Indonesian Journal of Oceanography
November 2026, Vol 8 No 4: 425 - 436
ISSN: 2714-8726

Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Sentinel-2A Di Gili Air Pada Tahun 2015 - 2025

Moh. Wahyu Al Malik, Rhojim Wahyudi, Yulianto Suteja*

[1]Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No.62, Gomong, Kec. Selaparang, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125 Indonesia
Email: *yuliantosuteja@staff.unram.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan garis pantai Gili Air selama periode 2015-2025 menggunakan citra Sentinel-2A dan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), serta mengidentifikasi pola spasial abrasi dan akresi berdasarkan parameter *Shoreline Change Envelope* (SCE) dan *End Point Rate* (EPR). Ekstraksi garis pantai dilakukan menggunakan *Normalized Difference Water Index* (NDWI), sedangkan posisi garis pantai dikoreksi terhadap datum *Mean Sea Level* (MSL) berdasarkan kondisi pasang surut saat perekaman citra. Kemiringan pantai diukur pada 18 stasiun menggunakan waterpass dan roll meter, kemudian dihitung melalui perhitungan trigonometri berdasarkan perbandingan beda tinggi dan jarak horizontal. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan garis pantai bervariasi antarstasiun, dengan abrasi lebih banyak ditemukan di bagian utara dan akresi lebih banyak ditemukan di bagian selatan Gili Air. Akresi terbesar terjadi pada Stasiun C dengan nilai SCE sebesar 46 m dan EPR +4,6 m/tahun, sedangkan abrasi terbesar terjadi pada Stasiun L dengan SCE sebesar 42 m dan EPR -4,2 m/tahun. Analisis korelasi Spearman menunjukkan hubungan yang sangat lemah dan tidak signifikan antara kemiringan pantai dengan *Net Shoreline Movement* (NSM) maupun EPR. Variasi perubahan garis pantai pada beberapa segmen konsisten dengan perbedaan karakteristik pesisir dan keterpaparan terhadap perairan terbuka, namun hubungan tersebut masih perlu dikonfirmasi melalui analisis hidro-oseanografi dan ekologi pesisir secara kuantitatif.

Kata kunci : Perubahan Garis Pantai, DSAS, Sentinel-2A, Gili Air, Kemiringan Pantai

Abstract

Analysis of Shoreline Changes Using Sentinel-2A Imagery in Gili Air, 2015–2025

This study aimed to analyze shoreline changes in Gili Air from 2015–2025 using Sentinel-2A imagery and the Digital Shoreline Analysis System (DSAS), and to identify patterns of erosion and accretion based on Shoreline Change Envelope (SCE) and End Point Rate (EPR). Shorelines were extracted using the Normalized Difference Water Index (NDWI), while positions were corrected to the Mean Sea Level (MSL) datum based on tidal conditions during image acquisition. Beach slopes were measured at 18 stations using a waterpass and measuring tape, calculated using trigonometric methods based on vertical elevation differences and horizontal distances. The results showed varied shoreline changes among stations, with erosion occurring mainly in the northern part and accretion in the southern part of Gili Air. The largest accretion occurred at Station C, with an SCE of 46 m and an EPR of +4.6 m/year, while the largest erosion occurred at Station L, with an SCE of 42 m and an EPR of -4.2 m/year. Spearman correlation analysis indicated very weak and statistically insignificant relationships between beach slope and both Net Shoreline Movement (NSM) and EPR. *The shoreline variations were consistent with coastal characteristics and exposure to open waters; however, these relationships require confirmation through hydro-oceanographic and coastal ecological analyses.*

Keywords: *Shoreline Change, DSAS, Sentinel-2A, Gili Air, Beach Slope*

PENDAHULUAN

Garis pantai merupakan batas pertemuan antara daratan dan lautan yang bersifat dinamis dan senantiasa berubah akibat interaksi berbagai proses pesisir. Perubahan tersebut dapat berupa abrasi maupun akresi yang dipengaruhi oleh pergerakan dan distribusi sedimen, aktivitas gelombang, arus sejajar pantai, fluktuasi muka laut, serta perubahan pemanfaatan wilayah pesisir (Arief *et al*., 2011; Darmiati *et al*., 2020). Oleh karena itu, pemantauan dinamika garis pantai penting dilakukan untuk memahami pola perubahan spasial suatu wilayah pesisir dan mendukung pengelolaannya secara berkelanjutan.

https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijoce
DOI: 10.14710/ijoce.v8i4.34142
Diterima/Received: 11-08-2026
Disetujui/Accepted: 28-10-2026

 ISSN: 2714-8726

Gili Air merupakan salah satu pulau kecil dalam kawasan Gili Matra, Kabupaten Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat, dengan karakteristik perairan dangkal, ekosistem terumbu karang, serta aktivitas pariwisata bahari yang berkembang pesat. Perkembangan kawasan wisata dan pembangunan fasilitas di sekitar pesisir berpotensi meningkatkan tekanan terhadap lingkungan pantai serta memengaruhi kondisi hidrodinamika dan distribusi sedimen (Kurniawan *et al*., 2016). Selain aktivitas antropogenik, karakteristik geomorfologi dan ekosistem pesisir turut berperan dalam membentuk respons garis pantai terhadap energi gelombang dan proses transpor sedimen. Pada pulau-pulau karang, keberadaan *reef flat* dan terumbu karang dapat memengaruhi disipasi energi gelombang sebelum mencapai garis pantai, sementara ekosistem lamun berperan dalam menangkap dan menstabilkan sedimen. Bramante *et al*. (2020) menunjukkan bahwa karakteristik *reef flat* dan *fore reef* berhubungan dengan pola transpor sedimen pada pulau atol, sedangkan Costa *et al*. (2019) menjelaskan bahwa interaksi antara gelombang dan struktur terumbu memengaruhi kestabilan pulau karang. Dengan demikian, perubahan garis pantai pada pulau kecil seperti Gili Air tidak semata-mata ditentukan oleh kemiringan pantai, melainkan juga merupakan hasil interaksi antara proses hidro-oseanografi, karakteristik geomorfologi, dan keberadaan ekosistem pesisir.

Pemantauan perubahan garis pantai dapat dilakukan menggunakan teknologi penginderaan jauh karena mampu menyediakan data spasial pada wilayah yang luas serta memungkinkan perbandingan kondisi antarwaktu. Citra Sentinel-2A memiliki resolusi spasial yang sesuai untuk pemetaan wilayah pesisir dan telah banyak digunakan dalam penelitian perubahan garis pantai. Analisis lebih lanjut dapat dilakukan menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) untuk memperoleh parameter kuantitatif seperti *Shoreline Change Envelope* (SCE), *Net Shoreline Movement* (NSM), dan *End Point Rate* (EPR). Pendekatan integrasi citra Sentinel-2A dan DSAS telah diterapkan pada kajian perubahan garis pantai di pulau-pulau kecil Indonesia, seperti Karimunjawa, untuk mengidentifikasi distribusi spasial abrasi dan akresi (Alwi *et al*., 2023). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kombinasi citra Sentinel-2 dan DSAS efektif digunakan untuk mengidentifikasi variasi perubahan garis pantai pada segmen dengan kondisi hidro-oseanografi dan karakteristik pesisir yang berbeda.

