

# ANALISIS KEBERLANJUTAN EKOSISTEM BARCHAN PASCA PENETAPAN KAGUNGAN NDALEM GUMUK PASIR PARANGTRITIS MENJADI ZONA GEOHERITAGE DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

(Sustainability Analysis on the Barchan Ecosystem Following the Establishment of the Kagungan Dalem Gumuk Pasir Parangtritis as A Geoheritage Zone in Yogyakarta Special Region)

Suprajaka<sup>1,2</sup>, Putri Meissarah<sup>3</sup>, Edwin Maulana<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Badan Informasi Geospasial

<sup>2</sup>Universitas Esa Unggul

<sup>3</sup>Badan Informasi Geospasial, Parangtritis Geomaritime Park

<sup>4</sup>Universitas Gadjah Mada

Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong Kab. Bogor Jawa Barat 16911

email: [suprajaka@big.go.id](mailto:suprajaka@big.go.id)

Diterima: 3 Februari 2023; Direvisi: 10 Maret 2023; Disetujui untuk Dipublikasikan: 20 April 2023

## ABSTRAK

Gumuk pasir barchan merupakan salah satu bentukan alam unik yang mulai terancam eksistensinya. Pemerintah menetapkan kawasan gumuk pasir menjadi warisan geologi (*geoheritage*) di tahun 2021 sebagai salah satu upaya konservasi gumuk pasir barchan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keberlanjutan ekosistem gumuk pasir, pasca ditetapkan menjadi kawasan *geoheritage*. Indikator yang digunakan untuk menganalisis keberlanjutan ekosistem gumuk pasir adalah aspek sosial, ekonomi dan lingkungan. Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan teknik skoring. Kelas keberlanjutan dibagi menjadi lima kelas, yaitu sangat buruk, buruk, sedang, baik dan sangat baik. Akuisisi data dilakukan melalui wawancara dengan metode *purposive sampling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai akumulatif dari seluruh parameter keberlanjutan gumuk pasir adalah 3,402 dan tergolong pada kelas sedang. Aspek yang perlu mendapatkan perhatian serius adalah keberlanjutan dari sisi parameter sosial karena nilainya paling rendah 3,246. Meskipun tergolong dalam kategori sedang, aspek sosial perlu disoroti untuk meminimalkan timbulnya permasalahan di masa mendatang. Hasil kajian ini dapat dimanfaatkan pihak berwenang untuk merumuskan perencanaan pengelolaan zona *geoheritage* gumuk pasir sehingga dapat meningkatkan nilai keberlanjutan ekosistem gumuk pasir Parangtritis.

**Kata Kunci:** barchan, *geoheritage*, gumuk pasir, keberlanjutan pesisir

## ABSTRACT

*Barchan dunes are a unique natural landform whose existence is threatened. The government designated the dune area a geological heritage (geoheritage) in 2021 as one of the efforts to conserve barchan dunes. This research was conducted to determine the sustainability of the dune ecosystem after being designated as a geoheritage area. The indicators used to analyze the sustainability of the dune ecosystem are social, economic, and environmental. The approach used is a quantitative approach with scoring techniques. Sustainability class is divided into five classes: very bad, bad, moderate, good, and very good. Data acquisition was carried out by interviewing with a purposive sampling method. The results showed that the accumulative value of the sustainability of dunes was 3.402 and belonged to the medium class. The aspect that needs serious attention is social sustainability because it gets the lowest score of 3,246. Even though it was in the moderate category, social aspects need to be highlighted to minimize the emergence of problems in the future. The results of this study can be utilized by the authorities to formulate a management plan for the dune geoheritage zone to increase the sustainability value of the Parangtritis sand dune ecosystem.*

**Keywords:** barchan, *geoheritage*, sand dunes, coastal sustainability

## PENDAHULUAN

Gumuk pasir barchan di Parangtritis merupakan sebuah kenampakan alam unik yang dimiliki Daerah Istimewa Yogyakarta. Gumuk pasir Parangtritis yang merupakan bagian dari sumbu imajiner dan filosofis Yogyakarta patut dilestarikan karena menjadi salah satu dari sekian faktor yang berperan dalam mendukung keistimewaan Yogyakarta (Anny et al., 2022). Keistimewaan dari

bentuk barchan menjadi sorotan di gumuk pasir Parangtritis karena tidak semua gumuk pasir di dunia memiliki kenampakan barchan. Bentuk barchan biasanya ditemukan di daerah arid atau semi-arid, namun Parangtritis yang terletak di daerah tropis memiliki bentukan barchan (Khatimah et al., 2018; Ningrum et al., 2021).

Gumuk pasir Parangtritis merupakan produk lanskap dari proses aeolian. Bentuk lahan aeolian

merupakan semua kenampakan alam yang terbentuk akibat proses angin (Altameemi & Al-Taie, 2022). Produk utama dari proses aeolian adalah gumuk pasir, yang biasanya ditemukan di daerah gurun pasir maupun wilayah pesisir (Zheng et al., 2022). Itulah mengapa kelestarian gumuk pasir sangat dipengaruhi oleh proses hembusan angin. Sayangnya saat ini proses aeolian yang ada di kawasan gumuk pasir mengalami distraksi oleh beberapa fenomena di lapangan. Sunarto et al. (2018) menyebutkan bahwa faktor antropogenik berperan dominan dalam menghambat proses aeolian.

Gangguan terhadap proses aeolian di gumuk pasir Parangtritis disebabkan oleh tersumbatnya lorong angin di arah selatan. Lorong angin merupakan jalur transportasi angin yang membawa material berupa pasir ke arah daratan. Ningrum et al., (2021) mengungkapkan bahwa salah satu faktor yang menghambat lorong angin adalah pembangunan infrastruktur dan kegiatan wisata yang kurang tertata dan terorganisir. Lebih lanjut, penanaman kawasan di bibir pantai seperti pohon cemara udang (*Casuarina equisetifolia*) juga berpengaruh terhadap proses pembentukan gumuk pasir. Perubahan penggunaan lahan yang tidak terkontrol juga turut mengganggu suplai material gumuk pasir (Sunarto et al., 2018; Ningrum et al., 2021).

Pemerintah berupaya menjaga kelestarian gumuk pasir melalui penetapan gumuk pasir sebagai kawasan *geoheritage* yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor 13.K/HK.1/MEM.G/2021 tentang Penetapan Warisan Geologi (Geoheritage) Daerah Istimewa Yogyakarta (Kem. ESDM, 2021). Penetapan gumuk pasir sebagai kawasan *geoheritage* berimplikasi pada pembagian gumuk pasir menjadi tiga zona, yaitu zona inti, zona terbatas dan zona penyangga. Zona inti seluas 141,5 ha merupakan kawasan yang harus dikonservasi, sehingga eksistensi gumuk pasir barchan di kawasan ini tetap terjaga. Berdasarkan hasil analisis kenampakan visual perubahan penggunaan lahan di zona inti gumuk pasir masih terus terjadi, sehingga diperlukan sebuah kajian strategis untuk menjaga kelestarian ekosistem gumuk pasir barchan.

Kajian terkait gumuk pasir Parangtritis merupakan tema menarik untuk dipelajari. Beberapa peneliti terdahulu fokus pada kajian tutupan lahan di gumuk pasir Parangtritis (Handayani & Hidayat, 2019; Laksono et al., 2020; Azahra et al., 2021). Kajian terkait penggunaan lahan gumuk pasir kemudian mulai berkembang ke berbagai sektor seperti aspek ekonomi (Khatimah et al., 2018), proses pembentukan (Malawani et al., 2019), kebencanaan (Putri et al., 2019), *stakeholder*

(Ningrum et al., 2021). Menariknya, belum ada satupun peneliti yang mengkaji tentang keberlanjutan ekosistem gumuk pasir padahal keberadaannya mulai terancam.

