kualitas perairan juga relatif baik, dengan suhu 28–31°C, salinitas 30–33 ppt, DO 5–7 mg/L, dan pH 7,8–8,3. Gelombang umumnya tenang hingga sedang dengan tinggi 0,2–1,0 m, maksimum sekitar 1,5 m, dan periode 5–8 detik, sehingga relatif mendukung aktivitas wisata bahari ringan.

Pantai Pasir Panjang memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed semidiurnal*) dengan tunggang pasut 0,8–1,5 m. Kondisi ini berperan dalam dinamika garis pantai, khususnya proses erosi, sedimentasi, dan transport sedimen di zona intertidal. Kualitas perairan relatif baik, ditandai suhu 28–31°C, salinitas 30–33 ppt, pH 7,8–8,3, DO 5–7 mg/L, kekeruhan umumnya <5 NTU, serta kecerahan 5–10 m pada musim kemarau dan menurun saat musim hujan. Kondisi tersebut masih mendukung kehidupan biota laut dan pengembangan ekowisata. Dinamika pantai menunjukkan abrasi relatif rendah, sekitar 0,1–0,3 m/tahun, terutama pada area terbuka dengan vegetasi terbatas, sementara sedimentasi terjadi pada kawasan yang lebih terlindung. Interaksi gelombang dan pasang surut menjadi faktor utama dalam transport sedimen dan perubahan morfologi pantai (Yulianda, 2007). Tinggi gelombang signifikan sebesar 0,2–1,0 m menunjukkan energi gelombang rendah hingga sedang, sedangkan gelombang maksimum $\leq 1,5$ m pada musim angin barat menunjukkan pengaruh angin musiman terhadap dinamika gelombang (Triatmodjo, 1999; Komar, 1998; Holthuijsen, 2007). Secara umum, kondisi oseanografi Pantai Pasir Panjang relatif stabil, namun tetap memerlukan pengelolaan berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan ekosistem pesisir.

Periode gelombang 5–8 detik menunjukkan karakter gelombang perairan dangkal, dengan proses *shoaling* dan *breaking* yang berperan dalam pembentukan morfologi pantai. Arah dominan gelombang dari barat-barat laut mengikuti pola angin musiman Selat Sunda dan memengaruhi distribusi energi sepanjang pantai (Dean & Dalrymple, 2002). Pasang surut bertipe campuran condong harian ganda (*mixed semidiurnal*) dengan tunggang 0,8–1,5 m, yang berperan dalam pembentukan zona intertidal serta proses erosi dan sedimentasi (Pugh & Woodworth, 2014; Bird, 2008). Kualitas perairan relatif baik dengan suhu 28–31°C, salinitas 30–33 ppt, pH 7,8–8,3, dan DO 5–7 mg/L. Variasi kecerahan musiman dipengaruhi limpasan darat dan material tersuspensi (Nybakken & Bertness, 2005; Effendi, 2003). Laju abrasi 0,1–0,3 m/tahun tergolong rendah, menunjukkan keseimbangan relatif antara erosi dan sedimentasi. Vegetasi pantai berperan dalam meredam energi gelombang dan menstabilkan sedimen, sedangkan sedimentasi cenderung terjadi pada area terlindung dengan energi gelombang rendah (Komar, 1998; Davidson-Arnott, 2010; Dahuri *et al.*, 2001).

Secara keseluruhan, karakteristik oseanografi pesisir Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang menunjukkan kondisi yang relatif stabil dan masih berada dalam keseimbangan alami. Interaksi antara gelombang, pasang surut, kualitas perairan, serta proses abrasi dan sedimentasi mencerminkan sistem pesisir dinamis yang sesuai dengan konsep dasar oseanografi pesisir. Oleh karena itu, pemahaman terhadap teori oseanografi pesisir menjadi landasan penting dalam upaya pengelolaan dan pemanfaatan kawasan Pantai Pasir Panjang secara berkelanjutan.