Meskipun metode penginderaan jauh dan DSAS telah banyak digunakan untuk menganalisis perubahan garis pantai, kajian yang secara khusus menggambarkan dinamika garis pantai Gili Air dalam rentang waktu 2015-2025 menggunakan citra Sentinel-2A masih terbatas. Karakteristik Gili Air sebagai pulau kecil dengan aktivitas pariwisata serta keberadaan *reef flat*, terumbu karang, dan padang lamun turut menyebabkan pola perubahan garis pantai berpotensi berbeda antarsegmen. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang tidak hanya mengukur besaran perubahan garis pantai secara kuantitatif, tetapi juga menggambarkan pola spasial abrasi dan akresi pada setiap segmen pesisir Gili Air.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai Gili Air selama periode 2015-2025 menggunakan citra Sentinel-2A dan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), serta mengidentifikasi pola spasial abrasi dan akresi berdasarkan parameter SCE dan EPR. Penelitian ini juga mempertimbangkan kondisi pasang surut sebagai bagian dari interpretasi posisi garis pantai terhadap *Mean Sea Level* (MSL). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai dinamika perubahan garis pantai pada setiap segmen Gili Air serta menjadi data dasar bagi pengelolaan wilayah pesisir dan upaya mitigasi abrasi di Kabupaten Lombok Utara.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada kawasan pesisir Gili Air, Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat, pada April 2026. Wilayah penelitian dibagi menjadi 18 stasiun pengamatan yang dikelompokkan ke dalam empat zona pesisir, yaitu Zona Selatan yang meliputi Stasiun A, B, C, D, dan R; Zona Barat yang meliputi Stasiun E, F, G, dan H; Zona Utara yang meliputi Stasiun I, J, K, dan L; serta Zona Timur yang meliputi Stasiun M, N, O, P, dan Q. Penentuan stasiun dilakukan secara sistematis mengikuti distribusi garis pantai agar mewakili seluruh sisi pulau dan variasi morfologi pantai.

Data utama yang digunakan adalah citra Sentinel-2A tahun 2015 dan 2025 yang diunduh melalui *platform Copernicus*. Citra yang digunakan adalah citra pada tanggal 11 Oktober 2015 dan 17 November 2025, Citra Sentinel-2A diproyeksikan ke sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) Zona 50S. Sentinel-2A memiliki 13 kanal spektral dengan resolusi spasial 10, 20, dan 60 m. Pada penelitian ini digunakan kanal B3 (*green*) dan B8 (*near infrared*/NIR), yang keduanya memiliki resolusi spasial 10 m. Ekstraksi garis pantai dilakukan menggunakan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) yang dikembangkan oleh

 ISSN: 2714-8726

McFeeters (1996). NDWI digunakan untuk meningkatkan kontras antara daratan dan perairan berdasarkan perbedaan respons spektral pada kanal hijau dan inframerah dekat. Nilai NDWI dihitung menggunakan persamaan:

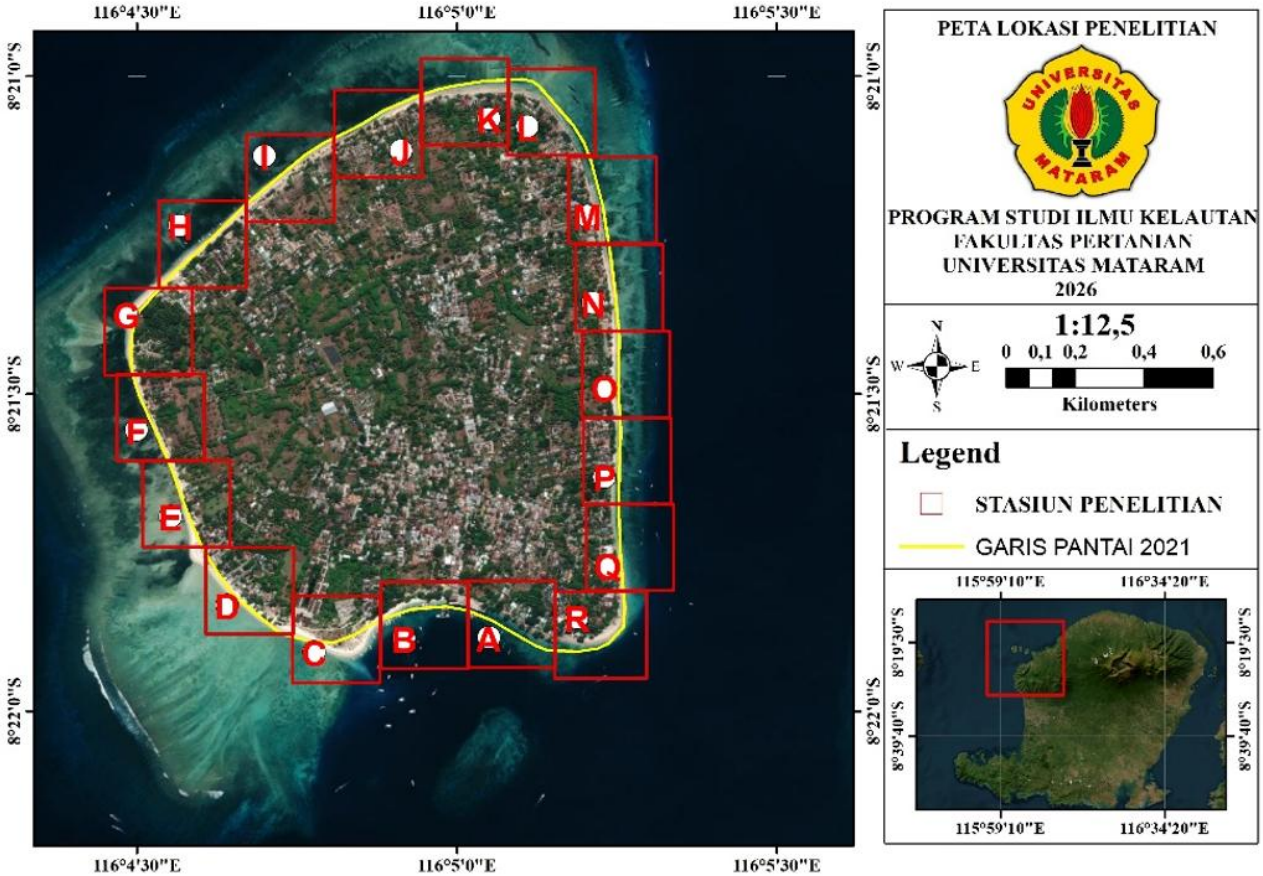
$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$$

Green adalah nilai spektral kanal hijau dan NIR adalah nilai spektral inframerah dekat. NDWI dipilih karena mampu menghasilkan kontras yang tinggi antara area perairan dan daratan sehingga proses delineasi garis pantai dapat dilakukan secara konsisten pada kedua periode citra, dan lebih representatif untuk wilayah pesisir pulau kecil yang relatif minim gangguan objek terbangun dibandingkan indeks air lain seperti MNDWI dan AWEI (Gusa, 2013).

