

Studi Perubahan Garis Pantai Watu Ulo Kabupaten Jember Menggunakan Data Landsat 8

Muhammad Roikhan Salim¹, Hendrata Wibisana²

^{1,2}Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur,
mroykhansalim22@gmail.com

Abstrak

Perubahan garis pantai berupa abrasi dan akresi merupakan fenomena dinamis wilayah pesisir. Pantai Watu Ulo di Kabupaten Jember rentan karena merupakan pantai terbuka (*open coast*) yang berhadapan langsung dengan gelombang besar Samudra Hindia. Penelitian ini bertujuan menganalisis laju perubahan garis pantai di Pantai Watu Ulo periode 2021–2025. Metode yang digunakan adalah integrasi teknologi penginderaan jauh menggunakan Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS multitemporal. Batas darat-laut diekstraksi dengan algoritma *Normalized Difference Water Index* (NDWI) pada ArcGIS 10.8, sedangkan pergeseran horizontal dianalisis pada 20 transek menggunakan metode *Euclidean Distance*. Hasil penelitian menunjukkan dinamika pantai didominasi oleh abrasi sebesar 55% (11 transek), sementara akresi sebesar 45% (9 transek). Abrasi paling ekstrem terjadi pada Transek 15 di segmen tengah dengan total kemunduran mencapai -18,30 meter (laju rata-rata -4,58 meter/tahun). Sebaliknya, akresi tertinggi ditemukan pada Transek 11 sebesar 13,37 meter yang dipengaruhi pelindung alami formasi batuan "Watu Ulo". Integrasi NDWI dan *Euclidean Distance* terbukti andal serta efisien untuk monitoring dinamika pantai terbuka berenergi gelombang tinggi.

Kata Kunci: *Abrasi, Akresi, Euclidean Distance, Landsat 8, NDWI*

Abstract

Shoreline changes through abrasion and accretion are dynamic coastal phenomena. Watu Ulo Beach in Jember Regency is vulnerable as an open coast directly facing high-energy waves of the Indian Ocean. This study aims to analyze the rate of shoreline change along Watu Ulo Beach during 2021–2025. The method integrated remote sensing using multitemporal Landsat 8 OLI/TIRS imagery. The land-water boundary was extracted using the Normalized Difference Water Index (NDWI) algorithm in ArcGIS 10.8, while horizontal displacement was analyzed across 20 transects using the Euclidean Distance method. The results indicated that shoreline dynamics were dominated by abrasion at 55% (11 transects), while accretion accounted for 45% (9 transects). The most extreme abrasion occurred at Transect 15 in the middle segment, with a total retreat of -18.30 meters (average rate of -4.58 meters/year). Conversely, the highest accretion was found at Transect 11 at 13.37 meters, influenced by the natural protection of "Watu Ulo" rock formation. The integration of NDWI and Euclidean Distance proved reliable and efficient for monitoring high-energy open coasts.

Keywords: *Abrasion, Accretion, Euclidean Distance, Landsat 8, NDWI*

Corresponding Author:

Hendrata Wibisana

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia, hendrata.ts@upnjatim.ac.id

PENDAHULUAN

Perubahan garis pantai berupa abrasi dan akresi merupakan fenomena dinamis di wilayah pesisir yang dipengaruhi oleh faktor hidro-oseanografi serta aktivitas manusia, sehingga pemantauan berkala sangat krusial untuk manajemen risiko bencana pantai. Pantai Watu Ulo di Kabupaten Jember memiliki karakteristik strategis namun rentan karena berhadapan langsung dengan energi gelombang besar Samudra Hindia, sehingga monitoring konvensional di lapangan dinilai kurang efisien dibandingkan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh. Penggunaan Citra Satelit Landsat 8 multitemporal (2021–2025) dikombinasikan dengan algoritma *Normalized Difference Water Index* (NDWI) menawarkan solusi ekstraksi batas darat-laut yang akurat, sementara metode *Euclidean Distance* digunakan untuk mengukur jarak pergeseran horizontalnya. Meskipun studi serupa banyak dilakukan di Indonesia, penelitian yang berfokus pada pantai terbuka (*open coast*) berenergi tinggi seperti pantai selatan Jawa masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju perubahan garis pantai di Pantai Watu Ulo selama 5 tahun terakhir melalui 20 transek pengamatan berbasis ArcGIS, guna menyajikan data spasial yang akurat sebagai dasar pertimbangan ilmiah dalam merumuskan kebijakan mitigasi dan pembangunan infrastruktur pelindung pantai di Kabupaten Jember.