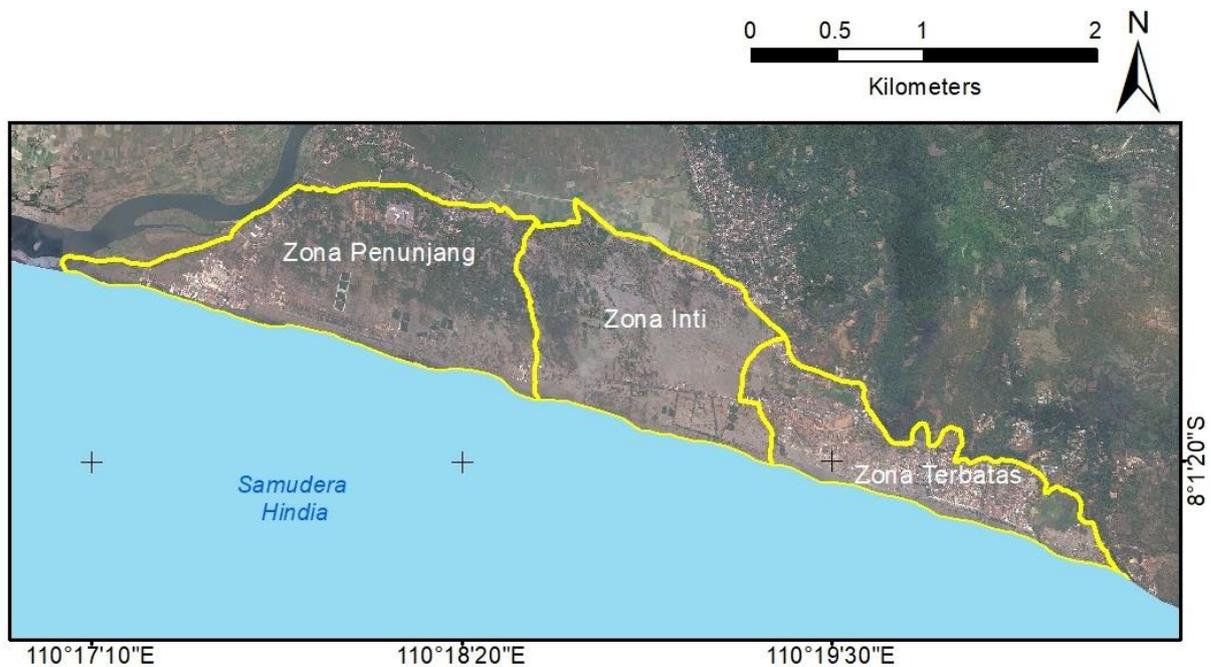
Analisis keberlanjutan ekosistem gumuk pasir barchan mendesak untuk dilakukan sebagai langkah awal dalam menentukan arah pengelolaan gumuk pasir pasca ditetapkan sebagai *geoheritage*. Analisis keberlanjutan secara sederhana diartikan sebagai sebuah kajian yang bertujuan untuk menilai sejauh mana ekosistem dapat bertahan atau berkembang tanpa adanya intervensi. Lebih lanjut, Thies et al., (2019) mengungkapkan bahwa analisis keberlanjutan merupakan hasil analisis terhadap sistem ekonomi, sosial dan lingkungan. Pengukuran terhadap tiga sistem tersebut dilakukan untuk mengetahui gambaran kondisi keberlanjutan ekosistem gumuk pasir pada masa pasca pandemi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis keberlanjutan ekosistem gumuk pasir barchan pasca ditetapkan sebagai kawasan *geoheritage*. Analisis keberlanjutan dapat diukur dengan studi persepsi masyarakat seperti yang dilakukan oleh Arifiani & Mussadun (2016) dengan modifikasi dan disesuaikan dengan kondisi ekosistem gumuk pasir. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan pemangku kepentingan untuk merumuskan strategi pengelolaan gumuk pasir barchan agar ekosistemnya tetap lestari.

## METODE

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan Kagungan Dalem Gumuk Pasir Barchan, Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul ( $8^{\circ} 00' 41,6''$  -  $8^{\circ} 01' 42,3''$  LS dan  $110^{\circ} 20' 25,5''$  -  $110^{\circ} 18' 8,3''$  BT). Kawasan gumuk pasir memiliki luas 412 hektar dengan kelas kelerengan berkisar  $0-3^{\circ}$  dan elevasi maksimal 41 mdpal. Gumuk Pasir Parangtritis berbatasan dengan Sungai Opak di sebelah barat dan utara, Samudera Hindia di selatan dan perbukitan karst di sebelah timur. Penggunaan lahan di gumuk pasir terdiri dari hutan pantai, sawah, peternakan, permukiman, tambak, tanah kosong, padang rumput, dan pertanian lahan kering (Sunarto et al., 2018). Mata pencaharian utama penduduk di sekitar gumuk pasir didominasi dari sektor wisata dan pertanian. Beberapa objek wisata di Kawasan Parangtritis terdiri dari wisata alam (pantai dan pemandian air panas), kuliner serta keolahragaan (berkuda, berkendara jeep dan *sand-boarding*). Pertanian yang menjadi primadona adalah bawang merah dan cabai rawit. Detil lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi penelitian Geoheritage Gumuk Pasir Parangtritis.

### Metode Penelitian

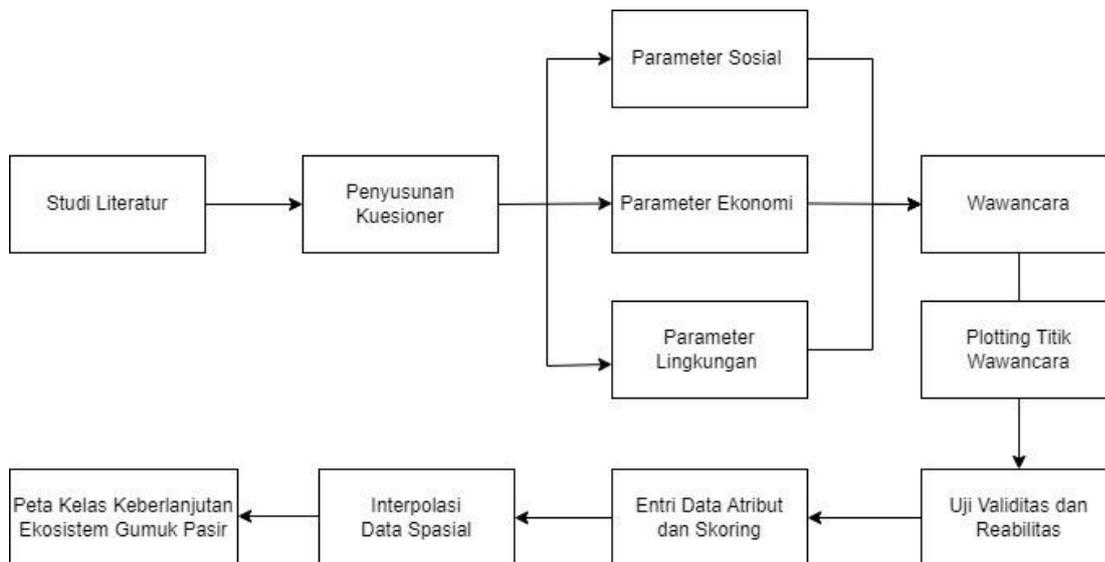
Indikator yang digunakan untuk mengukur keberlanjutan ekosistem gumuk pasir mengacu pada penelitian Arifiani & Mussadun (2016) dengan modifikasi. Setidaknya, ada tiga indikator utama yang akan diukur, yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan. Parameter yang digunakan untuk mengukur indikator ekonomi adalah a) pendapatan; b) peluang pekerjaan; c) jumlah pekerja; d) tabungan; e) daya beli. Sedangkan parameter sosial yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: a) hubungan sosial; b) kesehatan; c) skill dan keterampilan; d) kriminalitas; e) jam bekerja. Lebih lanjut, parameter yang digunakan untuk mengukur indikator lingkungan terdiri dari: a) perubahan luas gumuk pasir; b) kenampakan gumuk pasir barchan; c) bencana kepebisiran; d) volume sampah; e) kualitas lingkungan.