Data pasang surut dianalisis menggunakan metode Admiralty berdasarkan data selama 15 hari pada masing-masing periode pengamatan. Data tahun 2015 diperoleh dari layanan prediksi pasang surut pada portal *Sea Level Rise and Geodynamics Indonesia* (SRGI) Badan Informasi Geospasial (BIG) yang menggunakan model EOT20, sedangkan data tahun 2025 diperoleh dari hasil pengamatan Stasiun Pasang Surut Pemenang. Perbedaan sumber data tersebut disebabkan oleh ketersediaan data pasang surut pada masing-masing periode, karena Stasiun Pasang Surut Pemenang mulai beroperasi pada tahun 2020 sehingga data observasi langsung belum tersedia untuk periode 2015.

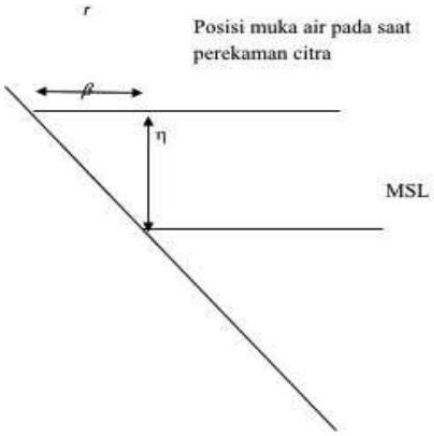
Stasiun Pasang Surut Pemenang digunakan sebagai sumber data observasi karena merupakan stasiun pasang surut yang tersedia dan berada pada wilayah yang berdekatan dengan lokasi penelitian. Jarak antara Stasiun Pasang Surut Pemenang dan Gili Air adalah sekitar 3,5 km. Data pasang surut digunakan untuk mengetahui kondisi muka air laut pada waktu perekaman citra dan sebagai dasar koreksi posisi garis pantai terhadap datum MSL. Analisis harmonik dilakukan untuk memperoleh konstanta pasang surut dan menentukan tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl (F) (Pasaribu *et al*., 2022):

$$F = (K1 + O1) / (M2 + S2)$$



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

 ISSN: 2714-8726



Gambar 2. Ilustrasi Perhitungan Tinggi Muka Air Laut Dengan Waktu Pengambilan Citra Satelit (Darmiati, 2020)

K1 dan O1 merupakan amplitudo komponen pasang surut tunggal utama, sedangkan M2 dan S2 merupakan amplitudo komponen pasang surut ganda utama. Interval data yang digunakan dalam analisis disesuaikan dengan data pasang surut yang tersedia pada masing-masing periode, sedangkan waktu pengamatan mengacu pada waktu lokal wilayah penelitian, yaitu Waktu Indonesia Tengah (WITA, UTC+8).

Perbedaan hasil analisis pasang surut antara tahun 2015 dan 2025 diinterpretasikan dengan mempertimbangkan perbedaan sumber data. Data tahun 2015 merupakan hasil prediksi berbasis model EOT20, sedangkan data tahun 2025 merupakan hasil pengamatan langsung di Stasiun Pasang Surut Pemenang. Oleh karena itu, perbedaan nilai konstanta harmonik maupun klasifikasi tipe pasang surut antara kedua periode tidak secara langsung diinterpretasikan sebagai perubahan karakteristik pasang surut di Gili Air. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh perbedaan metode dan sumber data yang digunakan. Dalam penelitian ini, fokus penggunaan data pasang surut adalah untuk memperoleh kondisi muka air pada saat perekaman citra serta menyeragamkan posisi garis pantai terhadap datum MSL sebelum dilakukan analisis DSAS.

MSL merupakan muka air laut rata-rata yang digunakan sebagai datum vertikal acuan. Dalam penelitian ini, MSL digunakan untuk menyeragamkan referensi vertikal posisi garis pantai yang diperoleh dari citra pada waktu perekaman yang berbeda. Hal tersebut diperlukan karena garis pantai yang teridentifikasi pada citra satelit merupakan posisi batas darat-laut pada kondisi muka air laut sesaat ketika citra direkam. Perbedaan tinggi muka air laut terhadap MSL dapat menyebabkan perbedaan posisi horizontal garis pantai, terutama pada pantai dengan kemiringan yang relatif landai. Selisih antara tinggi muka air laut saat perekaman citra dengan nilai MSL dikonversi menjadi pergeseran horizontal garis pantai (r) melalui persamaan Nurjaya (2020):

$$r = \eta / tan\ \beta$$

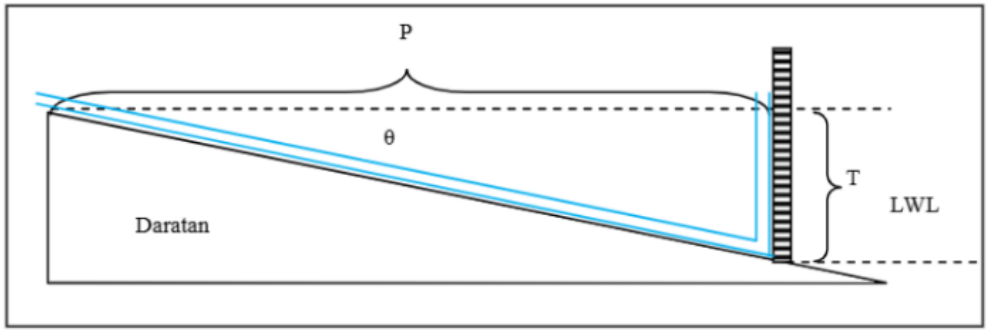
dengan (r) merupakan pergeseran horizontal garis pantai (m), (η) merupakan selisih elevasi muka air laut terhadap MSL (m), dan ($tan\ \beta$) merupakan sudut kemiringan pantai (°). Nilai pergeseran dihitung pada masing-masing stasiun berdasarkan kondisi muka air laut saat perekaman citra dan kemiringan pantai setempat. Selanjutnya, garis pantai tahun 2015 dan 2025 dikoreksi terhadap MSL sebelum digunakan dalam analisis perubahan garis pantai menggunakan DSAS.

Kemiringan pantai diukur secara langsung pada 18 stasiun pengamatan menggunakan waterpass dan roll meter. Waterpass digunakan untuk memperoleh beda tinggi vertikal antar titik pengukuran, sedangkan roll meter digunakan untuk mengukur jarak horizontal sepanjang profil pantai. Kemiringan pantai dihitung menggunakan fungsi tangen berdasarkan perbandingan beda tinggi vertikal (T) dan jarak horizontal (P). Secara matematis, hubungan tersebut dinyatakan sebagai:

$$Tan\ \theta = Tinggi\ Vertikal / Panjang\ Horizontal$$

Hasil pengukuran kemiringan kemudian diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng Van Zuidam (1985). Dalam analisis, profil pantai dibedakan antara pantai alami dan pantai terbangun. Profil pantai alami digunakan untuk menggambarkan kemiringan morfologi pantai, sedangkan lokasi yang memiliki struktur revetment tidak digunakan sebagai representasi kemiringan alami karena nilai kemiringannya dapat lebih merepresentasikan geometri struktur pelindung pantai.