Pantai Watu Ulo terletak di bagian ujung selatan wilayah Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur, tepatnya berada di Desa Sumberejo, Kecamatan Ambulu. Lokasi ini berjarak sekitar 40 kilometer dari pusat Kota Jember. Akses menuju pantai ini dapat dicapai melalui dua jalur utama, yaitu dari arah timur yang datang dari Banyuwangi dan dari arah barat yang datang dari Lumajang. Nama "Watu Ulo" berasal dari kehadiran sebuah formasi batuan besar yang memanjang menyerupai bentuk ular dan terletak di tepi pantai. Keunikan formasi batuan ini memberikan identitas khusus bagi Pantai Watu Ulo dan menciptakan ekosistem pantai yang memiliki karakteristik tersendiri (Rimadhini Fatma, 2019).

Kawasan pantai merupakan pusat berbagai kegiatan ekonomi dan pariwisata masyarakat lokal yang dapat terganggu oleh adanya perubahan kondisi lingkungan di wilayah pesisir. Saat ini, pantai di Kabupaten Jember telah dikembangkan sebagai destinasi wisata dan kawasan pemukiman penduduk. Permukiman nelayan yang berada di kawasan tersebut menghadapi risiko banjir akibat dari naiknya permukaan air laut pada saat pasang. Mengingat dampak signifikan yang dapat ditimbulkan, perubahan posisi garis pantai memerlukan pengawasan dan penelitian yang mendalam untuk memahami pola perubahannya dan memastikan pemanfaatan lahan di wilayah pesisir dapat dilakukan secara optimal dan berkelanjutan.

Untuk mengantisipasi dampak negatif dari berbagai fenomena laut seperti gelombang dan pasang surut yang dapat menyebabkan ketidakstabilan di kawasan pantai dan merugikan masyarakat sekitar, diperlukan penelitian komprehensif mengenai dinamika perubahan garis pantai selama periode 2021 hingga 2025. Penelitian dengan menggunakan data Citra Satelit Landsat 8 dirancang untuk memetakan dan mengidentifikasi perubahan garis pantai serta menganalisis pengaruh berbagai faktor fisik seperti kemiringan pantai, fenomena pasang surut, dan kekuatan gelombang yang ditimbulkan oleh angin terhadap perubahan garis pantai di lokasi penelitian (Nasrullah, 2025).

Informasi yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya mitigasi bencana, pengelolaan sumberdaya pantai secara berkelanjutan, dan perlindungan ekosistem pantai yang rentan. Selain itu, hasil penelitian dapat digunakan oleh instansi pemerintah terkait sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan strategis mengenai pembangunan

infrastruktur pantai dan penentuan kebijakan pemanfaatan lahan di wilayah pesisir Kabupaten Jember di masa depan.

Garis Pantai dan Perubahannya

Garis pantai adalah batas wilayah daratan yang berbatasan langsung dengan lautan, yang dapat diidentifikasi ketika batas air laut pada waktu pasang tertinggi mencapai daratan. Perubahan garis pantai dipengaruhi oleh faktor hidrologi, geologi, iklim, dan vegetasi, sehingga diperlukan pembaruan peta garis pantai secara berkala sebagai dasar informasi manajemen sumber daya dan perlindungan lingkungan pesisir (Hidayati, 2017). Pemetaan garis pantai dapat dilakukan melalui pengukuran lapangan langsung, analisis foto udara, maupun analisis penginderaan jauh atau citra satelit (Aryastana dkk., 2016)

Citra Satelit Landsat 8 dan Metode NDWI

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah Landsat 8 OLI/TIRS Level-1 yang diunduh dari situs resmi U.S. Geological Survey (USGS). Ekstraksi garis pantai dilakukan menggunakan algoritma NDWI (Normalized Difference Water Index) yang memanfaatkan perbedaan reflektansi antara Band 3 (Green) dan Band 5 (Near Infrared) untuk membedakan wilayah perairan dan daratan, dengan persamaan sebagai berikut.

$$NDWI = (Band\ 3 - Band\ 5) / (Band\ 3 + Band\ 5) \dots\dots\dots (1)$$

Garis pantai hasil ekstraksi NDWI kemudian didigitasi dan dianalisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8 untuk memperoleh laju perubahan garis pantai dari waktu ke waktu (Hutasuhut, 2019; Nugraha dkk., 2017).

Metode Euclidean Distance

Metode Euclidean Distance adalah suatu teknik untuk mengukur seberapa dekat jarak antara dua titik atau variabel. Kelebihan metode ini adalah kemudahan penggunaan dan efisiensi waktu pemrosesan yang cepat. Prinsip kerja Euclidean Distance didasarkan pada perhitungan jarak lurus tanpa halangan, sama seperti cara menghitung panjang garis miring pada sebuah segitiga (Pamungkas, 2019).

Namun demikian, sebelum dapat menghitung jarak antara dua titik, kedua titik tersebut harus terlebih dahulu diubah menjadi bentuk koordinat dua dimensi dengan format (x, y). Apabila terdapat dua buah titik yaitu p1 dengan koordinat (x1, y1) dan p2 dengan koordinat (x2, y2), maka kedua titik tersebut dapat dimasukkan ke dalam rumus Euclidean Distance untuk mendapatkan nilai jarak di antara keduanya.