Perolehan data dilakukan melalui wawancara terhadap masyarakat di sekitar ekosistem gumuk pasir Parangtritis. Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30 responden, yang dibagi ke dalam tiga zona *geoheritage* secara *random sampling*. Survei dilaksanakan pada bulan Desember 2022 hingga Januari 2023. Jumlah tersebut dianggap mewakili karena telah memenuhi jumlah sampel minimal berdasarkan teorema limit sentral (Alwi, 2015). Tipe pertanyaan dalam kuesioner bersifat tertutup, dengan lima pilihan jawaban yaitu: a) satu (sangat menurun); b) dua (menurun); c) tiga (tetap); d) empat (meningkat); dan e) lima (sangat meningkat). Pilihan tersebut dikonversikan ke dalam bentuk angka dengan metode skoring. Pengujian terhadap instrumen yang digunakan dilakukan dalam dua tahapan, yaitu uji validitas dan reabilitas. Uji validitas dilakukan

untuk menguji tingkat kevalidan dari instrumen yang digunakan (Hartati et al., 2020). Selanjutnya, uji realibilitas dilakukan untuk menguji konsistensi jawaban responden (Fahmeyzan et al., 2018).

Penjumlahan dari 15 parameter keberlanjutan ekosistem dikalkulasi pada data atribut dari kuesioner. Hasil kalkulasi tersebut kemudian dikategorikan menjadi lima kelas, yaitu: a) keberlanjutan sangat tinggi (skor: 4,2-5,0); b) tinggi (skor: 3,5-4,1); c) sedang (skor 2,7-3,4); d) rendah (skor 1,9-2,6); dan e) sangat rendah (skor 1,0-1,8). Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk gambar, tabel dan uraian deskriptif serta peta. Interpolasi dilakukan untuk mendapatkan sebaran spasial dari keberlanjutan ekosistem gumuk pasir barchan. *Ordinary kriging* merupakan metode geostatistik untuk mendapatkan nilai interpolasi berdasarkan kombinasi linear nilai kadar sampel dan bobot korelasi spasial. *Ordinary kriging* digunakan untuk interpolasi data hasil survei lapangan (Mustika et al., 2022).

Setiap indikator yang berpengaruh terhadap keberlanjutan ekosistem gumuk pasir dianalisis dengan pendekatan deskriptif eksploratif. Tahapan analisis deskriptif eksploratif yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi: 1) membaca dan memahami secara berulang jawaban responden; 2) menguraikan jawaban dengan basis teori terkait; 3) menjelaskan hubungan antar parameter; dan 4) menarik kesimpulan. Uji regresi linear berganda digunakan untuk menjelaskan pengaruh variabel independent (aspek sosial, ekonomi dan lingkungan) paling berpengaruh terhadap variabel dependen (keberlanjutan ekosistem gumuk pasir) yang diteliti (Al Arif & Nurashiah, 2016). Secara sederhana, diagram alir penelitian disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Statistik Deskriptif, Uji Validitas dan Reabilitas Instrumen

Analisis statistik deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran terhadap karakteristik responden yang diteliti. Hasil analisis menunjukkan bahwa jumlah responden didominasi oleh laki-laki dengan persentase sebesar 63,33% dengan mayoritas umur berkisar 30-40 tahun. Rata-rata pekerjaan responden adalah pekerja pada sektor wisata dengan jumlah 10 responden, disusul pekerja sektor perdagangan dengan jumlah 8 responden dan sisanya berprofesi di bidang pertanian, jasa dan pemerintahan. Tingkat pendidikan responden didominasi oleh lulusan dari Sekolah Menengah Atas (SMA) dengan persentase sebesar 53,3% disusul dengan responden dari lulusan Sekolah Dasar (SD) dan Sekolah Menengah Pertama (SMP) dengan persentase masing-masing 16,67%. Sebagian besar responden (74,4%) sudah mengetahui mengenai ditetapkannya gumuk pasir sebagai kawasan *geoheritage* dan hanya 26,6% responden masih belum mengetahuinya.

Kalkulasi uji validitas terhadap instrumen menghasilkan nilai R-Hitung berkisar antara 0,19 hingga 0,66. Nilai signifikansi yang digunakan merupakan signifikansi dua arah dengan tingkat kepercayaan 0,1% sehingga nilai R-Tabel adalah 0,4409. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hampir keseluruhan instrumen tergolong valid kecuali pada aspek bencana kepebisiran dengan nilai R-Hitung sebesar 0,19. Hal ini disebabkan oleh jawaban responden pada butir pertanyaan tersebut sangat bervariasi.

Tahap selanjutnya adalah menghitung reabilitas instrumen dengan tahap awal menghitung jumlah dan total varian. Berdasarkan nilai varian tahap selanjutnya adalah menghitung Cronbach's Alpha (CA) yang merupakan metode untuk mengukur validitas internal dari skala atau

instrumen pengukuran, sehingga diketahui reabilitas instrumen. Nilai CA merupakan ukuran yang baik jika nilainya di atas 0,7 (Schrepp, 2020). Hasil analisis nilai CA sebesar 0,733, sehingga instrumen dapat dikategorikan baik.

### Analisis Kondisi Ekonomi Masyarakat

Aspek ekonomi merupakan sebuah isu krusial yang sering disoroti ketika terjadi sebuah perubahan dalam suatu tatanan yang berimbas terhadap masyarakat. Perubahan fungsi kawasan Kagungan Dalem Gumuk Pasir menjadi zona *geoheritage* tentunya juga akan berimbas terhadap kehidupan dan penghidupan masyarakat di sekitar gumuk pasir. Hal tersebut dikarenakan adanya aturan-aturan terkait konservasi untuk menjaga eksistensi gumuk pasir barchan di Parangtritis. Analisis keberlanjutan gumuk pasir dari sektor ekonomi dinilai berdasarkan lima aspek yang dikaji, yaitu daya beli, tabungan, jumlah pekerja, peluang pekerjaan dan pendapatan.

Hasil analisis dari sisi pendapatan responden menilai bahwa cenderung terjadi peningkatan meskipun jumlahnya kecil. Hal tersebut tidak lepas dari mulai dibukanya sektor pariwisata setelah pandemi. Lebih lanjut peningkatan pendapatan juga disebabkan oleh peluang pekerjaan dan jumlah pekerja yang meningkat di gumuk pasir. Nilai rata-rata peluang pekerjaan baru dan jumlah pekerja adalah 3,50 dan 3,70. Responden memberikan respon positif terhadap peluang pekerjaan baru yang ada setelah penetapan kawasan Kagungan Dalem Gumuk Pasir adalah karena jumlah pengunjung mingguan cenderung meningkat dibanding sebelumnya (Pratiwi & Prakosa, 2021). Fakta tersebut memberikan peluang pelaku wisata untuk membuka wahana wisata baru seperti persewaan jeep, jasa fotografi, maupun menjadi pedagang di sekitar gumuk pasir.