 ISSN: 2714-8726



Gambar 3. Ilustrasi Pengukuran Kemiringan Pantai Metode Blong (Dackombe Dan Gardiner, 1983 dalam Cahyanto *et al*., 2014)

Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) pada ArcGIS 10.8. Analisis dilakukan dengan menggunakan dua posisi garis pantai hasil ekstraksi citra Sentinel-2A tahun 2015 dan 2025. Baseline digunakan sebagai garis acuan dalam pembuatan transek yang memotong garis pantai secara tegak lurus. Transek dibuat dengan jarak antartransek sebesar 10 m, dengan panjang *baseline* sebesar 25 m dan jumlah transek sebanyak 502.

Arah transek ditentukan secara tegak lurus terhadap baseline untuk memperoleh jarak perubahan garis pantai pada setiap lokasi pengamatan. Nilai perubahan garis pantai dianalisis menggunakan Shoreline Change Envelope (SCE), NSM, dan EPR. SCE digunakan untuk mengetahui jarak perubahan maksimum antara posisi garis pantai, sedangkan NSM menunjukkan jarak perubahan antara garis pantai tahun 2015 dan 2025. EPR digunakan untuk menghitung laju perubahan posisi garis pantai berdasarkan selisih posisi garis pantai pada kedua tahun pengamatan dibagi interval waktu pengamatan (Akhmad *et al*., 2018). Karena penelitian hanya menggunakan dua tanggal citra, nilai EPR dalam penelitian ini diinterpretasikan sebagai laju perubahan endpoint antara tahun 2015 dan 2025, bukan sebagai kecenderungan perubahan garis pantai jangka panjang.

$$EPR = X / T$$

X adalah jarak perubahan garis pantai (m) dan T adalah rentang waktu pengamatan (10 tahun). Nilai EPR positif menunjukkan akresi, sedangkan nilai negatif menunjukkan abrasi.

Analisis korelasi Spearman digunakan untuk mengetahui hubungan antara kemiringan pantai dengan perubahan garis pantai yang direpresentasikan oleh nilai *NSM* dan EPR. Analisis dilakukan menggunakan koefisien korelasi Spearman berdasarkan peringkat (rank) masing-masing variabel. Koefisien korelasi Spearman dihitung menggunakan persamaan:

$$rs = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2-1)}$$

keterangan, rs adalah koefisien korelasi Spearman, d_i adalah selisih antara variabel X dan Y, n adalah jumlah pasangan data, $\sum d_i^2$ adalah jumlah kuadrat selisih peringkat.

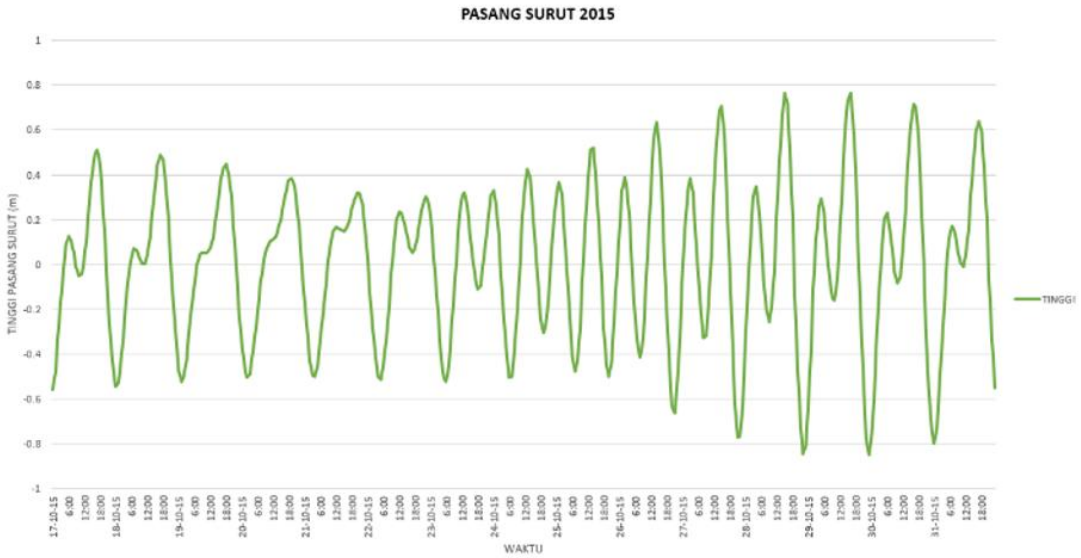
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data pasang surut yang diperoleh dari portal BIG *Sea Level Rise and Geodynamics Indonesia* (SRGI). Data diolah selama 15 hari untuk masing-masing tahun pengamatan, yaitu tahun 2015 pasang surut yang diambil pada saat akuisisi citra pada tanggal 11-10-2015 dan 2025 diambil pada tanggal 17-11-2025. Data pasang surut dianalisis menggunakan metode Admiralty 15 hari untuk memperoleh konstanta harmonik pasang surut serta menentukan tipe pasang surut berdasarkan nilai Formzhal. Kondisi pasang surut di wilayah Gili Air pada tahun 2015 dan 2025. Ini menunjukkan adanya pola fluktuasi muka air laut yang berbeda (Gambar 4 & 5).

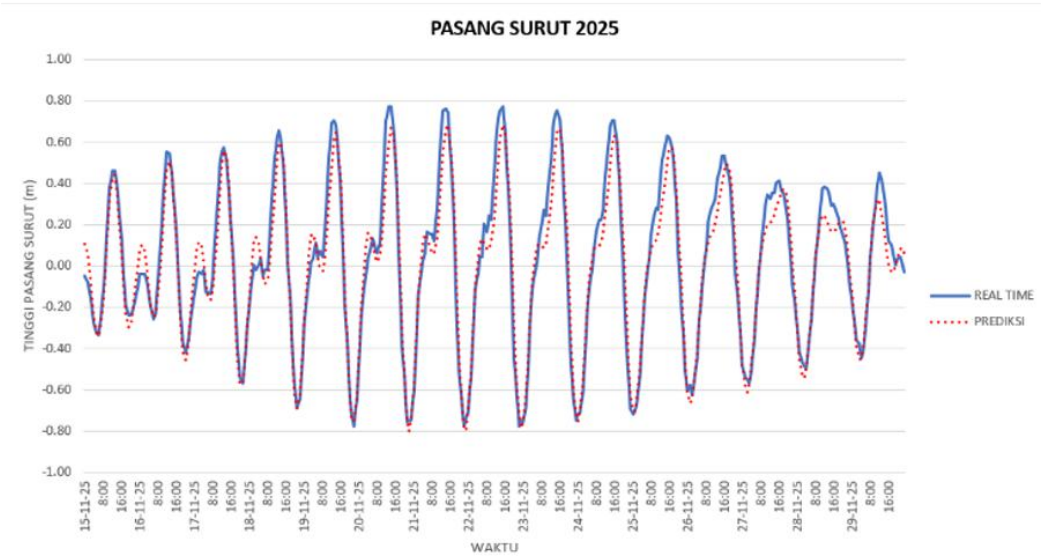
Pasang surut tahun 2015 maupun 2025 (Gambar 4 dan Gambar 5). Berdasarkan hasil analisis harmonik menggunakan metode Admiralty, diperoleh nilai Formzahl sebesar 0,66 pada tahun 2015 dan 1,52 pada tahun 2025. Nilai Formzahl tahun 2015 termasuk dalam kategori *mixed tide prevailing semidiurnal* (pasang surut campuran condong ke harian ganda), sedangkan nilai Formzahl tahun 2025 termasuk dalam kategori *mixed tide prevailing diurnal* (pasang surut campuran condong ke harian tunggal). Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan dominasi konstituen harmonik pada masing-masing perode pengamatan.