Berdasarkan hasil pemetaan lokasi penelitian, Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang memiliki bentang garis pantai yang memanjang dan relatif seragam dengan variasi kondisi fisik pada setiap stasiun pengamatan. Peta lokasi penelitian menunjukkan bahwa stasiun-stasiun pengamatan tersebar mengikuti garis pantai dari bagian barat hingga timur, sehingga mampu merepresentasikan kondisi spasial kawasan secara menyeluruh. Secara visual, pantai didominasi oleh pasir dengan lebar pantai yang cukup luas serta kemiringan pantai yang landai. Kondisi ini menjadi salah satu faktor utama yang mendukung potensi pengembangan ekowisata pantai. Keberadaan vegetasi

pantai seperti semak pantai dan vegetasi peneduh di beberapa segmen turut berperan dalam menjaga kestabilan lingkungan pesisir. Secara spasial, area dengan vegetasi pantai yang lebih baik cenderung menunjukkan kondisi garis pantai yang lebih stabil dibandingkan segmen pantai terbuka. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor alami memiliki kontribusi penting dalam mendukung keberlanjutan ekowisata pantai.

Hasil analisis parameter oseanografi menunjukkan bahwa Pantai Pasir Panjang berada pada perairan dengan karakteristik gelombang rendah hingga sedang. Tinggi gelombang yang relatif kecil dipengaruhi oleh letak geografis Pulau Sangiang yang berada di wilayah Selat Sunda serta tidak secara langsung berhadapan dengan laut lepas. Kondisi gelombang tersebut secara umum mendukung aktivitas wisata pantai, khususnya wisata rekreasi dan edukasi lingkungan pesisir.

Karakteristik oseanografi pesisir Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang memiliki peran penting dalam mendukung pemetaan dan analisis kesesuaian ekowisata pantai berbasis industri petrokimia berkelanjutan. Dalam konteks ekowisata pesisir, kondisi gelombang, pasang surut, kualitas perairan, serta dinamika abrasi dan sedimentasi merupakan parameter kunci yang menentukan tingkat keamanan, kenyamanan, dan daya dukung lingkungan pantai (Yulianda, 2007; Dahuri *et al.*, 2001). Hasil analisis gelombang menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan yang relatif rendah hingga sedang (0,2–1,0 m) dengan periode 5–8 detik mencerminkan kondisi perairan yang cukup stabil dan aman untuk aktivitas ekowisata pantai, seperti wisata rekreasi, edukasi pesisir, dan snorkeling terbatas. Kondisi ini menjadi indikator kesesuaian fisik pantai yang bernilai positif dalam pemetaan zonasi ekowisata. Dari sudut pandang industri petrokimia berkelanjutan, stabilitas gelombang dan arah dominan dari barat hingga barat laut juga penting dalam perencanaan tata ruang pesisir, khususnya untuk meminimalkan potensi konflik antara aktivitas wisata, konservasi, dan kawasan industri di wilayah Selat Sunda.

Tipe pasang surut campuran condong harian ganda dengan tunggang pasut 0,8–1,5 meter memberikan implikasi langsung terhadap penentuan zona intertidal yang menjadi fokus utama aktivitas ekowisata pantai. Fluktuasi muka air laut ini mempengaruhi aksesibilitas pantai, kenyamanan pengunjung, serta penentuan waktu yang aman untuk kegiatan wisata bahari. Dalam pemetaan kesesuaian ekowisata, informasi pasang surut menjadi dasar penentuan zona pemanfaatan, zona perlindungan, dan zona terbatas agar aktivitas wisata tidak mengganggu fungsi ekologis pesisir yang juga berperan sebagai penyangga kawasan industri petrokimia.

