

Pemetaan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Digital Shoreline Analysis System di Wilayah Pesisir Kabupaten Bantul dan Kulon Progo Tahun 2019 s/d 2023

Windi Rahayu Astuti^{1*}, Erlyna Nour Arrofiqoh²

^{1,2}Teknologi Survei dan Pemetaan Dasar, Departemen Teknologi Kebumihan, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Research Article

DOI:

10.22146/jgst.v2i2.16172

correspondence:

windi.r.a@mail.ugm.ac.id

Article history:

Received:

02-09-2024

Accepted:

31-12-2024

Published:

31-12-2024

ABSTRACT

The coastal areas of Bantul and Kulon Progo regencies, which are directly adjacent to the Indian Ocean, are highly vulnerable to the impacts of high waves, currents and climate change. This study aims to calculate the length of the coastline, distance and rate of shoreline change, as well as the area of abrasion and accretion in these coastal areas during the period 2019 to 2023. Sentinel-2 satellite image data was used to monitor shoreline changes, using the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) method and Otsu Thresholding algorithm for shoreline extraction. The extraction results were then corrected against tidal data using Mike-21 Tide Prediction, to obtain a more accurate shoreline position. Shoreline change analysis was conducted using Digital Shoreline Analysis System (DSAS) with Net Shoreline Movement (NSM) and End Point Rate (EPR) methods. Calculation of abrasion and accretion area is done by overlaying the shoreline method from the oldest year with the latest year. The results showed that the highest abrasion occurred in Bantul Regency in the period 2019 to 2020 with an average rate of 31,874 m/year and an area of 36,839 ha. While the highest accretion occurred in the period 2022 to 2023 with an average rate of 27,250 m/year and an area of 32,775 ha. In Kulon Progo Regency, the highest abrasion also occurred in the 2019 to 2020 period with an average rate of 27,685 m/year and an area of 61,618 ha, while the highest accretion occurred in the 2022 to 2023 period with an average rate of 17,687 m/year and an area of 38,730 ha. Changes in abrasion and accretion are influenced by climatic factors, river sedimentation, currents, ocean waves, wind speed, tides, and coastal infrastructure development.

Key words: Shoreline, Sentinel-2, MNDWI, DSAS

INTISARI

Wilayah pesisir Kabupaten Bantul dan Kulon Progo, yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia, sangat rentan terhadap dampak gelombang tinggi, arus, dan perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung panjang garis pantai, jarak dan laju perubahan garis pantai, serta luas abrasi dan akresi di wilayah pesisir tersebut selama periode 2019 hingga 2023. Data citra satelit Sentinel-2 digunakan untuk memantau perubahan garis pantai, dengan metode Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) dan algoritma Otsu Thresholding untuk ekstraksi garis pantai. Hasil ekstraksi tersebut kemudian dikoreksi terhadap data pasang surut menggunakan Mike-21 Tide Prediction, untuk mendapatkan posisi garis pantai yang lebih akurat. Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) dengan metode Net Shoreline Movement (NSM) dan End Point Rate (EPR). Perhitungan luas abrasi dan akresi dilakukan dengan metode overlay garis pantai dari tahun terlama dengan tahun terbaru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abrasi tertinggi terjadi di Kabupaten Bantul pada periode 2019 hingga 2020 dengan laju rata-rata 31,874 m/tahun dan luas 36,839 ha. Sedangkan akresi tertinggi terjadi pada periode 2022 hingga 2023 dengan laju rata-rata 27,250 m/tahun dan luas 32,775 ha. Di Kabupaten Kulon Progo, abrasi tertinggi juga terjadi pada periode 2019 hingga 2020 dengan laju rata-rata 27,685 m/tahun dan luas 61,618 ha, sementara akresi tertinggi terjadi pada periode 2022 hingga 2023 dengan laju rata-rata 17,687 m/tahun dan luas 38,730 ha. Perubahan abrasi dan akresi ini dipengaruhi oleh faktor iklim, sedimentasi sungai, arus, gelombang laut, kecepatan angin, pasang surut, serta pembangunan infrastruktur pantai.