Aspek daya beli dan tabungan mendapat nilai yang cenderung lebih rendah dibanding tiga aspek lainnya. Aspek daya beli dan tabungan memperoleh

nilai total 102 dan 94 dengan rata-rata sebesar 3,40 dan 3,13 (**Gambar 3**). Penambahan tingkat pendapatan yang kurang berimbang pada peningkatan jumlah tabungan dan daya beli menjadi fokus kajian yang menarik untuk dijadikan fokus penelitian lanjutan. Mutiara & Agustian, (2022) menyoroti pentingnya literasi keuangan untuk mengatasi permasalahan serupa, sehingga tidak terjadi kesalahan pengelolaan keuangan rumah tangga.

Nilai akumulatif dari aspek ekonomi adalah 3,46 sehingga berada pada rentang keberlanjutan tingkat sedang. Nilai keberlanjutan pada tingkat sedang belum sepenuhnya aman, sehingga tidak bisa dibiarkan berjalan tanpa ada upaya intervensi. Beberapa upaya intervensi yang dapat dilakukan adalah ekoturisme (Kinanthi, 2022), digitalisasi jasa wisata (Masruroh, 2022) serta melalui kolaborasi *penta helix* (Sari et al., 2022). Perencanaan komprehensif bersama antara masyarakat, pemerintah dan swasta dapat dilakukan untuk pengembangan kawasan wisata di gumuk pasir. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menyusun *roadmap* pengembangan kawasan konservasi gumuk pasir barchan dalam aspek ekonomi, sosial dan lingkungan.

Pemanfaatan segala sarana untuk meningkatkan potensi wisata dapat dilakukan dengan syarat bahwa segala upaya yang dilakukan tidak berpotensi untuk menghalangi lorong angin dan pembentukan gumuk pasir barchan. Hal tersebut sangat perlu diperhatikan dalam pengembangan kegiatan wisata di zona *geoheritage*, mengingat kondisi gumuk pasir barchan mulai mengalami ancaman serius dalam beberapa tahun terakhir (Hendrastuti et al., 2018). Pengembangan ekoturisme di kawasan *geoheritage* gumuk pasir cukup sesuai untuk diterapkan, mengingat gumuk pasir termasuk wisata minat khusus. Konsep ekoturisme cenderung untuk mengedepankan aspek konservasi dibandingkan pemanfaatan sehingga eksistensi gumuk pasir barchan bisa tetap lestari (Hendrastuti et al., 2018; Kinanthi, 2022).

### Analisis Kondisi Sosial Masyarakat

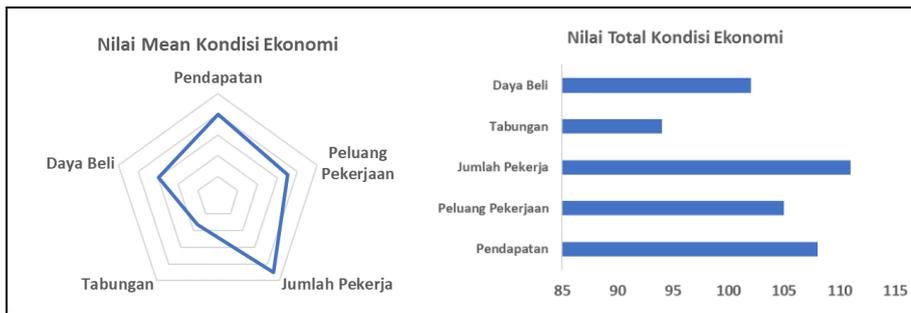
Penetapan kawasan gumuk pasir Parangtritis sebagai zona *geoheritage* dapat memiliki dampak positif dan negatif terhadap masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan gumuk pasir. Dampak positif yang mungkin dapat terjadi pasca penetapan menjadi zona *geoheritage* adalah peningkatan pariwisata di kawasan gumuk pasir sehingga dapat meningkatkan pendapatan masyarakat melalui usaha-usaha yang terkait dengan pariwisata, seperti penginapan, makanan dan jasa-jasa lainnya. Namun, dampak negatif juga dapat terjadi, seperti aktivitas pariwisata yang berlebihan dapat merusak lingkungan dan mengganggu kehidupan

masyarakat lokal. Lebih lanjut, batasan-batasan yang diberikan karena penetapan kawasan gumuk pasir menjadi zona *geoheritage* juga berpotensi untuk menimbulkan gesekan kepentingan secara vertikal dan horisontal di lapangan. Parameter yang digunakan untuk menilai keberlanjutan dari sisi sosial terdiri dari a) hubungan sosial; b) kesehatan; c) *skill* dan keterampilan; d) kriminalitas; dan e) jam bekerja.

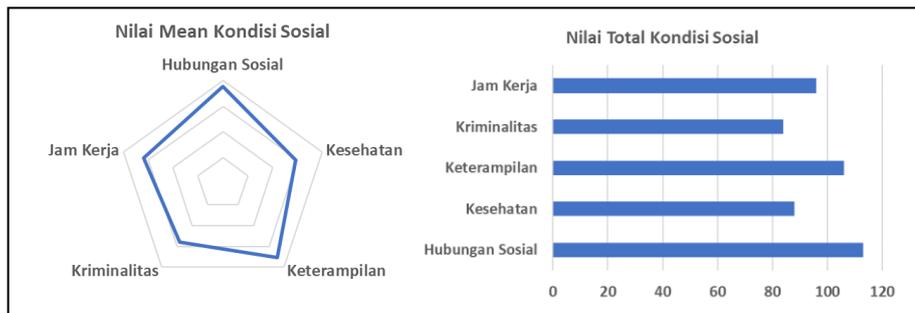
Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa aspek kondisi sosial cenderung naik pasca penetapan menjadi zona *geoheritage*. Aspek yang mengalami kenaikan adalah hubungan sosial, keterampilan dan jam kerja. Aspek hubungan sosial adalah aspek yang paling meningkat dengan nilai total 113 dengan nilai *mean* 3,77. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi komunikasi yang baik antar masyarakat pasca penetapan kawasan gumuk pasir menjadi zona *geoheritage*. Bentuk dan strategi komunikasi antar pemangku kepentingan termasuk masyarakat tentang penetapan kawasan *geoheritage* perlu ditindaklanjuti dalam penelitian selanjutnya.

Sebagai tambahan, keterampilan masyarakat dan jam kerja masyarakat juga turut meningkat. Peningkatan keterampilan diindikasikan terjadi secara tidak langsung karena berdasarkan wawancara belum ada penyuluhan maupun pelatihan secara resmi dari berbagai pihak. Komunikasi verbal antara pelaku wisata diduga dapat meningkatkan keterampilan pelaku wisata mengingat jam kerja pelaku wisata juga meningkat, sehingga komunikasi terjalin lebih intensif. Peningkatan keterampilan pelaku wisata di gumuk pasir merupakan nilai tambah bagi kegiatan wisata, karena berdasarkan pendapat (Istiyanti, 2020), keterampilan dapat meningkatkan inovasi untuk mengantarkan pada kemandirian sehingga memainkan peranan penting terhadap pembangunan, khususnya pembangunan pariwisata.