$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

- d = jarak perubahan garis pantai (meter)
- x1 = Koordinat UTM titik garis pantai tahun 2021
- x2 = Koordinat UTM titik garis pantai tahun 2025
- y1 = Koordinat UTM titik garis pantai tahun 2021
- y2 = Koordinat UTM titik garis pantai tahun 2025

Perubahan Garis Pantai (Abrasi dan Akresi)

Perubahan garis pantai merupakan fenomena dinamis akibat interaksi proses oseanografi, geomorfologi, dan aktivitas manusia (Aldian dkk., 2022). Abrasi adalah proses pengikisan garis pantai akibat energi gelombang, arus laut, dan pasang surut, yang berdampak pada mundurnya garis pantai dan hilangnya lahan pesisir. Pada perairan terbuka tanpa bangunan pelindung, gelombang, arus, dan pasang surut menuju

pantai secara langsung sehingga mempercepat proses abrasi (Maharani dkk., 2023). Sebaliknya, akresi merupakan proses penambahan daratan akibat pengendapan sedimen, yang umumnya terjadi ketika energi gelombang relatif rendah dan suplai sedimen tinggi.

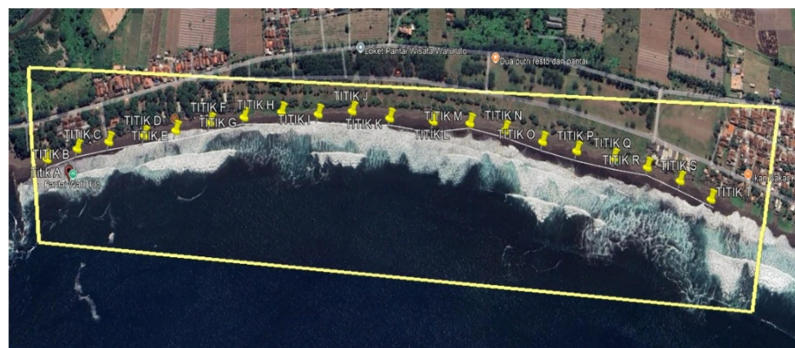
METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Pantai Watu Ulo, Desa Sumberejo, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember, Jawa Timur, yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia di bagian selatan. Data yang digunakan terdiri atas data primer berupa koordinat 20 titik transek pengamatan di sepanjang pesisir Pantai Watu Ulo, serta data sekunder berupa citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2021 hingga 2025 yang diunduh dari situs resmi USGS (Wahyuti dkk., 2023).

Tahapan penelitian dilakukan melalui prosedur sistematis sebagai berikut. Pertama, dilakukan pengunduhan citra satelit Landsat 8 pada periode tahun 2021 sampai dengan 2025 untuk wilayah pesisir Kabupaten Jember. Kedua, pengolahan citra dilakukan menggunakan algoritma NDWI berdasarkan kombinasi Band 3 (Green) dan Band 5 (Near Infrared) pada perangkat lunak ArcGIS 10.8 untuk mengekstraksi batas antara daratan dan perairan (Nugraha dkk., 2017). Ketiga, garis pantai hasil ekstraksi didigitasi secara manual dalam bentuk polyline untuk setiap tahun pengamatan (2021–2025). Keempat, dibuat 20 transek tegak lurus garis pantai untuk memperoleh koordinat posisi garis pantai pada tiap tahun pengamatan dengan interval jarak antar-transek sepanjang 100 meter. Kelima, penghitungan jarak perubahan posisi garis pantai antara tahun 2021 dan tahun 2025 dilakukan pada setiap transek menggunakan metode Euclidean Distance yang diolah dengan Microsoft Excel, kemudian dikonversi menjadi laju perubahan tahunan (meter/tahun) dengan membagi total perubahan jarak dengan durasi pengamatan selama 5 tahun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data Citra Satelit