 ISSN: 2714-8726

Perbedaan tipe pasang surut Gili Air antara tahun 2015 (*mixed tide prevailing semidiurnal*) dan tahun 2025 (*mixed tide prevailing diurnal*) lebih mungkin berkaitan dengan perbedaan sumber data yang digunakan. Data tahun 2015 diperoleh dari layanan prediksi pasang surut SRGI BIG berbasis model EOT20, sedangkan data tahun 2025 berasal dari hasil observasi langsung Stasiun Pasang Surut Pemenang yang mulai beroperasi pada tahun 2020. Pola serupa juga dilaporkan oleh Umam dkk. (2019), yang menemukan bahwa data model global dan data observasi lokal pada lokasi yang sama dapat menghasilkan nilai konstanta harmonik dan bilangan Formzahl yang berbeda; pada studi tersebut, perairan Marina Ancol bahkan menunjukkan pergeseran klasifikasi tipe pasang surut dari campuran condong harian tunggal (Formzahl =2,69) berdasarkan data prediksi model global menjadi harian tunggal (Formzahl =4,53) berdasarkan data observasi lapangan. Pada penelitian ini, perubahan nilai Formzahl terjadi karena meningkatnya proporsi komponen diurnal (K1 dan O1) terhadap komponen semidiurnal (M2 dan S2), sementara rentang pasang surut kedua periode relatif serupa. Perbedaan tipe pasang surut tersebut diinterpretasikan sebagai konsekuensi dari perbedaan sumber data (prediksi dan observasi), bukan sebagai perubahan permanen karakteristik pasang surut di perairan Gili Air.

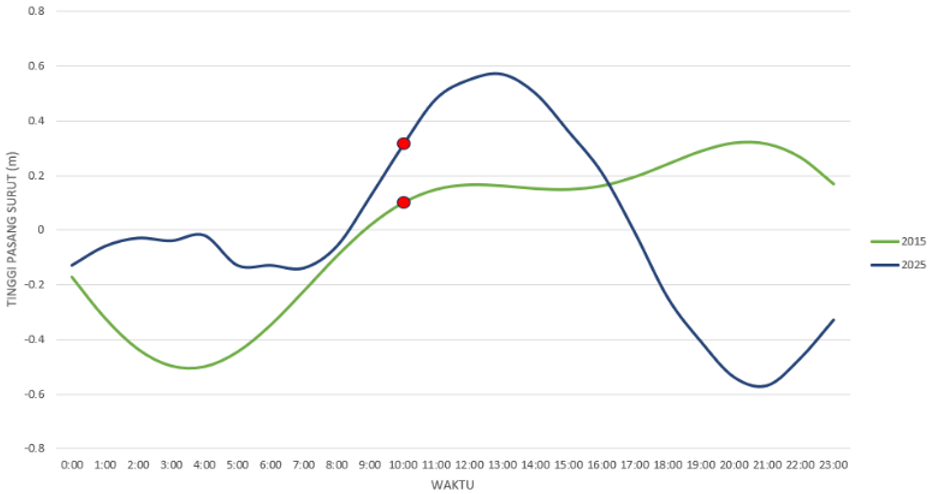


Gambar 4. Pasang Surut Pada tahun 2015



Gambar 5. Pasang Surut Pada tahun 2025

 ISSN: 2714-8726



Gambar 6. Tinggi Muka Air Laut Pada Saat Akuisisi Citra

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa rentang fluktuasi muka air laut pada tahun 2015 dan 2025 relatif tidak berbeda jauh. Pada tahun 2015 diperoleh nilai *High Water Level* (HWL) sebesar 0,76 m dan *Low Water Level* (LWL) sebesar -0,85 m, sedangkan pada tahun 2025 nilai HWL sebesar 0,77 m dan LWL sebesar -0,78 m. Berdasarkan nilai tersebut, rentang pasang surut pada tahun 2015 mencapai 1,61 m, sedikit lebih besar dibandingkan tahun 2025 yang memiliki rentang sebesar 1,55 m. Perbedaan rentang pasang surut yang hanya sebesar 0,06 m menunjukkan bahwa variasi elevasi muka air laut pada kedua periode pengamatan relatif tidak berbeda secara nyata.

Nilai *MSL* hasil pengolahan menunjukkan pada tahun 2015 sebesar 0,003 m (Gambar 11) dan tahun 2025 sebesar 0,019 m (Gambar 12), menunjukkan bahwa rata-rata muka air laut Gili Air relatif mendekati titik nol elevasi. Pada saat perekaman citra Sentinel-2A, tinggi muka air laut tahun 2015 tercatat sebesar 0,10 m dan tahun 2025 sebesar 0,31 m, sehingga keduanya berada di atas nilai MSL. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa citra direkam ketika muka air laut berada pada fase menuju pasang hingga pasang, sehingga posisi garis pantai yang terekam merupakan garis pantai sesaat (*instantaneous shoreline*).

Meskipun hasil klasifikasi tipe pasang surut menunjukkan perbedaan antara tahun 2015 dan 2025, kondisi tersebut tidak memengaruhi interpretasi perubahan garis pantai karena seluruh garis pantai telah dikoreksi terhadap datum *MSL*. Koreksi tersebut menghasilkan pergeseran horizontal garis pantai, yang menunjukkan adanya pengaruh kondisi pasang surut saat akuisisi citra terhadap posisi garis pantai hasil interpretasi. Menurut penelitian Sasmito & Suprayogi (2019) menegaskan bahwa posisi garis pantai hasil interpretasi citra satelit merepresentasikan kondisi muka air sesaat pada waktu perekaman, sehingga tanpa koreksi terhadap datum referensi seperti MSL, posisi garis pantai antar periode citra tidak dapat dibandingkan secara akurat karena turut merekam pengaruh fluktuasi pasang surut, bukan murni perubahan morfologi pantai. Sehingga koreksi terhadap MSL diperlukan untuk mengurangi bias akibat perbedaan tinggi muka air laut saat perekaman citra, sehingga hasil analisis perubahan garis pantai menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) lebih merepresentasikan perubahan morfologi pantai selama periode 2015-2025 dibandingkan pengaruh fluktuasi pasang surut sesaat.