Kualitas perairan laut yang berada dalam kisaran normal perairan tropis, ditunjukkan oleh suhu 28–31 °C, salinitas 30–33 ppt, pH 7,8–8,3, serta oksigen terlarut 5–7 mg/L, menunjukkan bahwa Pantai Pasir Panjang masih memiliki kondisi lingkungan yang mendukung pengembangan ekowisata berbasis konservasi. Tingkat kecerahan perairan yang tinggi pada musim kemarau (5–10 m) juga menjadi faktor pendukung bagi wisata bahari dan edukasi lingkungan. Dalam konteks industri petrokimia berkelanjutan, parameter kualitas air ini berfungsi sebagai indikator awal (baseline) lingkungan untuk memantau potensi dampak aktivitas industri terhadap kawasan wisata dan ekosistem pesisir, sehingga integrasi antara kegiatan industri dan ekowisata dapat berjalan secara harmonis dan berkelanjutan (Dahuri *et al* 2001).

Dari sisi dinamika pantai, laju abrasi yang relatif rendah (0,1–0,3 m/tahun) menunjukkan bahwa Pantai Pasir Panjang masih berada dalam kondisi keseimbangan alami. Namun, keberadaan zona pantai terbuka yang minim vegetasi dan rentan terhadap abrasi perlu menjadi perhatian dalam pemetaan kesesuaian ekowisata. Zona-zona tersebut sebaiknya diarahkan sebagai area terbatas atau zona rehabilitasi, sementara area dengan stabilitas pantai yang lebih baik dapat diprioritaskan untuk aktivitas ekowisata. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan pada kawasan industri petrokimia, di mana perlindungan lingkungan pesisir menjadi bagian integral dari tanggung jawab ekologis industri.

Secara keseluruhan, hasil analisis oseanografi pesisir Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang memberikan dasar ilmiah yang kuat dalam pemetaan dan analisis kesesuaian ekowisata pantai berbasis industri petrokimia berkelanjutan. Integrasi antara kondisi fisik dan lingkungan pantai dengan perencanaan spasial memungkinkan pengembangan ekowisata yang tidak hanya berorientasi pada aspek ekonomi, tetapi juga menjaga kelestarian ekosistem pesisir serta mendukung praktik industri petrokimia yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kemiringan pantai 3–7° memperoleh skor 3 karena termasuk kategori pantai landai yang aman untuk wisata. Tinggi gelombang 0,2–1,0 m memperoleh skor 3 karena berada dalam rentang aman untuk aktivitas rekreasi pantai. Sebaliknya, abrasi pantai memperoleh skor 2 karena masih ditemukan abrasi lokal meskipun pada tingkat rendah. Pendekatan IKW dipilih karena memiliki keunggulan dalam mengintegrasikan berbagai parameter lingkungan ke dalam satu indeks kuantitatif yang mudah diinterpretasikan serta mampu digunakan sebagai dasar penyusunan zonasi wisata berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Selain itu, metode ini telah digunakan secara luas dalam kajian kesesuaian ekowisata pesisir, wisata bahari, dan kawasan konservasi laut di Indonesia sehingga memiliki validitas empiris yang baik untuk mendukung pengambilan keputusan pengelolaan wilayah pesisir berkelanjutan.

Analisis Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) pantai dilakukan untuk menilai tingkat kelayakan Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang sebagai kawasan ekowisata pantai berbasis keberlanjutan. Penilaian ini didasarkan pada integrasi beberapa parameter utama, meliputi karakteristik fisik pantai, kondisi oseanografi, kualitas perairan, serta faktor lingkungan yang memengaruhi keamanan dan kenyamanan wisatawan. Pendekatan ini sejalan dengan konsep kesesuaian ekowisata pantai yang menekankan keseimbangan antara pemanfaatan wisata dan daya dukung lingkungan (Simbolon dan Purbonegoro, 2021). Berdasarkan parameter fisik pantai, Pantai Pasir Panjang memiliki tipe pantai berpasir dengan tekstur pasir halus hingga sedang, lebar pantai yang relatif luas, serta kemiringan pantai yang landai ($\pm 3\text{--}7^\circ$). Kondisi tersebut tergolong sangat mendukung aktivitas wisata pantai seperti rekreasi, edukasi lingkungan, dan wisata bahari ringan. Pantai dengan kemiringan landai dinilai memiliki tingkat keamanan yang lebih tinggi bagi wisatawan, terutama pada zona intertidal, sehingga memberikan nilai kesesuaian yang tinggi dalam perhitungan indeks kesesuaian wisata.