Penurunan kondisi sosial terjadi pada aspek kesehatan dan kriminalitas dengan nilai total masing-masing 88 dan 84 serta *mean* 2,93 dan 2,80 (**Gambar 4**). Penurunan dari aspek kesehatan ditandai dengan beberapa penyakit musiman seperti flu, maupun penyakit lain yang sifatnya lokal. Penurunan dalam aspek kriminalitas diartikan sebagai peningkatan jumlah kejadian kriminal yang terjadi di kawasan gumuk pasir selama periode 2021-2022. Penurunan dari aspek kesehatan dan kriminalitas diindikasikan bukan disebabkan karena perubahan status zonasi gumuk pasir, namun ada faktor lain yang perlu ditelusuri lebih mendalam pada penelitian selanjutnya. Berdasarkan kajian Sinuraya, (2022), salah satu bentuk kriminalitas pada kawasan wisata di DIY adalah klitih. Fenomena klitih inilah yang diindikasikan membuat penilaian responden terhadap aspek kriminalitas menjadi rendah.



Gambar 3. Nilai mean dan total sektor kondisi ekonomi masyarakat.



Gambar 4. Nilai mean dan total sektor kondisi sosial masyarakat.

Nilai akumulatif dari aspek sosial adalah 3,25 dan dikategorikan pada kelas sedang. Nilai tersebut tergolong rendah dibandingkan dari aspek ekonomi yang terjadi dan menandakan respon masyarakat masih belum cukup baik terhadap penetapan zona *geoheritage* gumuk pasir. Isu sosial di gumuk pasir dikaji oleh Dwimartanti (2016) yang diperoleh hasil bahwa terdapat tanggapan pro dan kontra terhadap kegiatan restorasi gumuk pasir. Lebih lanjut, Widiyanto (2019) juga menyoroti isu sosial terkait konservasi di gumuk pasir sehingga tidak merugikan berbagai pihak yang berkepentingan. Pemahaman mendalam dan sosialisasi terhadap masyarakat perlu dilakukan untuk meningkatkan keberlanjutan sektor sosial di zona *geoheritage* gumuk pasir.

### Analisis Kondisi Lingkungan

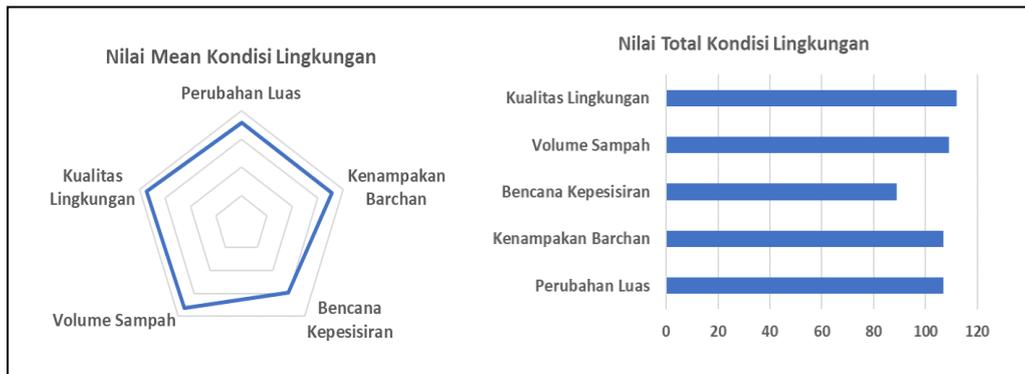
Penetapan Kawasan Kagungan Dalem Gumuk Pasir Parangtritis menjadi Zona *Geoheritage* diharapkan dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya pelestarian dan pengelolaan sumberdaya geologi serta keanekaragaman hayati yang ada. Bentuk dari upaya konservasi ini telah lama digagas dan mulai diresmikan melalui aturan yang tertuang ketentuan dalam Kem. ESDM (2021). Indikator yang digunakan untuk menilai keberlanjutan sektor lingkungan terdiri dari: a) perubahan luas gumuk pasir; b) kenampakan gumuk pasir barchan; c) bencana kepebisiran; d) volume sampah; dan e) kualitas lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persepsi masyarakat terhadap keberlanjutan sektor lingkungan di gumuk pasir tergolong baik. Satu aspek yang mendapat penilaian cenderung negatif adalah aspek bencana kepebisiran dengan nilai total 89 dengan *mean* 2,97. Berdasarkan penuturan

responden, di tahun 2022 cenderung lebih banyak kejadian bencana seperti angin besar maupun gelombang tinggi. Diperkirakan bahwa dua bencana tersebut bukan diakibatkan oleh perubahan fungsi kawasan gumuk pasir sehingga tidak perlu dilakukan intervensi terhadap aspek lingkungan gumuk pasir.

Empat aspek lingkungan lainnya mendapat penilaian lebih dari tiga poin, sehingga tergolong pada kelas sedang. Nilai tertinggi terdapat pada aspek lingkungan dengan *mean* 3,73 disusul oleh volume sampah dengan *mean* 3,63. Dengan jumlah peningkatan wisatawan mingguan yang meningkat, jumlah volume sampah pada periode 2022 dinilai responden cenderung mengalami penurunan. Temuan ini perlu diteliti lebih mendalam terkait isu hubungan jumlah wisatawan yang meningkat dengan volume sampah di kawasan gumuk pasir. *Detail* nilai total dan *mean* sektor lingkungan dapat dilihat pada **Gambar 5**.

*Mean* akumulatif pada sektor lingkungan adalah 3,49 dan tergolong pada kelas keberlanjutan sedang. Aspek perubahan penggunaan lahan dan kenampakan barchan adalah dua aspek yang perlu disoroti oleh berbagai pihak secara mendalam. Hal tersebut karena berdasarkan penelitian Nurkukuh & Candra (2021) menunjukkan bahwa luas gumuk pasir cenderung berkurang setiap tahunnya. Laily et al., (2019) menambahkan bahwa Zona Inti Gumuk Pasir yang harusnya menjadi zona konservasi juga mengalami penurunan luas gumuk pasir. Maulana & Wulan (2015) menambahkan bahwa kenampakan barchan mengalami penurunan dari sisi jumlah luas gumuk pasir dan hanya ditemukan beberapa embrio. Fakta tersebut menunjukkan bahwa upaya konservasi mendesak untuk dilakukan dengan melibatkan peran masyarakat dan berbagai pihak terkait.



Gambar 5. Nilai mean dan total sektor kondisi lingkungan masyarakat.

**Analisis Keberlanjutan Ekosistem Gumuk Pasir Barchan**

Gumuk pasir barchan merupakan sebuah ekosistem unik dan memiliki kenampakan landskap yang tidak biasa. Gumuk pasir barchan terbentuk dari material pasir yang dibawa oleh angin dan terakumulasi menjadi bentuk seperti bulan sabit terbalik. Gumuk pasir barchan di Parangtritis menjadi unik karena idealnya bentuk barchan terjadi di daerah beriklim arid, namun Parangtritis yang memiliki iklim tropis memiliki gumuk pasir barchan (Laksono et al., 2020). Untuk menjaga keberlanjutan ekosistem gumuk pasir barchan, perlu ada upaya-upaya untuk melindungi dan mengelola ekosistem tersebut dengan baik, sehingga kajian terhadap keberlangsungan ekosistem gumuk pasir barchan mendesak untuk dilakukan.