Gambar 1 Pantai Watu Ulo

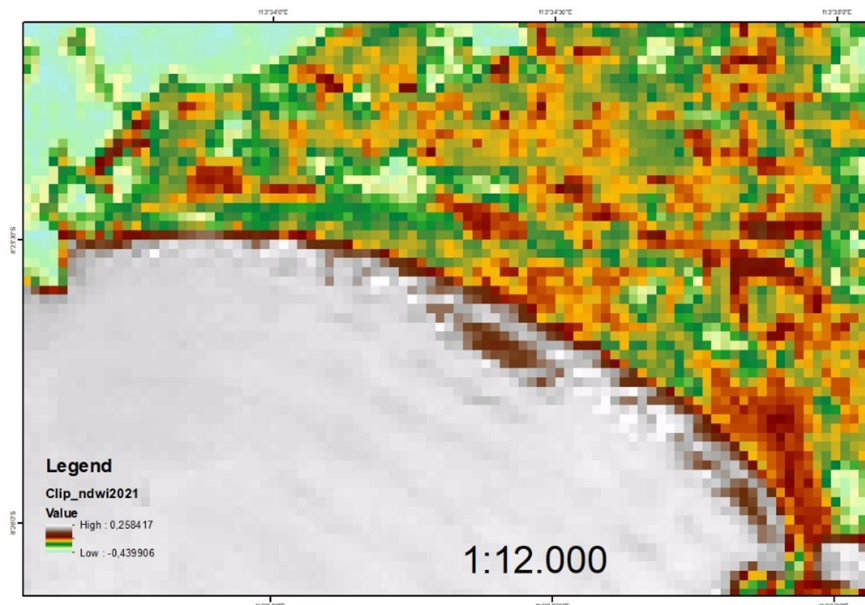
Peta Normalized Difference Water Index (NDWI) yang dihasilkan pada setiap tahun pengamatan memperlihatkan perbedaan spektral yang tegas antara wilayah perairan dan daratan di lokasi penelitian. Nilai indeks yang bernilai positif mengindikasikan keberadaan badan air, sedangkan nilai negatif merepresentasikan area daratan. Variasi distribusi nilai NDWI pada setiap periode pengamatan menunjukkan adanya perubahan posisi batas darat–laut, yang mengindikasikan terjadinya dinamika perubahan garis pantai dari waktu ke waktu.

Garis pantai pada penelitian ini diekstraksi melalui proses digitasi berdasarkan hasil klasifikasi peta NDWI yang diperoleh dari pengolahan citra satelit Landsat 8 untuk periode 2021–2025. Tahap digitasi dilakukan dengan menginterpretasikan batas antara daratan dan perairan secara visual sehingga diperoleh representasi garis pantai yang lebih akurat pada masing-masing tahun pengamatan.

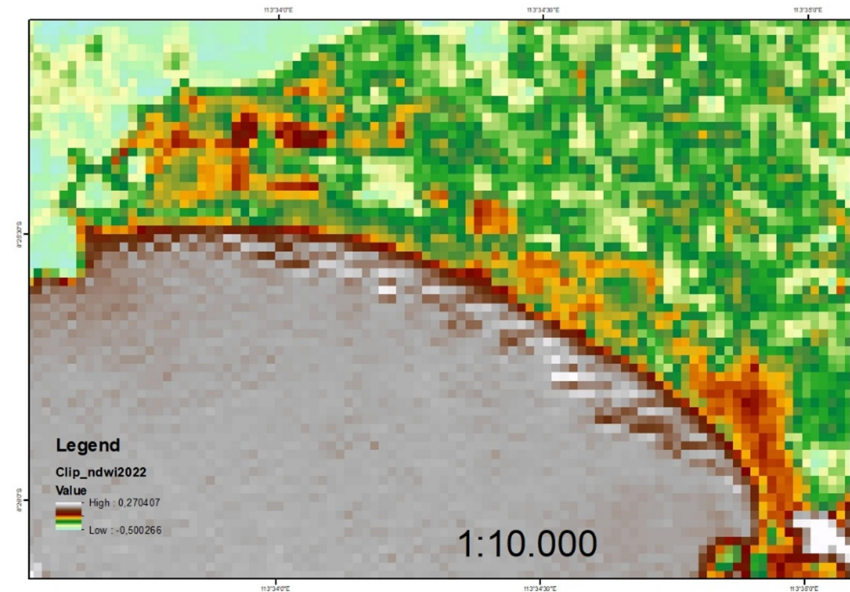
Data garis pantai hasil digitasi selanjutnya digunakan untuk melakukan analisis komparatif antarperiode guna mengidentifikasi pola dan arah perubahan garis pantai. Pergeseran garis pantai ke arah laut diinterpretasikan sebagai proses akresi, sedangkan pergeseran ke arah daratan menunjukkan terjadinya abrasi. Seluruh garis pantai hasil digitasi kemudian diintegrasikan melalui proses overlay dalam satu peta komposit sehingga perubahan morfologi garis pantai dapat diamati secara visual sebelum dilakukan analisis kuantitatif menggunakan metode pengukuran perubahan garis pantai.

Perhitungan nilai NDWI dilakukan untuk meningkatkan kemampuan identifikasi antara area perairan dan daratan berdasarkan karakteristik reflektansi spektral citra Landsat 8. Tahapan pengolahan NDWI meliputi proses penyusunan band citra, perhitungan indeks menggunakan Raster Calculator, penyimpanan hasil dalam format raster untuk setiap tahun pengamatan, serta evaluasi karakteristik statistik raster yang mencakup nilai minimum, maksimum, dan rata-rata melalui menu Layer Properties pada bagian Source dan Statistics.