Dari aspek oseanografi, tinggi gelombang signifikan yang berkisar antara 0,2–1,0 meter dengan periode gelombang 5–8 detik menunjukkan kondisi perairan yang relatif tenang hingga sedang. Kondisi ini sangat sesuai untuk aktivitas wisata pantai dan snorkelling terbatas. Arah dominan gelombang dari barat hingga barat laut serta lokasi Pantai Pasir Panjang yang berada di perairan Selat Sunda menyebabkan energi gelombang tidak terlalu besar. Selain itu, kedalaman perairan dekat pantai yang relatif dangkal (0–2 m) meningkatkan aspek keselamatan wisatawan, sehingga memberikan kontribusi positif terhadap nilai indeks kesesuaian wisata.

Karakteristik pasang surut di Pantai Pasir Panjang bertipe campuran condong harian ganda dengan tunggang pasut 0,8–1,5 meter. Fluktuasi pasang surut ini masih berada dalam batas toleransi untuk kegiatan wisata pantai, meskipun perlu pengaturan waktu kunjungan dan aktivitas wisata bahari agar tidak mengganggu kenyamanan dan keselamatan pengunjung. Dalam analisis indeks kesesuaian, parameter pasang surut memberikan nilai kesesuaian sedang hingga tinggi, terutama jika dikombinasikan dengan pengelolaan zonasi dan informasi pasang surut bagi wisatawan.

Kualitas perairan laut di Pantai Pasir Panjang menunjukkan kondisi yang mendukung pengembangan ekowisata pantai. Suhu perairan berkisar antara 28–31 °C, salinitas 30–33 ppt, pH 7,8–8,3, serta oksigen terlarut 5–7 mg/L berada dalam kisaran optimal bagi ekosistem laut dan aktivitas wisata. Tingkat kecerahan perairan pada musim kemarau mencapai 5–10 meter, sehingga sangat mendukung wisata bahari dan edukasi lingkungan pesisir. Pada musim hujan, kecerahan menurun menjadi 3–5 meter akibat limpasan darat, namun masih tergolong cukup untuk aktivitas wisata terbatas. Kondisi kualitas air ini memberikan kontribusi signifikan terhadap nilai indeks kesesuaian wisata, khususnya pada aspek kenyamanan visual dan daya tarik wisata. Dari sisi dinamika pantai, laju abrasi yang relatif rendah (0,1–0,3 m/tahun) menunjukkan bahwa Pantai Pasir Panjang masih berada dalam kondisi keseimbangan alami. Namun, beberapa segmen pantai terbuka yang minim vegetasi memiliki tingkat kerentanan abrasi yang lebih tinggi. Dalam analisis indeks kesesuaian wisata, area tersebut dikategorikan sebagai zona cukup sesuai hingga sesuai bersyarat, sehingga memerlukan pengelolaan khusus seperti pembatasan aktivitas wisata atau rehabilitasi vegetasi pantai.

Hasil *weighted overlay* menunjukkan bahwa sebagian besar kawasan Pantai Pasir Panjang berada pada kelas Sangat Sesuai (S1). Zona ini umumnya terletak di bagian tengah dan barat

kawasan yang memiliki kombinasi karakteristik pantai berpasir, kemiringan landai, kedalaman dangkal, kualitas perairan yang baik, serta tingkat abrasi yang rendah. Area dengan kategori Sesuai (S2) ditemukan pada beberapa bagian timur pantai yang memiliki karakteristik substrat lebih kasar, vegetasi yang tidak merata, serta pengaruh gelombang yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bagian lainnya. Meskipun demikian, kawasan tersebut masih memenuhi syarat untuk kegiatan wisata dengan pengelolaan tertentu.