Kata kunci: Garis pantai, Sentinel-2, MNDWI, DSAS

1. Pendahuluan

Kabupaten Bantul dan Kulon Progo merupakan kabupaten di Provinsi D.I. Yogyakarta yang wilayah pesisirnya berbatasan dengan Laut Selatan Jawa. Pesisir selatan Yogyakarta merupakan pantai terbuka yang berbatasan secara langsung dengan Samudra Hindia. Gelombang yang berasal dari Samudra Hindia memiliki energi signifikan yang dapat menyebabkan perubahan wilayah pesisir (Yudhicara dkk., 2003). Perubahan tersebut meliputi pengurangan daratan akibat gelombang laut (abrasi) juga penambahan daratan di beberapa wilayah pesisir (akresi).

Perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah pesisir selatan Yogyakarta dapat mempengaruhi aktivitas masyarakat sekitar pesisir dan aktivitas wisata pantai. Selain itu, peningkatan pembangunan dan pertumbuhan populasi manusia di sekitar pantai juga memberikan dampak yang signifikan terhadap kondisi lahan di daerah sekitar pantai. Perubahan kondisi ini tidak hanya mempengaruhi ekosistem lokal, tetapi juga akan berdampak pada kondisi pantai di sekitarnya.

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan citra satelit Sentinel-2. Penggunaan citra satelit Sentinel-2 dianggap lebih cocok karena dengan resolusi yang lebih tinggi dapat memperlihatkan bentuk daratan yang lebih kecil sehingga proses ekstraksi yang dihasilkan lebih akurat (Boyle dkk., 2014). Penelitian dilakukan pada periode tahun 2019 hingga 2023. Periode ini dipilih sebagai waktu yang tepat untuk melakukan penelitian karena mampu menyediakan data yang cukup untuk analisis mendalam mengenai perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai dihitung menggunakan software *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) untuk mengetahui perubahan posisi garis pantai dari waktu ke waktu.

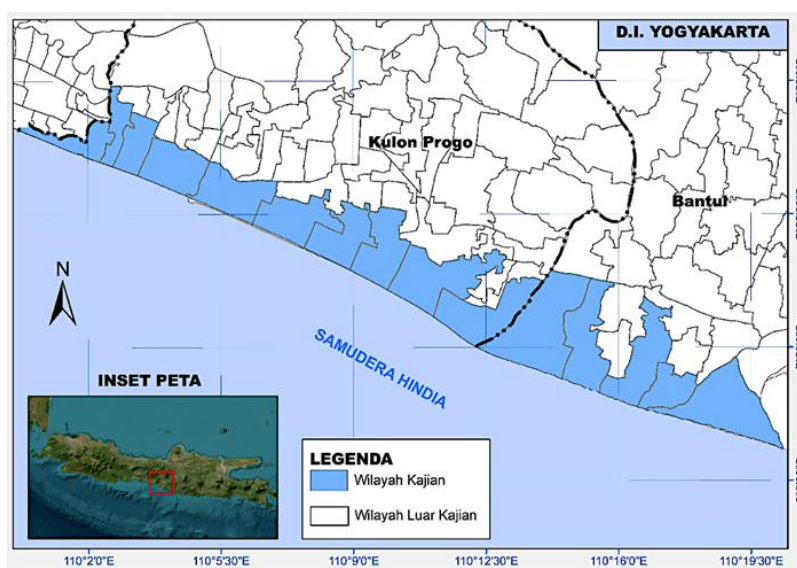
Perubahan garis pantai terjadi setiap tahunnya dan dampak yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerugian bagi masyarakat yang berada di wilayah pesisir. Oleh karena itu, pemantauan terhadap perkembangan pesisir dilakukan agar permasalahan di wilayah pesisir pantai dapat segera diatasi. Pemantauan perubahan garis pantai ini diperlukan untuk memahami pola perubahan garis pantai di pesisir selatan Kabupaten Bantul dan Kulon Progo. Diharapkan dengan penelitian ini dapat menjadi panduan dalam pengelolaan wilayah pesisir yang lebih baik.

2. Data

Penelitian ini menggunakan data citra satelit Sentinel-2 untuk periode 2019 hingga 2023 yang diperoleh melalui website *Copernicus*. Batas wilayah Kabupaten Bantul dan Kulon Progo diambil dari data yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial. Selain itu, data pasang surut dari tahun 2019 hingga 2023 diperoleh melalui hasil pengolahan menggunakan software *Mike-21 Tide Prediction*. Data batimetri dari BATNAS juga digunakan sebagai data pendukung untuk melakukan koreksi garis pantai.