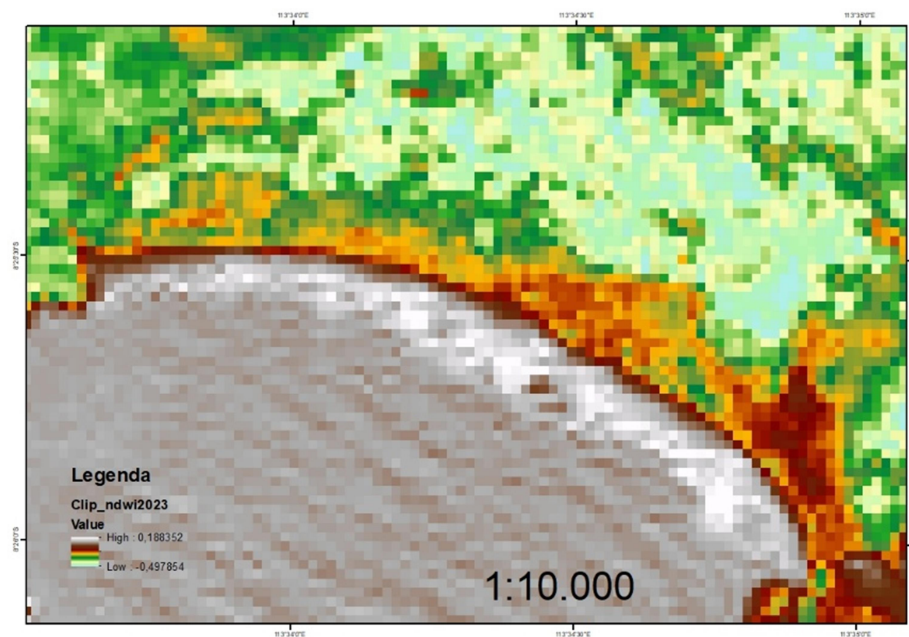
Nilai NDWI berada pada rentang -1 hingga $+1$. Nilai indeks yang lebih besar dari nol menunjukkan keberadaan badan air, sedangkan nilai yang lebih kecil dari nol mengindikasikan wilayah daratan. Penerapan metode NDWI dalam penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan ketelitian dalam delineasi batas darat dan perairan, sehingga menghasilkan informasi garis pantai yang lebih representatif sebagai dasar analisis perubahan garis pantai pada periode pengamatan 2021–2025.



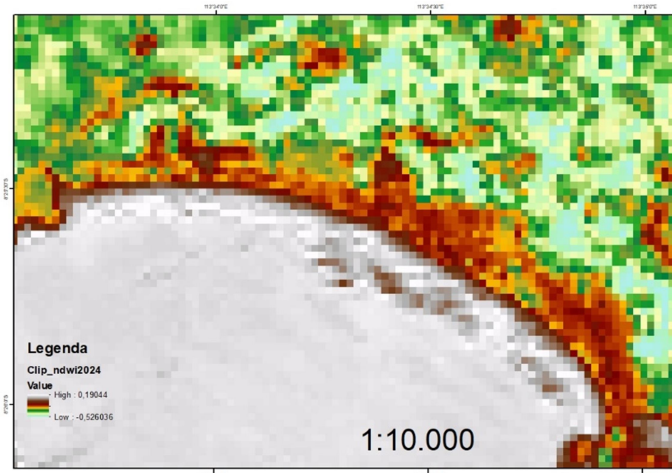
Gambar 2 Peta NDWI dan Hasil Digitasi 2021



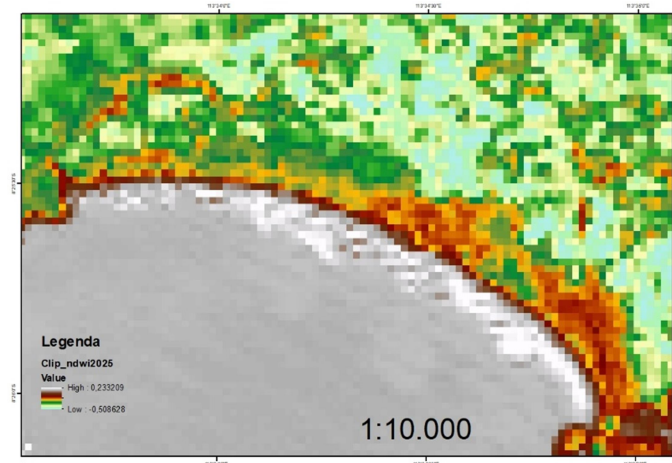
Gambar 3 Peta NDWI dan Hasil Digitasi 2022