Berdasarkan integrasi seluruh parameter tersebut, hasil analisis Indeks Kesesuaian Wisata Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang menunjukkan bahwa kawasan ini secara umum berada pada kategori sesuai (S2) hingga sangat sesuai (S1) untuk pengembangan ekowisata pantai. Zona dengan kondisi fisik pantai yang stabil, kualitas perairan yang baik, dan tekanan lingkungan yang rendah tergolong sangat sesuai, sedangkan zona yang memiliki potensi abrasi lokal atau kecerahan perairan yang menurun secara musiman tergolong cukup sesuai dan memerlukan pengelolaan adaptif. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa tipe, lebar, dan kemiringan pantai merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap nilai IKW, dengan perubahan bobot 10% menghasilkan perubahan IKW sekitar 2–4%. Sebaliknya, vegetasi pantai dan tekanan aktivitas manusia memiliki sensitivitas rendah (<1%), meskipun tetap penting bagi keberlanjutan kawasan. Secara keseluruhan, Pantai Pasir Panjang memiliki tingkat kesesuaian tinggi untuk ekowisata berkelanjutan, serta berpotensi sebagai zona penyangga ekologis melalui integrasi analisis IKW dan spasial.

Strategi *Strength Opportunity* (SO) memanfaatkan kondisi pantai yang berpasir, landai, dan memiliki kualitas perairan baik untuk mengembangkan ekowisata berbasis konservasi dan edukasi, sekaligus mendukung fungsi kawasan sebagai penyangga ekologis industri hijau (Titaheluw *et al.*, 2026). Strategi *Weakness Opportunity* (WO) diarahkan pada peningkatan fasilitas, vegetasi, dan tata kelola melalui rehabilitasi pesisir, pembangunan sarana ramah lingkungan, serta pemanfaatan SIG untuk perencanaan dan pemantauan kawasan secara berkelanjutan (Chaudhuri *et al.*, 2014). Strategi *Strength Threat* (ST) dilakukan melalui pemanfaatan hasil IKW dan zonasi ekowisata sebagai dasar pengendalian aktivitas wisata dan perlindungan lingkungan. Zonasi yang tepat dapat mengurangi tekanan wisata, kerusakan ekosistem, pencemaran, serta risiko degradasi pesisir (Rini *et al.*, 2018). Strategi *Weakness Threat* (WT) diarahkan pada penguatan pengawasan lingkungan, kapasitas pengelola, dan partisipasi masyarakat untuk mengurangi dampak wisata serta mencegah degradasi pesisir. Kolaborasi pemerintah, pengelola kawasan, masyarakat, dan industri petrokimia diperlukan untuk mewujudkan pengelolaan pesisir terpadu dan berkelanjutan (Wulandari *et al.*, 2024). Pengembangan ekowisata dan industri petrokimia dapat disinergikan melalui pendekatan *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) yang menyeimbangkan aspek ekonomi, lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat (Ben Natan *et al.*, 2023). Dalam konteks Banten, ekowisata dapat berfungsi sebagai zona penyangga ekologis yang mendorong perlindungan ekosistem pesisir sekaligus mendukung penerapan praktik industri yang lebih ramah lingkungan (Bachri *et al.*, 2023).

Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang memiliki potensi strategis sebagai ekowisata berbasis konservasi karena kondisi lingkungan yang relatif baik dan nilai IKW kategori S1 (sangat sesuai) (Muhsoni & Destiarni, 2026; Ridwan *et al.*, 2025). Pengembangannya dapat mendukung industri petrokimia berkelanjutan melalui edukasi lingkungan dan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap konservasi serta pengelolaan limbah (Davis *et al.*, 2021). Ekowisata juga berpotensi menjadi bagian dari TJSL/CSR industri melalui konservasi pantai, rehabilitasi vegetasi, pengelolaan sampah, dan edukasi masyarakat, sehingga memberikan manfaat lingkungan, sosial, dan ekonomi. Secara spasial, kualitas lingkungan yang baik berkaitan dengan vegetasi pantai, rendahnya abrasi, dan kualitas perairan yang baik, sehingga pengembangan ekowisata perlu diiringi dengan pengelolaan lingkungan industri yang ketat (Kaidah & Bantacut, 2026; Ali *et al.*, 2026).