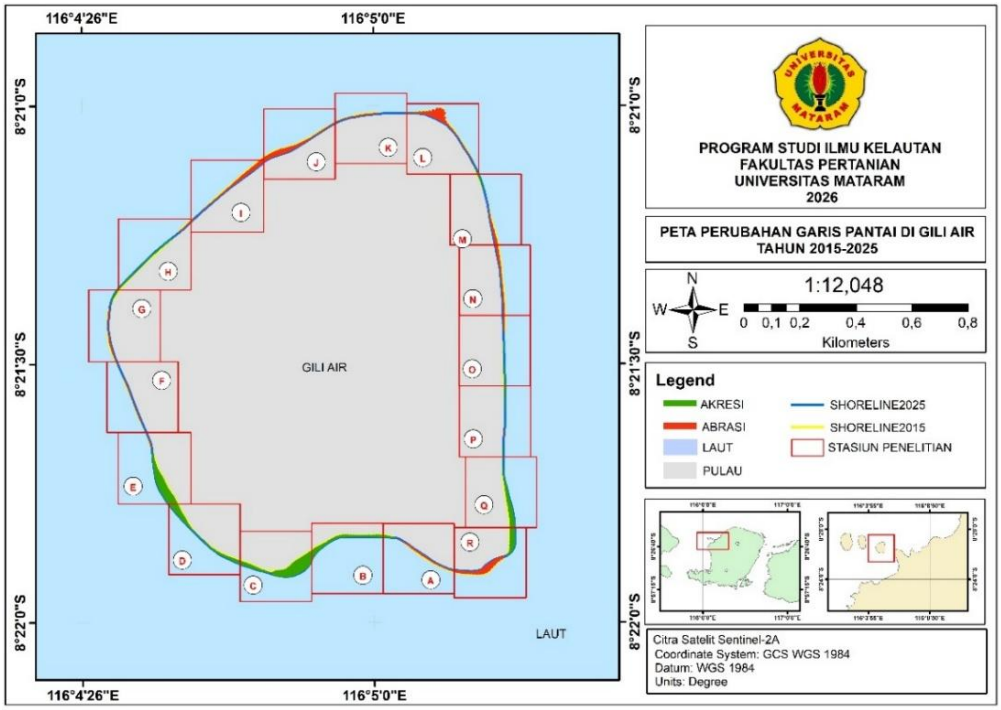
Selisih antara tinggi muka air laut pada saat perekaman citra dan nilai *MSL* menghasilkan nilai koreksi pasang surut sebesar 0,09 m pada tahun 2015 dan 0,46 m pada tahun 2025. Perbedaan elevasi muka air laut ini berpengaruh terhadap posisi garis pantai hasil interpretasi citra satelit, karena semakin tinggi muka air laut saat perekaman maka posisi garis pantai cenderung bergeser ke arah daratan.

Hasil pengukuran pada 18 stasiun menunjukkan sudut kemiringan pantai Gili Air berkisar antara 7,18°-73,30° (Tabel 1). Berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1985), sebagian besar stasiun termasuk kategori agak curam dengan kisaran 8°-9°, sedangkan kategori curam ekstrem hanya dijumpai pada Stasiun A dan P yang merupakan pantai terbangun (*revetment*). Pada pantai alami, Stasiun D dan F memiliki kemiringan terbesar (11,64° dan 10,54°, kategori curam), sedangkan Stasiun C dan R memiliki kemiringan terkecil (7,18° dan 7,86°, kategori miring). Variasi ini menurut Astuti *et al*. (2021) dipengaruhi oleh interaksi gelombang, arus dekat pantai, dan proses transport sedimen yang bekerja berbeda pada setiap segmen pantai.

 ISSN: 2714-8726

Tabel 1. Kemiringan Pantai dan pergeseran Horizontal Koreksi MSL

Zona	Stasiun	Sudut (°)	Kategori (Van Zuidam, 1985)	Pergeseran Horizontal 2015/2025 (m)
Selatan	A, B, C, D, R	7,18 - 73,30	Miring - Curam Ekstrem	0,03-0,7 / 0,2-3,7
Barat	E, F, G, H	8,42 - 10,54	Agak Curam - Curam	0,5-0,6 / 2,5-3,1
Utara	I, J, K, L	8,31 - 9,20	Agak Curam	0,5-0,6 / 2,8-3,2
Timur	M, N, O, P, Q	7,86 - 73,30	Agak Curam - Curam Ekstrem	0,03-0,6 / 0,1-3,2



Gambar 7. Peta Perubahan Garis Pantai Gili Air.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemiringan pantai bukan merupakan faktor utama yang mengendalikan abrasi maupun akresi di Gili Air. Hal ini terlihat pada stasiun C dan R yang sama-sama memiliki kemiringan relatif landai, namun menunjukkan respons berbeda, yaitu akresi pada Stasiun C dan abrasi pada Stasiun R, sedangkan Stasiun D yang lebih curam tetap mengalami akresi. Temuan ini sejalan dengan Pearson *et al*. (2017) yang melalui simulasi numerik pada pantai berasosiasi terumbu karang menemukan bahwa kedalaman air di atas *reef flat* dan kondisi gelombang datang menjadi faktor yang lebih menentukan hidrodinamika pesisir dibandingkan kemiringan pantai. Hasil ini juga sejalan dengan Solihuddin *et al*. (2020) yang menyimpulkan bahwa pada kawasan pulau kecil di Indonesia, perlindungan alami dari struktur terumbu lebih menentukan arah respon garis pantai dibandingkan morfologi kemiringannya.

Meskipun bukan faktor utama abrasi-akresi, kemiringan pantai berperan penting dalam koreksi posisi garis pantai terhadap datum MSL. Pantai yang lebih landai menghasilkan pergeseran horizontal lebih besar untuk perubahan elevasi muka air laut yang sama, sebagaimana terlihat pada Stasiun C yang memiliki pergeseran horizontal terbesar, sedangkan Stasiun A dan P yang berkemiringan sangat curam hanya mengalami pergeseran kecil (Tabel 1). Hubungan antara kemiringan pantai dan pergeseran horizontal inilah yang menjadi dasar koreksi garis pantai terhadap pasang surut (Vos *et al*., 2019) sebelum dianalisis lebih lanjut menggunakan DSAS.

Hasil analisis DSAS menunjukkan pola perubahan garis pantai yang bervariasi antar zona pesisir Gili Air (Tabel 2). Perubahan terbesar berupa akresi terjadi pada Stasiun C (SCE 46 m; EPR +4,6 m/tahun), sedangkan abrasi terbesar terjadi pada Stasiun L (SCE 42 m; EPR -4,2 m/tahun).