Gambar 4 Peta NDWI dan Hasil Digitasi 2023



Gambar 5 Peta NDWI dan Hasil Digitasi 2024



Gambar 6 Peta NDWI dan Hasil Digitasi 2025

Analisis Perubahan Garis Pantai

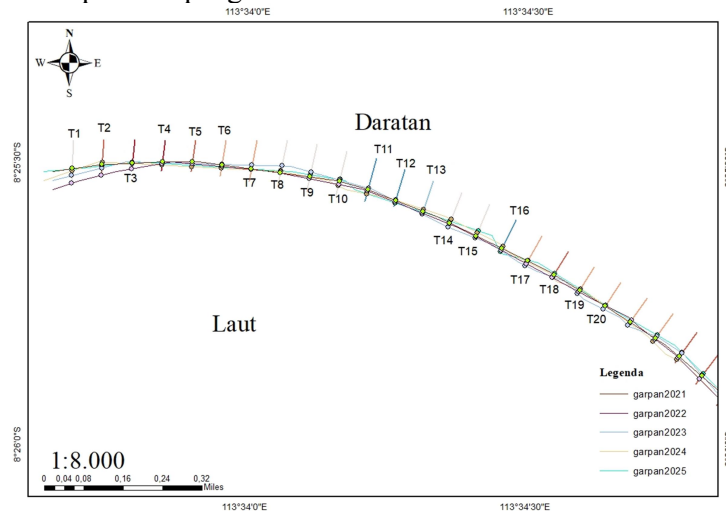
Besarnya perubahan posisi garis pantai dianalisis menggunakan metode Euclidean Distance, yaitu metode yang menghitung jarak linier antara dua titik yang merepresentasikan posisi garis pantai pada dua periode pengamatan. Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan antara garis pantai tahun 2021 sebagai kondisi awal dan garis pantai tahun 2025 sebagai kondisi akhir pada setiap transek yang telah ditentukan.

Koordinat setiap titik perpotongan transek dengan garis pantai diekstraksi dalam sistem koordinat Universal Transverse Mercator (UTM) dari hasil digitasi di ArcGIS. Data koordinat tersebut selanjutnya diolah menggunakan Microsoft Excel untuk menghitung besarnya perubahan posisi garis pantai pada masing-masing transek. Perhitungan dilakukan menggunakan persamaan Euclidean Distance sebagai berikut:

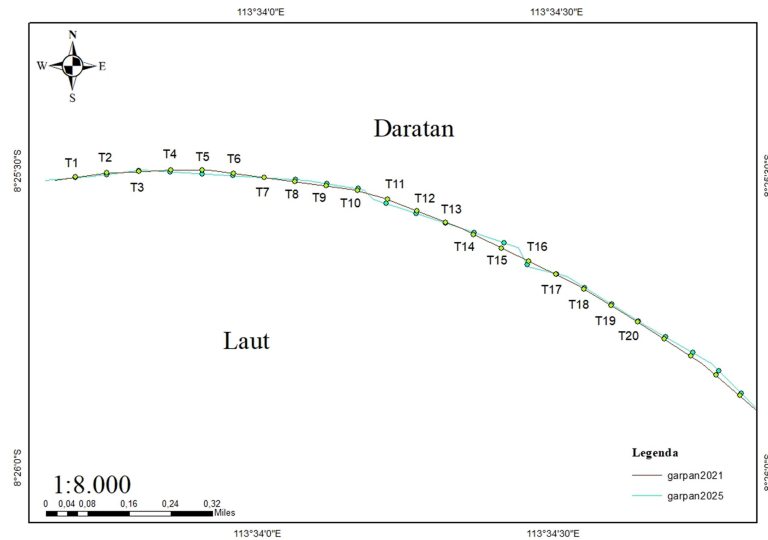
$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2} \dots\dots\dots (3)$$

Nilai hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan berdasarkan arah perubahan terhadap garis pantai acuan. Nilai bertanda negatif menunjukkan bahwa garis pantai mengalami pergeseran ke arah daratan yang mengindikasikan proses abrasi, sedangkan nilai bertanda positif menunjukkan pergeseran ke arah laut yang mengindikasikan terjadinya akresi. Penentuan tanda positif maupun negatif dilakukan berdasarkan orientasi normal transek terhadap garis pantai referensi, sehingga arah perubahan yang

dihasilkan dapat menggambarkan kecenderungan dinamika garis pantai secara konsisten pada setiap lokasi pengamatan.