Dengan demikian, hubungan antara ekowisata pantai dan industri petrokimia bukan merupakan hubungan kompetitif, melainkan hubungan yang saling melengkapi dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. Ekowisata berfungsi sebagai instrumen konservasi dan edukasi lingkungan yang mendukung terciptanya kawasan pesisir yang sehat, sedangkan industri petrokimia berkelanjutan berperan sebagai penggerak ekonomi yang wajib menjaga kualitas lingkungan melalui penerapan prinsip industri hijau. Sinergi kedua sektor tersebut menjadi landasan penting dalam mewujudkan pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan di Provinsi Banten.

Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang berpotensi sebagai zona penyangga ekologis kawasan pesisir Selat Sunda karena relatif terlindungi dari tekanan industri, didukung kualitas perairan yang baik dan abrasi rendah. Nilai IKW yang tinggi menunjukkan kelayakan pengembangan ekowisata berbasis konservasi yang berperan dalam menjaga stabilitas ekologis dan mendukung pembangunan pesisir berkelanjutan (Arrafi *et al.*, 2026; Annida & Baihaqi, 2025).

KESIMPULAN

Pantai Pasir Panjang Pulau Sangiang memiliki kondisi oseanografi dan kualitas perairan yang mendukung pengembangan ekowisata pantai. Abrasi tergolong rendah dan lokal, sedangkan hasil analisis menunjukkan kawasan berada pada kategori sesuai hingga cukup sesuai, terutama untuk wisata konservasi, edukasi, dan bahari terbatas. Pengembangannya perlu didukung pengelolaan lingkungan terpadu, perencanaan spasial, serta sinergi antara pariwisata, konservasi, dan industri petrokimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., Fauzi, A., & Yulianti, N., 2026. From coastal resource potential to community welfare: The mediating role of marine agro-ecotourism performance in northern coastal East Java, Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 12(1):939–948. DOI: 10.29303/jppipa.v12i1.13952
- Annida, S.B., & Baihaqi, F., 2025. Marine tourism suitability index and ecological carrying capacity on the west and east coasts of Pangandaran, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 29(5):295–316. DOI: 10.21608/ejabf.2025.419344.6500
- Arrafi, M.H., Ambariyanto, A., Widowati, I., & Indarjo, A., 2026. Tourism suitability and carrying capacity as a basis for sustainable coastal ecotourism development at Karangsong Beach, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 29(2):211–224. DOI: 10.14710/jkt.v29i2.32271
- Bachri, S., Sholeha, A.W., Kurniawati, E., Hakiki, A.R., & Hidiyah, T.M., 2023. Development strategy for special interest tourism (SIT) through community-based ecotourism (CBET) in Perawan Beach to promote a sustainable economy. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 48:696–708. DOI: 10.30892/gtg.482spl03-1069
- Ben-Natan, A., & Shashar, N., 2025. A short review of strategies for augmenting organism recruitment on coastal defense structures. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(1):95. DOI: 10.3390/jmse13010095
- Bird, E., 2008. Coastal geomorphology: An introduction (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Cahyani, A.T., Anbiya, A.N., & Balqis, B.H., 2024. Analisis penyebab kerusakan ekosistem mangrove dalam upaya pengembangan ekowisata di Provinsi Banten. *Indonesian Conference of Maritime*, 2(1):125–138.
- Chaudhuri, P., Nath, B., & Birch, G., 2014. Accumulation of trace metals in grey mangrove *Avicennia marina* fine nutritive roots: The role of rhizosphere processes. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1–2):284–292. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.11.024
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., & Sitepu, M.J., 2001. Pengelolaan sumber daya wilayah pesisir dan lautan secara terpadu. PT Pradnya Paramita.
- Davidson-Arnott, R., 2010. Introduction to coastal processes and geomorphology. Cambridge University Press.
- Davis, R.P., Boyd, C.E., & Davis, D.A., 2021. Resource sharing and resource sparing, understanding the role of production intensity and farm practices in resource use in shrimp aquaculture. *Ocean & Coastal Management*, 207:105595.
- Dean, R.G., & Dalrymple, R.A., 2002. Coastal processes with engineering applications. Cambridge University Press.
- Effendi, H., 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius.
- Fandeli, C., 2002. Perencanaan kepariwisataan alam. Fakultas Kehutanan UGM.
- Fandeli, C., & Mukhlison, 2000. Pengusahaan ekowisata. Fakultas Kehutanan UGM.