Gambar 6 memperlihatkan nilai total keberlanjutan ekosistem gumuk pasir Parangtritis. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai keberlanjutan paling tinggi adalah aspek lingkungan dengan nilai mean 3,49. Secara klasifikasi, aspek keberlanjutan lingkungan tergolong pada kelas sedang. Penilaian responden cenderung tinggi pada aspek lingkungan karena responden beranggapan dengan ditetapkannya kawasan Kagungan Dalem Gumuk Pasir Parangtritis menjadi kawasan *geoheritage*, maka ekosistem gumuk pasir akan lebih terjaga.

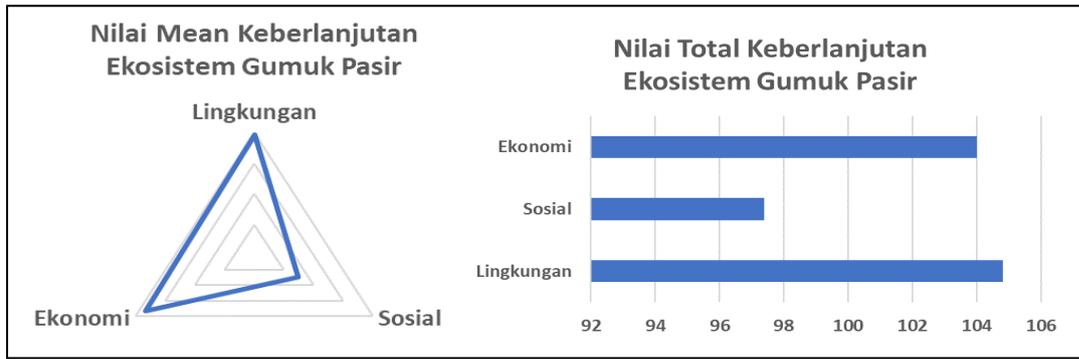
Nilai terbesar kedua dalam kajian keberlanjutan ekosistem gumuk pasir adalah aspek ekonomi dengan nilai mean 3,46. Fakta lapangan menunjukkan bahwa tingkat pendapatan masyarakat cenderung naik dibandingkan sebelum ditetapkan sebagai kawasan *geoheritage*. Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh peningkatan jumlah wisatawan yang meningkat pasca pandemi berakhir.

Sektor yang harus mendapatkan perhatian paling tinggi adalah sektor sosial karena berdasarkan pemaparan responden (yang rata-rata penduduk lokal), mendapatkan nilai paling rendah dibanding dua sektor lainnya. Hal tersebut tidak lepas dari pro-kontra warga lokal terkait upaya konservasi gumuk pasir Parangtritis (Dwimartanti, 2016).

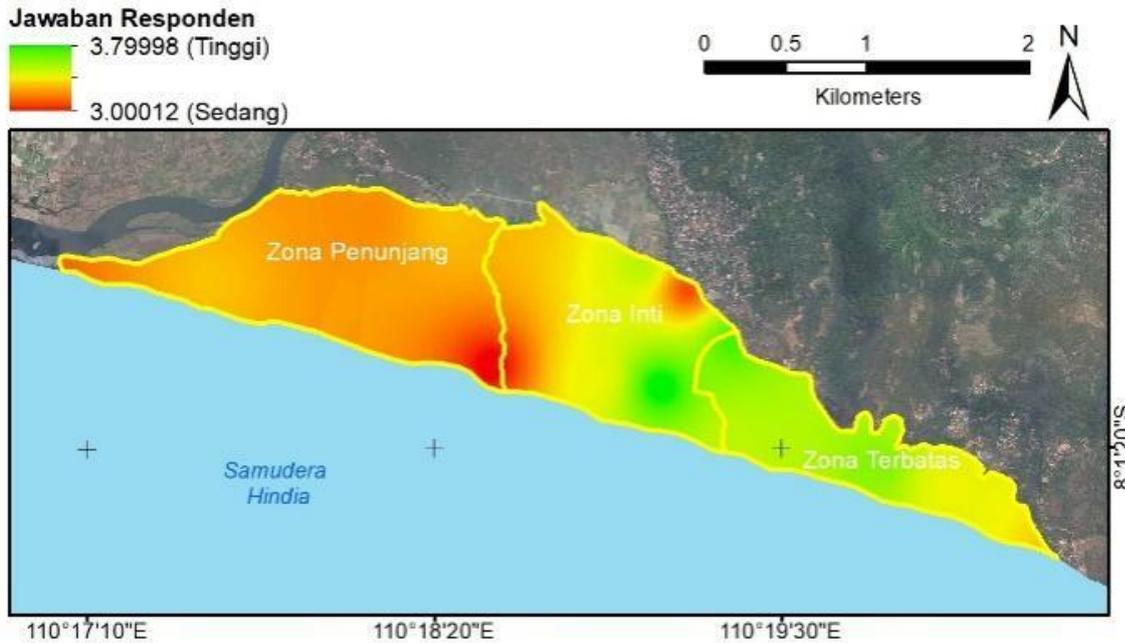
Lebih lanjut, untuk melihat tipologi jawaban responden dari sisi spasial, maka interpolasi dengan metode *ordinary krigging* dilakukan. Secara umum, masyarakat pada Zona Penunjang menilai keberlanjutan ekosistem cenderung lebih rendah dibandingkan dengan Zona Inti dan Terbatas. Kenampakan spasial jawaban responden disajikan pada Gambar 7.

Hasil interpolasi data spasial menunjukkan bahwa rentang rata-rata jawaban responden terkait keberlanjutan gumuk pasir barchan berkisar pada kelas sedang hingga tinggi. Kelas sedang ditunjukkan oleh warna merah hingga kuning, sedangkan tinggi ditunjukkan dengan warna hijau. Menariknya, responden di Zona Inti Gumuk Pasir menganggap keberlanjutan ekosistemnya masih tergolong tinggi. Hal tersebut kontradiktif dengan data yang menunjukkan penurunan luas gumuk pasir dari tahun ke tahun (Laily et al., 2019). Masyarakat di Zona Penunjang dan Terbatas menilai keberlanjutan ekosistem gumuk pasir cenderung sedang dikarenakan kenampakan gumuk pasir barchan sudah mengalami banyak perubahan dibanding tahun 1990-an.

Hasil analisis regresi linear berganda dari tiga parameter yang dikaji menunjukkan bahwa pengaruh kondisi sosial memiliki pengaruh paling tinggi terhadap keberlanjutan ekosistem gumuk pasir, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai *multiple R* hasil analisis menunjukkan bahwa parameter sosial memiliki pengaruh 0,82953 terhadap keberlanjutan ekosistem gumuk pasir. Nilai parameter sosial dalam korelasinya terhadap keberlanjutan ekosistem gumuk pasir diinterpretasikan dengan koefisien korelasi Pearson, tergolong pada kelas sangat kuat, sedangkan parameter ekonomi (0,73) dan lingkungan (0,72) tergolong pada kelas kuat. Nilai koefisien determinasi (*Adjusted R-Square*) dari tiga parameter yang dikaji menunjukkan bahwa parameter sosial juga masih menduduki peringkat paling tinggi, dengan nilai sebesar 0,623146. Nilai ini menunjukkan bahwa keberlanjutan ekosistem gumuk pasir Parangtritis sebesar 0,62% nilainya dipengaruhi oleh parameter sosial dan sisanya dipengaruhi oleh parameter lain.



Gambar 6. Nilai mean dan total sektor keberlanjutan ekosistem gumuk pasir.