 ISSN: 2714-8726

Tabel 2. Nilai *Shoreline Change Envelope* (SCE) dan *End Point Rate* (EPR) pada setiap zona pesisir Gili Air

Stasiun	Keterangan	NSM (m)	SCE (m)	EPR (m/tahun)
A	Abrasi	6	6	-0,6
B	Akresi	20	20	+2,0
C	Akresi	46	46	+4,6
D	Akresi	28	28	+2,8
E	Akresi	31	31	+3,1
F	Abrasi	1	1	-0,1
G	Abrasi	5	5	-0,1
H	Akresi	5	5	+0,5
I	Abrasi	13	13	-1,3
J	Abrasi	18	18	-1,8
K	Abrasi	4	4	-0,4
L	Abrasi	42	42	-4,2
M	Abrasi	10	10	-1,0
N	Abrasi	10	10	-1,0
O	Akresi	5	5	+0,5
P	Akresi	1	1	+0,1
Q	Akresi	16	16	+1,6
R	Abrasi	23	23	-2,3

Bagian utara Gili Air (Stasiun I, J, K, dan L) secara konsisten menunjukkan pola abrasi, dengan nilai terbesar pada Stasiun L. Secara geografis, segmen ini berhadapan langsung dengan perairan terbuka sehingga diduga menerima paparan energi gelombang yang lebih besar dibandingkan segmen lain. Bramante *et al*. (2020) menjelaskan bahwa pada pulau kecil yang berasosiasi dengan terumbu, paparan terhadap gelombang laut terbuka dapat meningkatkan intensitas transpor sedimen. Karakteristik paparan pantai di bagian utara ini diduga turut berkontribusi terhadap pola abrasi yang teramati, meskipun hubungan tersebut belum dapat dibuktikan secara langsung mengingat penelitian ini tidak mencakup analisis data gelombang dan arus.

Bagian selatan Gili Air (Stasiun A, B, C, D, dan R) menunjukkan pola yang lebih heterogen (Stasiun B, C, dan D) mengalami akresi dengan nilai terbesar pada Stasiun C sementara Stasiun A dan R justru mengalami abrasi. Kedua stasiun yang mengalami abrasi tersebut terletak pada bagian tanjung (*headland*) yang, berdasarkan kondisi lapangan, tidak memiliki hamparan *reef flat*, padang lamun, maupun terumbu karang di depan pantainya. Ketiadaan pelindung alami ini secara teoritis dapat menghasilkan karakteristik paparan gelombang yang berbeda dibandingkan segmen pantai lain yang lebih terlindungi. Sejalan dengan hal tersebut, Costa *et al*. (2019) menjelaskan bahwa variasi topografi terumbu dan refraksi gelombang pada *reef island* dapat memengaruhi distribusi energi gelombang di sepanjang garis pantai. Perbedaan kondisi antara Stasiun A dan R dengan stasiun-stasiun lain di segmen selatan dengan demikian dapat menjadi salah satu interpretasi terhadap variasi perubahan garis pantai yang teramati, meskipun belum dapat disimpulkan sebagai hubungan sebab-akibat dalam penelitian ini.

Akresi terbesar tercatat pada Stasiun C dengan nilai EPR sebesar +4,6 m/tahun. Segmen ini dicirikan oleh hamparan *reef flat* yang relatif dangkal serta keberadaan terumbu karang dan padang lamun di perairan depan pantai. Secara konseptual, struktur terumbu dan vegetasi lamun berpotensi memengaruhi disipasi energi gelombang sekaligus retensi sedimen di sekitar pantai (Rosenberger *et al*., 2020; Bramante *et al*., 2020). Kondisi ini dapat menjadi salah satu interpretasi terhadap terjadinya akresi di Stasiun C, meskipun kontribusi relatif masing-masing komponen—terumbu, lamun, dan *reef flat* belum dapat dipastikan tanpa analisis kuantitatif terhadap gelombang, batimetri, dan tutupan habitat.

Bagian barat dan timur Gili Air menunjukkan perubahan posisi garis pantai yang relatif lebih kecil dibandingkan segmen dengan perubahan ekstrem di utara dan selatan. Beberapa segmen pada kedua bagian ini masih memiliki hamparan *reef flat*, terumbu karang, dan padang lamun, yang secara teoritis berperan dalam disipasi energi gelombang dan peningkatan retensi sedimen (Solihuddin *et al*., 2020). Keberadaan komponen ekosistem tersebut berpotensi berkaitan dengan relatif kecilnya perubahan garis pantai pada segmen ini, meskipun interpretasi ini belum didukung oleh pengukuran langsung terhadap kondisi hidro-oseanografi dan tutupan habitat.

 ISSN: 2714-8726

Tabel 3. Uji Korelasi Spearman

Variabel	n	ρ Spearman	p-value	Interpretasi
Kemiringan x NSM	16	-0,100	0,713	Korelasi negatif sangat lemah, tidak signifikan
Kemiringan x EPR	16	0,047	0,864	Korelasi positif sangat lemah, tidak signifikan

Secara keseluruhan, variasi abrasi dan akresi di Gili Air mencerminkan perbedaan respons antarsegmen pantai yang tidak seragam. Keberadaan *reef flat*, terumbu karang, dan padang lamun, serta tingkat keterpaparan pantai terhadap perairan terbuka, dapat dipertimbangkan sebagai faktor yang berpotensi berkaitan dengan variasi tersebut berdasarkan kajian literatur dan kondisi lapangan. Namun demikian, faktor-faktor tersebut belum dapat ditetapkan sebagai penyebab langsung perubahan garis pantai, mengingat penelitian ini tidak melibatkan analisis kuantitatif terhadap data gelombang, arus, batimetri, dan tutupan habitat. Kajian lanjutan yang mengintegrasikan parameter hidro-oseanografi dan ekologi pesisir tersebut diperlukan untuk mengonfirmasi hubungan sebab-akibat yang diusulkan dalam interpretasi ini.

Analisis korelasi Spearman digunakan untuk menguji hubungan antara kemiringan pantai dengan perubahan garis pantai yang direpresentasikan oleh NSM dan EPR. Pada 16 stasiun yang mewakili pantai alami (B-O, Q, dan R), hubungan antara kemiringan pantai dan NSM menghasilkan koefisien korelasi rs = -0,100 (p = 0,713), sedangkan hubungan antara kemiringan pantai dan EPR menghasilkan rs = 0,047 (p = 0,864). Kedua nilai p tersebut lebih besar dari 0,05, sehingga hubungan yang teramati tidak signifikan secara statistik. Nilai koefisien korelasi yang mendekati nol juga mengindikasikan bahwa hubungan monotonik antara kemiringan pantai dan perubahan garis pantai pada stasiun pantai alami tergolong lemah.

Stasiun A dan P dianalisis secara terpisah karena keduanya merupakan pantai terbangun dengan struktur *revetment*. Kemiringan pada kedua stasiun tersebut masing-masing sebesar 70,35° dan 73,30°-jauh melampaui kisaran kemiringan pantai alami yang mengindikasikan bahwa nilai ini lebih merepresentasikan geometri struktur buatan dibandingkan profil pantai alami. Mengingat jumlah pengamatan yang terbatas (n = 2), hubungan statistik antara kemiringan dengan NSM maupun EPR pada pantai terbangun tidak dapat diinterpretasikan secara memadai. Kedua stasiun tersebut karenanya diperlakukan sebagai informasi deskriptif mengenai karakteristik pantai terbangun dan tidak disertakan dalam pengujian korelasi utama.