- Holthuijsen, L.H., 2007. Waves in oceanic and coastal waters. Cambridge University Press.
- Kaidah, S., Bantacut, T., Muslich, & Syamsu, K., 2026. Identification of potential sites for integrated agroindustry development of aquaculture and ecotourism in coastal areas using a geographic information system approach. *Int. J. Environ. Impacts*, 9(1):113–135. DOI: 10.56578/ije090110
- Komar, P.D., 1998. Beach processes and sedimentation (2nd ed.). Prentice Hall.
- Malczewski, J., 2004. GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning*, 62(1):3–65. DOI: 10.1016/j.progress.2003.09.002
- Muhsoni, F.F., & Destiarni, R.P., 2026. Multi-temporal shoreline dynamics and spatial ecotourism carrying capacity in Meru Betiri, Indonesia. *GEOMATE Journal*, 31(143):172–181. DOI: 10.21660/2026.143.5470
- Nybakken, J.W., & Bertness, M.D., 2005. Marine biology: An ecological approach (6th ed.). Pearson Education.
- Pugh, D.T., & Woodworth, P.L., 2014. Sea-level science: Understanding tides, surges, mean sea-level changes and extremes. Cambridge University Press.
- Ridwan, R.E., Julianto, M.A., Marpaung, P.N., Utami, A.R., Ismail, T., Wijayanti, S.W., & Setiawan, R.J., 2025. Coastal community empowerment based on local wisdom and technological innovation for climate change adaptation, erosion control, and sustainable ecotourism development. *Sustainable Marine Structures*, 7(4):9–35. DOI: 10.36956/sms.v7i4.2701
- Rini, Setyobudiandi, I., & Kamal, M.M., 2018. Kajian kesesuaian, daya dukung dan aktivitas ekowisata di kawasan mangrove Lantebung Kota Makassar. *Jurnal Pariwisata*, 5(1). DOI: 10.31311/par.v5i1.3179
- Simbolon, A.R., & Purbonegoro, T., 2021. Bioakumulasi merkuri (Hg) pada lamun *Enhalus acoroides* dan mangrove *Rhizophora apiculata* di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 6(3):137–147. DOI: 10.14203/oldi.2021.v6i3.369
- Titaheluw, S.S., Hasan, M., Daeng, R.A., Jainudin, R.A., Tolori, S., & Andriani, R., 2026. Evaluation of coral reef and reef fish health on Maitara Island: Integration of ecological and socio-economic indicators for sustainable conservation. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 30(2):1077–1089. DOI: 10.21608/ejabf.2026.426706.6641
- Triatmodjo, B., 1999. Teknik pantai. Beta Offset.
- Tuwo, A., 2011. Pengelolaan ekowisata pesisir dan laut: Pendekatan ekologi, sosial-ekonomi, kelembagaan, dan sarana wilayah. Brilian Internasional.
- Wulandari, R., Iswara, A.P., Qadafi, M., Prayogo, W., Astuti, R.D.P., Utami, R.R., & Andhikaputra, G., 2024. Water pollution and sanitation in Indonesia: A review on water quality, health and environmental impacts, management, and future challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(58):65967–65992.
- Yulianda, F., 2007. Ekowisata bahari sebagai alternatif pemanfaatan sumber daya pesisir berbasis konservasi. Institut Pertanian Bogor.