Gambar 7. Nilai rata-rata jawaban responden terkait keberlanjutan ekosistem gumuk pasir.

Tabel 1. Hasil analisis regresi linear berganda tiga sektor yang dikaji terhadap nilai keberlanjutan akumulatif.

Parameter	Multiple R	R Square	Adjusted R Square	Significance F	Standard Error
Ekonomi	0,72801	0,530002	0,432086	0,00179	0,252231
Sosial	0,82953	0,688121	0,623146	1,85E-05	0,205468
Lingkungan	0,71729	0,514514	0,413371	0,002553	0,256354

Nilai signifikansi F dari tiga parameter yang dikaji semua nilainya di bawah nilai  $\alpha$  (0,05) sehingga tiga faktor tersebut pengaruhnya signifikan terhadap keberlanjutan ekosistem gumuk pasir Parangtritis. Hasil analisis regresi linear berganda secara konsisten menunjukkan bahwa parameter sosial memiliki korelasi sangat kuat dan pengaruh signifikan terhadap keberlanjutan ekosistem gumuk pasir Parangtritis bila dibandingkan dengan parameter lainnya. Hal tersebut mengindikasikan bahwa isu sosial perlu mendapatkan perhatian serius bagi para pemangku kepentingan dalam upaya konservasi gumuk pasir Parangtritis. Terlebih lagi hasil penelitian Dwimartanti (2016) menunjukkan bahwa masih

terdapat suara kontra dalam upaya konservasi gumuk pasir Parangtritis.

### KESIMPULAN

Gumuk pasir barchan di Parangtritis merupakan sebuah keunikan alam unik yang perlu dikonservasi sehingga eksistensinya tetap terjaga. Penetapan Kawasan Kagungan Dalem Gumuk Pasir Barchan menjadi Zona *Geoheritage* adalah upaya nyata pemerintah untuk melakukan konservasi gumuk pasir Parangtritis. Sebagai upaya untuk mengidentifikasi dinamika masyarakat atas perubahan status gumuk pasir, studi terkait keberlanjutan ekosistem gumuk pasir mendesak untuk dilakukan. Secara akumulatif kelas keberlanjutan ekosistem gumuk pasir Parangtritis

dikategorikan dalam kelas sedang. Parameter yang memiliki pengaruh paling besar dalam kajian keberlanjutan ekosistem gumuk pasir adalah parameter sosial, saat masyarakat memberikan respon cenderung lebih rendah dibanding parameter lain. Hal ini perlu mendapat perhatian pemerintah sehingga nilai keberlanjutan ekosistem gumuk pasir dapat ditingkatkan.

Secara spasial, masyarakat di Zona Inti memahami keberlanjutan ekosistem gumuk pasir masih tinggi. Nilai rata-rata keberlanjutan ekosistem responden di Zona Inti mencapai 3,6, sehingga dapat disimpulkan optimisme masyarakat terhadap keberlanjutan ekosistem gumuk pasir tergolong baik. Fakta tersebut kontradiktif dengan kenyataan di lapangan yang menunjukkan bahwa luasan gumuk pasir di Zona Inti cenderung mengalami penurunan setiap tahun. Optimisme masyarakat sudah seharusnya ditindaklanjuti sebagai modal sosial dalam upaya konservasi untuk mengaktifkan kembali gumuk pasir barchan. Isu sosial terkait upaya konservasi gumuk pasir harus diperhatikan oleh pemerintah dan berbagai pihak terkait.

Sejauh ini fokus pemerintah lebih banyak terpusat pada aspek lingkungan gumuk pasir barchan, sementara isu sosial dan ekonomi masih menjadi tantangan bagi pemerintah untuk diselesaikan di masa mendatang. Berbagai upaya sosialisasi dan pendekatan kultural dapat menjadi pertimbangan untuk meningkatkan nilai keberlanjutan ekosistem gumuk pasir, khususnya untuk merespon dinamika sosial ekonomi yang terjadi di masyarakat.

Penelitian lanjutan yang dapat dilakukan adalah terkait: a) penambahan tingkat pendapatan yang kurang berimbang pada peningkatan jumlah tabungan dan daya beli masyarakat; b) bagaimana peningkatan *skill* pelaku wisata dapat meningkat tanpa media sosialisasi; c) penurunan nilai dari aspek kesehatan dan kriminalitas pengaruhnya terhadap perubahan status zonasi gumuk pasir; dan d) menumbuhkan kembali rasa cinta masyarakat terhadap eksistensi gumuk pasir tidak hanya dari sisi ekonomi, sosial dan lingkungan namun juga menekankan dari sisi kultural. Keberhasilan konservasi di Parangtritis dapat dijadikan percontohan dalam pengelolaan gumuk pasir di lokasi lain dimana ekosistem gumuk pasirnya juga mulai terancam, seperti di Slopeng Madura, Oetune Nusa Tenggara Timur dan Tungtung Karang Jawa Barat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan pada tim survei dan responden yang bersedia untuk diwawacarai. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan kerja penulis yang tidak pernah lelah mendukung penulis untuk menyelesaikan tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Arif, M.N.R. & Nurashia, T. (2016). Customer relationship management dan pengaruhnya terhadap loyalitas nasabah bank: Studi pada Bank Muamalat Indonesia. *Esensi: Jurnal Bisnis dan Manajemen*, 5(1), 51-64. DOI: <https://doi.org/10.15408/ess.v5i1.2332>.
- Altameemi, Z.A. & Al-Taie, A.J. (2022). Sand dunes reviewing: Wind effect and dunes classification. *Algerian Journal of Engineering and Technology*, 07(2022), 1-8. Retrieved from <https://www.jetjournal.org/index.php/ajet/article/view/213>.
- Alwi, I. (2015). Kriteria empirik dalam menentukan ukuran sampel pada pengujian hipotesis statistika dan analisis butir. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 2(2), 140-148. DOI: <https://doi.org/10.30998/formatif.v2i2.95>.
- Arifiani, N.A., & Mussadun, M. (2016). Studi persepsi masyarakat terhadap tingkat keberlanjutan wilayah pesisir Kecamatan Sarang. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 4(3), 171-186. DOI: <https://doi.org/10.14710/jwl.4.3.171-186>.
- Anny, A.A.R., Yuliadi, K. & Winahyuningsih, M.H. (2022). Proses adaptasi pertunjukan panggung ke video : Studi kasus karya Tari Colohok Ciptaan Anter Asmorotedjo. *JOGED: Jurnal Seni Tari*, 20(2), 193-215. DOI: <https://doi.org/10.24821/joged.v20i2.8206>.
- Azahra, M.F., Jumadi, J. & Sigit, A.A. (2021). The use of small format air photos for mapping land cover changes in Gumuk Pasir Parangtritis Core-Zone, 2015-2019. *International Journal for Disaster and Development Interface*, 1(1), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.53824/ijddi.v1i1.1>.
- Fahmeyzan, D., Soraya, S. & Etny, D. (2018). Uji normalitas data omzet bulanan pelaku ekonomi mikro Desa Senggigi dengan menggunakan skewness dan kurtosis. *Jurnal Varian*, 2(1), 31-36. DOI: <https://doi.org/10.30812/varian.v2i1.331>.
- Handayani, T. & Hidayat, N. (2019). Analysis of tree stratum vegetation in Sand Dune Core Zone in Parangtritis Village Kretek Sub-District Bantul Regency Yogyakarta as learning sources on biodiversity for Grade X Senior High School. *Proceedings of the 4th Progressive and Fun Education International Conference*. Profunedu 2019, 6-8 August 2019, Makassar, Indonesia. DOI: <https://doi.org/10.4108/eai.7-8-2019.2288418>.
- Hartati, E., Indriyani, R. & Trianingsih, I. (2020). Analisis Kepuasan pengguna website SMK Negeri 2 Palembang menggunakan regresi linear berganda. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 20(1), 47-58. DOI: <https://doi.org/10.30812/matrik.v20i1.736>.
- Hendrastuti, B., Ibrahim, F. & Wahyuningsih, D.S. (2018). Evaluasi implementasi kajian restorasi Kawasan Kagungan Dalem Gumuk Pasir Parangtritis. *Prosiding Seminar Nasional Geotik: Literasi Digital untuk Pendidikan Aman Berkelanjutan*, 205-213.
- Istiyanti, D. (2020). Pemberdayaan masyarakat melalui pengembangan desa wisata di Desa Sukawening. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 2(1), 53-62. Diakses dari <https://journal.ipb.ac.id/index.php/pim/article/view/29563>.
- Khatimah, K., Syaukat Y. & Ismail, A. (2018). Analisis penilaian ekonomi gumuk pasir Parangtritis di Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, DIY. *Jurnal*