KESIMPULAN

Perubahan garis pantai Gili Air selama periode 2015-2025 menunjukkan variasi spasial antarstasiun, dengan abrasi yang lebih dominan di bagian utara dan akresi yang lebih banyak ditemukan di bagian selatan. Abrasi terbesar tercatat pada Stasiun L, sedangkan akresi terbesar terjadi pada Stasiun C. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa kemiringan pantai tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan perubahan garis pantai, sehingga variasi abrasi dan akresi antarsegmen tidak dapat dijelaskan semata-mata oleh faktor kemiringan. Dalam penelitian ini, kemiringan pantai berperan lebih sebagai parameter teknis untuk mengoreksi posisi garis pantai terhadap datum *MSL*, bukan sebagai faktor penjelas utama pola spasial abrasi dan akresi yang teramati. Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan. Pertama, perubahan garis pantai dianalisis berdasarkan perbandingan dua tanggal citra Sentinel-2A (2015 dan 2025), sehingga belum menggambarkan pola perubahan secara temporal kontinu maupun variabilitas musiman di antara kedua periode tersebut. Kedua, penelitian ini belum mengintegrasikan parameter hidro-oseanografi dan geomorfologi secara kuantitatif, seperti gelombang, arus, batimetri, karakteristik sedimen, serta tutupan terumbu karang dan padang lamun, yang secara konseptual diduga turut memengaruhi variasi perubahan garis pantai antarsegmen. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan citra satelit multi-temporal dengan interval yang lebih rapat serta mengintegrasikan parameter-parameter tersebut secara kuantitatif untuk memperkuat analisis faktor-faktor yang berkaitan dengan perubahan garis pantai Gili Air. Meskipun demikian, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai data dasar bagi pemantauan perubahan garis pantai serta mendukung upaya pengelolaan wilayah pesisir Gili Air secara berkelanjutan, khususnya dalam mengidentifikasi segmen prioritas untuk mitigasi abrasi.

DAFTAR PUSTAKA

Akhmad, R., Setiabudi, T. I., & Maryanto. 2018. Deteksi Perubahan Garis Pantai di Pesisir Kabupaten Karawang dengan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Jurnal Reka Geomatika*, 2018(2): 42–50.

 ISSN: 2714-8726

Arief, M., Winarso, G., & Prayogo, T. 2011. Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 8(1): 71–80.

Astuti, B. I. D., Laksono, A., Muhammad, D. T. N., Nurbaiti, I. F., Hanifah, N. N., Wilidyanti, O. S., Junaedi, R. N., & Marfai, M. A. 2021. Dinamika Perubahan Garis Pantai Kabupaten Kendal Tahun 2000–2020. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(1): 75–83.

Bramante, J. F., Ashton, A. D., Storlazzi, C. D., Cheriton, O. M., & Donnelly, J. P. 2020. Sea Level Rise Will Drive Divergent Sediment Transport Patterns on Fore Reefs and Reef Flats, Potentially Causing Erosion on Atoll Islands. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125(10): e2019JF005446.

Costa, M. B., Macedo, E. C., & Siegle, E. 2019. Wave Refraction and Reef Island Stability under Rising Sea Level. *Global and Planetary Change*, 172: 256–267.

Darmiati, Nurjaya, I. W., & Atmadipoera, A. S. 2020. Analisis Perubahan Garis Pantai di Wilayah Pantai Barat Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1): 211–222.

Gusa, R. F. 2013. Pengolahan Citra Digital untuk Menghitung Luas Daerah Bekas Penambangan Timah. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2(2): 27–34.

Isdianto, A., Luthfi, O. M., Asadi, M. A., Saputra, D. K., Musalima, F. P. A., Haykal, M. F., & Adibah, F. 2020. Pantai Kondang Merak: Bertahan secara Ekosistem atau Bertumbuh secara Ekonomi. *Jurnal Education and Development*, 8(4): 224.

Khatimah, H., Jaya, I., & Atmadipoera, A. S. 2016. Pengembangan Perangkat Lunak Antar-Muka Instrumen Monitoring (Tide Gauge) untuk Analisis Data Pasang Surut. *Jurnal Kelautan Nasional*, 11(2): 97–104.

Kurniawan, F., Adrianto, L., Bengen, D. G., & Prasetyo, L. B. 2016. Patterns of Landscape Change on Small Islands: A Case of Gili Matra Islands, Marine Tourism Park, Indonesia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 227: 553–559.

McFeeters, S. K. 1996. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7): 1425–1432.

Muskananfola, M. R., Supriharyono, & Febrianto, S. 2020. Spatio-Temporal Analysis of Shoreline Change along the Coast of Sayung Demak, Indonesia Using Digital Shoreline Analysis System. *Regional Studies in Marine Science*, 34: 101060.

Pasaribu, R. P., Sewiko, R., & Arifin. 2022. Penerapan Metode Admiralty untuk Mengolah Data Pasang Surut di Perairan Selat Nasik Bangka Belitung. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(1): 146–160.

Pearson, S. G., Storlazzi, C. D., Van Dongeren, A. R., Tissier, M. F., & Reniers, A. J. 2017. A Bayesian-Based System to Assess Wave-Driven Flooding Hazards on Coral Reef-Lined Coasts. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 122(12): 10099–10117.

Pugh, D., Woodworth, P. L., & Woodworth, P. 2014. Sea-Level Science: Understanding Tides, Surges, Tsunamis and Mean Sea-Level Changes. Cambridge: Cambridge University Press.

Putra, K. A. D., Siregar, Y. I., & Rifardi, R. 2025. Analisis Perubahan Garis Pantai di Pulau Pagang, Sumatera Barat. *Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 13(1): 96–104.

Rosenberger, K. J., Storlazzi, C. D., Cheriton, O. M., Pomeroy, A. W. M., Hansen, J. E., Lowe, R. J., & Buckley, M. L. 2020. Spectral Wave-Driven Bedload Transport across a Coral Reef Flat/Lagoon Complex. *Frontiers in Marine Science*, 7: 513020.

Sasmito, B., & Amarrohman, F. J. 2016. Pemantauan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Studi Kasus: Pesisir Kabupaten Demak. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1): 78–89.

Solihuddin, T., Nasution, D. A., Salim, H. L., & Mustikasari, E. 2020. Geomorfologi Terumbu Karang dan Habitat Terkait di Kepulauan Karimunjawa, Indonesia: Pendekatan Spasial untuk Meningkatkan Pengelolaan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. *Jurnal Segara*, 16(2).

Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.

Umam, C., Pranowo, W. S., & Fatoni, K. I. 2022. Studi Perbandingan Karakteristik Pasang Surut Hasil Perhitungan Data Lokal dengan Model Pasang Surut Global di Perairan Indonesia. *Jurnal Chart Datum*, 5(2): 97–112.

Van Zuidam, R. A. 1985. Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. The Hague: Smits Publisher.

 ISSN: 2714-8726

Vos, K., Splinter, K. D., Harley, M. D., Simmons, J. A., & Turner, I. L. 2019. CoastSat: A Google Earth Engine-Enabled Python Toolkit to Extract Shorelines from Publicly Available Satellite Imagery. *Environmental Modelling & Software*, 122: 104528.