Gambar 7 Peta Overlay 2021-2025



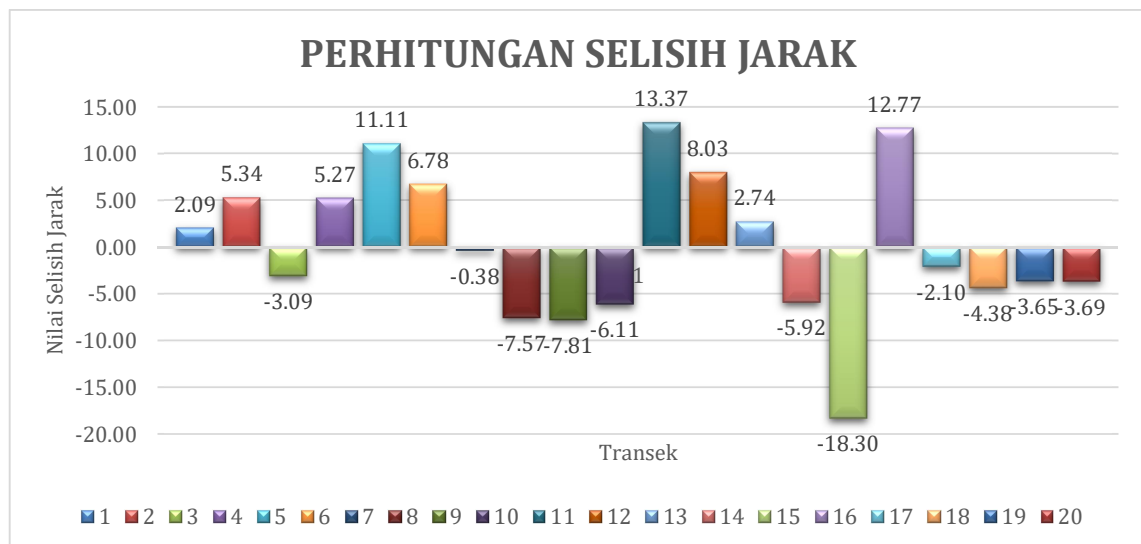
Gambar 8 Peta Existing

Rekapitulasi hasil perhitungan perubahan jarak garis pantai dan klasifikasi abrasi/akresi pada setiap transek selama periode 2021–2025 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Jarak Perubahan Garis Pantai Tahun 2021-2025

No	Transek	Jarak Tahun 2021 - 2025	Keterangan
1	1	2,09	AKRESI
2	2	5,34	AKRESI
3	3	-3,09	ABRASI
4	4	5,27	AKRESI
5	5	11,11	AKRESI
6	6	6,78	AKRESI
7	7	-0,38	ABRASI

8	8	-7,57	ABRASI
9	9	-7,81	ABRASI
10	10	-6,11	ABRASI
11	11	13,37	AKRESI
12	12	8,03	AKRESI
13	13	2,74	AKRESI
14	14	-5,92	ABRASI
15	15	-18,30	ABRASI
16	16	12,77	AKRESI
17	17	-2,10	ABRASI
18	18	-4,38	ABRASI
19	19	-3,65	ABRASI
20	20	-3,69	ABRASI



Gambar 9 Grafik Hasil Perhitungan Selisih Jarak Setiap Transek

Berdasarkan hasil pengolahan data spasial multitemporal yang tersaji pada Tabel 1 serta grafik perhitungan selisih jarak, kawasan Pantai Watu Ulo selama periode tahun 2021 hingga 2025 mengalami dinamika perubahan garis pantai yang sangat bervariasi secara spasial. Dari total 20 transek pengamatan yang tersebar di sepanjang pesisir pantai, fenomena abrasi tercatat mendominasi wilayah studi dengan persentase sebesar 55% (11 transek), sementara fenomena akresi atau penambahan daratan mencakup 45% sisanya (9 transek).

Fenomena akresi atau pergeseran garis pantai ke arah laut secara dominan mengelompok di segmen barat pantai, khususnya pada Transek 1, 2, 4, 5, dan 6, serta beberapa titik di segmen tengah seperti Transek 11, 12, 13, dan 16. Akumulasi sedimen tertinggi secara berurutan ditemukan pada Transek 11 sebesar 13,37 meter, disusul oleh Transek 16 sebesar 12,77 meter, dan Transek 5 sebesar 11,11 meter. Berdasarkan pengamatan spasial, penumpukan material sedimen di area ini sangat dipengaruhi oleh adanya pelindung alami berupa formasi batuan karst “Watu Ulo” yang menjorok tegak lurus ke arah laut. Struktur batuan alami ini bertindak layaknya bangunan pantai pelindung seperti groin, yang berfungsi efektif dalam menahan transpor sedimen susur

pantai (longshore sediment transport), sehingga memicu pengendapan sedimen (akresi) di sisi transek sekitarnya (Aldian dkk., 2022).

Sebaliknya, fenomena abrasi yang ditandai oleh mundurnya garis pantai ke arah daratan terjadi secara intensif dan masif di segmen timur (Transek 17 sampai 20) serta beberapa titik di segmen tengah (Transek 8, 9, 10, 14, dan 15). Kondisi erosi pantai paling ekstrem terdeteksi pada Transek 15 dengan nilai pencapaian mencapai -18,30 meter selama kurun waktu 4 tahun pengamatan. Tingginya intensitas abrasi pada segmen tersebut diakibatkan oleh karakteristik Pantai Watu Ulo yang merupakan tipe pantai terbuka (open coast) yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia. Tanpa adanya pelindung pantai buatan (artificial structure) seperti breakwater atau seawall, energi gelombang pecah yang besar langsung menghantam garis pantai dan mengikis material penyusun pantai tanpa ada hambatan redaman energi (Maharani dkk., 2023). Jika laju kemunduran ini terus dibiarkan tanpa adanya upaya penanganan struktural, maka area fasilitas wisata dan permukiman nelayan di sekitar kawasan pesisir tersebut akan menghadapi risiko ancaman kerusakan yang serius.

SIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan posisi garis pantai di Pantai Watu Ulo Kabupaten Jember selama periode 2021–2025 lebih banyak didominasi oleh proses pengikisan tanah atau abrasi, dengan tingkat kejadian mencapai 55% dari total 20 lokasi pengamatan (11 lokasi), sementara proses penambahan daratan atau akresi hanya terjadi sebesar 45% (9 lokasi). Dominasi proses pengikisan ini menunjukkan bahwa wilayah pantai mengalami perubahan bentuk dan ukuran yang signifikan terhadap kondisi garis pantai.

Secara khusus, lokasi yang mengalami pengikisan paling parah terletak pada Transek 15 di bagian tengah pantai dengan nilai kemunduran total mencapai -18,30 meter, diikuti oleh pola pengikisan yang terus berlangsung di seluruh bagian timur pantai (Transek 17–20). Kondisi ini menunjukkan bahwa area tersebut memerlukan upaya perlindungan dan pengelolaan pantai yang lebih serius. Sebaliknya, nilai penambahan daratan terbesar teridentifikasi pada Transek 11 dengan jumlah mencapai 13,37 meter, keadaan ini terjadi berkat perlindungan alami dari formasi batuan di lokasi tersebut, yang mampu menahan kekuatan gelombang dan membantu penumpukan pasir dan sedimen.

Temuan penelitian membuktikan bahwa penggunaan teknologi satelit melalui penerapan metode indeks air NDWI pada Citra Satelit Landsat 8 dan perhitungan jarak berdasarkan metode Euclidean Distance terbukti dapat diandalkan, efektif, serta hemat biaya untuk melakukan pengawasan dan pengukuran perubahan pantai pada jenis pantai terbuka dengan gelombang yang sangat kuat. Pendekatan ini menawarkan solusi pengawasan berkelanjutan yang murah dan praktis untuk wilayah pantai yang sulit dijangkau secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldian, R., Zuryani, E., & Ulmi, A. Z. P. (2022). Perubahan Garis Pantai Sebagai Akibat Dari Abrasi Dan Akresi Di Kawasan Pesisir Pantai Barat Sumatera Barat. *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series*, 5(4), 152–161. <https://doi.org/10.20961/shes.v5i4.69042>
- Aryastana, P., Eryani, I. G. A. P., & Candrayana, K. W. (2016). Perubahan Garis Pantai Dengan Citra Satelit Di Kabupaten Gianyar. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 5(2), 70–81. <https://doi.org/10.22225/pd.5.2.379.70-81>

- Hidayati, N. (2017). *Dinamika Pantai*. Universitas Brawijaya Press.
- Hutasuhut, A. (2019). *ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI: STUDI KASUS DI PANTAI AMPENAN, KOTA MATARAM, NUSA TENGGARA BARAT*. Universitas Brawijaya.
- Maharani, S., Suhana, M. P., & Kurniawati, E. (2023). Pemetaan Perubahan Garis Pantai di Pantai Tanjung Siambang, Pulau Dompok Dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 16(2), 177–190. <https://doi.org/10.21107/jk.v16i2.18298>
- Nasrullah, B. H. (2025). *PERUBAHAN GARIS PANTAI PESISIR PULAU MERAH BANYUWANGI METODE CITRA SATELIT LANDSAT 8*. <https://repository.upnjatim.ac.id/43601/>
- Nugraha, I. N. J., Karang, I. W. G. A., & Dharma, I. G. B. S. (2017). Studi Laju Perubahan Garis Pantai di Pesisir Tenggara Bali Menggunakan Citra Satelit Landsat (Studi Kasus Kabupaten Gianyar dan Klungkung). *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3(2), 204. <https://doi.org/10.24843/jmas.2017.v3.i02.204-214>
- Pamungkas, C. A. (2019). Aplikasi Penghitung Jarak Koordinat Berdasarkan Latitude Dan Longitude Dengan Metode Euclidean Distance Dan Metode Haversine. *Jurnal INFORMA Politeknik Indonusa Surakarta*, 5, 8–13. <https://doi.org/10.46808/informa.v5i2.74>
- Rimadhini Fatma. (2019). *ANALISIS PENGEMBANGAN KAWASAN WISATA PESISIR DI KABUPATEN JEMBER*. <https://repository.unej.ac.id>
- Wahyuti, W., Jaya, J., & Ummung, A. (2023). Analysis of Shoreline Changes on the Northeast Coast of Nunukan Island, Nunukan Regency, North Kalimantan Province. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 7(1), 101–106. <https://doi.org/10.29239/j.akuatikisile.7.1.101-106>