- Ekonomi dan Pembangunan Indonesia, 17(2), 138-150. DOI: <https://doi.org/10.21002/jepi.v17i2.03>.
- Kinanthi, M. (2022). Ecotourism sebagai adaptasi kegiatan pariwisata pasca pandemi (Kasus: Desa Wisata Brayut, Sleman, Yogyakarta). *SMART, Seminar on Architecture Research and Technology*, 6(1), 37-48. DOI: <https://doi.org/10.21460/smart.v6i1.181>.
- Laily, A.N., Sawiji, A. & Junaidi, R. (2019). Kajian dinamika penggunaan lahan zona inti gumuk pasir tipe barkhan pasca restorasi di Parangtritis, Bantul, Yogyakarta. *Seminar Nasional Geomatika 2018: Penggunaan dan Pengembangan Produk Informasi Geospasial Mendukung Daya Saing Nasional*, 3, 261-268. DOI: <https://doi.org/10.24895/sng.2018.3-0.965>.
- Laksono, A., Saputri, A.A., Pratiwi, C.I.B., Arkan, M.Z. & Putri, R.F. (2020). Vegetation covers change and its impact on barchan dune morphology in Parangtritis Coast, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 200,02026(2020), 1-6. The 1<sup>st</sup> Geosciences and Environmental Sciences Symposium (ICST 2020). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020002026>.
- Malawani, M.N., Mardiatno, D. & Sunarto. (2019). Sand transport characterization on the foredune area of Parangtritis, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 76,04007(2019), 1-5. The 4<sup>th</sup> International Conference on Science and Technology (ICST 2018). DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20197604007>.
- Masruroh, U. (2022). Pemulihan ekonomi masyarakat pasca pandemi melalui digitalisasi pemasaran produk dan jasa wisata. *Jurnal Pengabdian West Science*, 1(01), 42-50. Diakses dari: <https://wnj.westsciencepress.com/index.php/jpws/article/view/118/58>.
- Kem. ESDM (Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral). *Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Nomor 13.K/HK.1/MEM.G/2021 tentang Penetapan Warisan Geologi (Geoheritage) Daerah Istimewa Yogyakarta*. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral. Jakarta.
- Mutiara, I. & Agustian, E. (2022). Pentingnya literasi keuangan (*financial literacy*) bagi pengelolaan keuangan rumah tangga ditengah pandemi covid-19. *Journal of Sustainable Business Hub*, 3(1), 26-32. Diakses dari: <http://journal.pdmipusat.org/index.php/jsbh/article/view/63%0Ahttp://journal.pdmipusat.org/index.php/jsbh/article/download/63/52>.
- Ningrum, E.R., Laili, A., Yasiroh, I.I., Wardani, W.T.K., Al Tumus, M.G.R., Amri, I., Aditya, B. & Putri, R.F. (2021). Stakeholder analysis for controlling land utilization in Parangtritis sand dunes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 686(012019), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/686/1/012019>.
- Nurkukuh, D.K. & Candra, R. (2021). Dinamika peruntukkan lahan Kawasan Gumuk Pasir Parangtritis berdasarkan citra satelit. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVI Tahun 2021 (ReTII)*, 2021(November), 131-134. Diakses dari: <http://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII>.
- Putri, R.F., Wibirama, S., Mardiatno, D., Giyarsih, S.R. & Sumantyo, J.T.S. (2019). Investigating a conservation area based on tsunami hazard mapping in landuse planning of Sand Dune Parangtritis area, Yogyakarta, Indonesia. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences* 56(2): 7-18. Diakses dari: <https://ppaspk.org/index.php/PPAS-B/article/view/134>
- Mustika, T.P.M., Wulandari, A., Wulandari, S.L., Pahmi, P. & Amelia, R. (2022). Penerapan metode ordinary kriging terhadap pendugaan kriminalitas dalam upaya mengurangi aksi kejahatan di Kota Pangkalpinang dan Kabupaten Bangka. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat 2022*. Pangkalpinang, 11-12 Oktober 2022, Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung, 70-74. DOI: <https://doi.org/10.33019/snppm.v6i0.3692>.
- Pratiwi, Z. & Prakosa, A. (2021). Pengaruh media sosial, event pariwisata, dan fasilitas pelayanan terhadap minat berkunjung ulang di Sandboarding Gumuk Pasir Parangkusumo. *Jurnal Fokus Manajemen Bisnis*, 11(1), 74-94. DOI: <https://doi.org/10.12928/fokus.v11i1.3851>.
- Sari, Y.R., Marta, A., Wiranata, I.J. & Handayani, D.W. (2022). Peluang kolaborasi penta helix bagi pengembangan desa wisata di Provinsi Lampung. *JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 7(2), 119-135. DOI: <https://doi.org/10.14710/jiip.v7i2.14465>.
- Schrepp, M. (2020). On the usage of Cronbach's Alpha to measure reliability of UX Scales. *Journal of Usability Studies*, 15(4), 247-258. Diakses dari: [https://luxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS\\_Schrepp\\_Aug2020.pdf](https://luxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS_Schrepp_Aug2020.pdf).
- Sinuraya, S.I. (2022). Dampak klithih terhadap pariwisata dan pendidikan di Kabupaten Sleman. *Indonesian Governance Journal (Kajian Politik-Pemerintahan)*, 05(02), 129-141. DOI: <https://doi.org/10.24905/igj.5.2.2022.129-141>.
- Sunarto, Malawani, M.N., Fatchurohman, H. & Cahyadi, A. (2018). Identification of landscape disturbance in the Parangtritis sand dune area for sustainable environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 179(012030), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/179/1/012030>.
- Thies, C., Kieckhäfer, K., Spengler, T.S. & Sodhi, M.S. (2019). Operations research for sustainability assessment of products: A review. *European Journal of Operational Research*, 274(1), 1-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.039>.
- Widianto, H.W. (2019). Tanah untuk rakyat: Studi fenomenologi makna pengurusan penghuni gumuk pasir Parangtritis. *Jurnal Administrasi dan Kebijakan Publik*, 3(1), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.25077/jakp.3.1.1-18.2017>.
- Zheng, Z., Du, S., Taubenböck, H. & Zhang, X. (2022). Remote sensing techniques in the investigation of aeolian sand dunes: A review of recent advances. *Remote Sensing of Environment*, 271(2021), 112913, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112913>.