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Kabupaten Bantul dan Kulon Progo, Provinsi D.I. Yogyakarta. Kabupaten Bantul terletak antara 7053'05" - 8000'27" LS dan 110012'34" - 110031'08" BT. Kabupaten Kulon Progo terletak antara 7038'42" - 7059'03" LS dan 110001'37" - 110016'26" BT. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Citra Sentinel-2

Sentinel 2 merupakan citra satelit resolusi menengah yang terdiri dari dua citra satelit yaitu Sentinel-2A dan Sentinel-2B yang mengorbit kutub pada orbit *sun-synchronous* pada ketinggian 786 km. Satelit Sentinel-2A merupakan sebuah satelit pertama yang diluncurkan pada tanggal 23 Juni 2015 dengan roket Vega sebagai bagian dari program Copernicus. Pada tanggal 7 Maret 2017, satelit kembarannya, Sentinel-2B diluncurkan melalui tempat dan roket yang sama. Dua satelit tersebut berjarak 180 derajat satu sama lain. Satelit tersebut memiliki resolusi temporal selama 10 hari untuk satu satelit atau 5 hari jika menggunakan dua satelit. Citra satelit Sentinel 2 memiliki luas cakupan 290 km².

Data dari Sentinel-2 merupakan data Level-1C (Reflektan ToA) yang telah diproyeksikan ortho UTM/WGS84. Produk ini menggunakan *Digital Elevation Model* (DEM) yang diproyeksikan pada koordinat kartografi (*European Space Agency*, 2014). Citra satelit Sentinel-2A dan Sentinel-2B disediakan secara gratis di situs *European Space Agency* (ESA). Resolusi spektral satelit Sentinel menghasilkan multispektral dengan 13 saluran yang mencakup *visible band*, *near infrared*, dan *shortwave infrared*. Resolusi spasialnya dapat dikatakan cukup tinggi yaitu 10 meter pada band merah, biru, hijau dan *near infrared*.

2.2.2. Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosfer adalah langkah untuk menghilangkan kesalahan pada citra akibat gangguan atmosfer. Terdapat dua jenis koreksi atmosfer: koreksi ToA (*Top of Atmosphere*) dan BoA (*Bottom of Atmosphere*). Koreksi ToA menghilangkan distorsi radiometrik akibat posisi matahari tanpa memperhitungkan atmosfer, dengan mengubah digital number menjadi reflektan (Rahayu & Candra, 2014). Sementara itu, koreksi BoA menghilangkan kesalahan akibat gangguan atmosfer seperti penyerapan dan penyebaran cahaya.

2.2.3. Garis Pantai

Garis pantai merupakan pertemuan antara daratan dan lautan yang terus berubah dalam jangka waktu yang panjang akibat pasang surut air laut serta proses erosi pantai (Triatmodjo, 1999). Garis pantai umumnya mengalami perubahan seiring dengan perubahan akibat adanya aktivitas gelombang laut, angin, pasang surut air laut, abrasi, dan sedimentasi di daerah delta sungai. Perubahan garis pantai dijadikan sebagai indikator bahwa pantai mengalami abrasi dan akresi. Garis pantai yang semakin mundur mengindikasikan abrasi dan garis pantai semakin maju maka indikasinya pantai mengalami akresi. Perubahan garis pantai terjadi karena interaksi antara air laut dan daratan seperti pasang surut, akresi dan abrasi yang terjadi dalam jangka waktu yang cukup lama. Perubahan ini juga disebabkan oleh pergerakan sedimen yang dipengaruhi oleh arus pantai (*cross-shore* dan *long-shore*) pada zona litoral (Boak & Turner, 2005).

2.2.4. Pasang Surut

Pasang surut adalah fenomena alami di laut yang berupa gerakan permukaan air laut yang naik dan turun secara vertikal dengan pola teratur dan berulang. Fenomena ini mempengaruhi seluruh partikel massa air laut, mulai dari permukaan hingga dasar laut. Pasang surut disebabkan oleh pengaruh gravitasi bulan dan matahari yang berhubungan dengan bumi (Bird, 2008).

Karakteristik pasang surut berbeda-beda di setiap lokasi, dipengaruhi oleh faktor seperti topografi dasar laut, lebar selat, dan bentuk teluk. Analisis data pasang surut membantu memahami keterkaitan antara pola pasang surut dengan perubahan garis pantai. Proses ini mencakup penentuan konstanta harmonik pasang surut dan perhitungan rentang pasang surut pada saat citra satelit direkam.

2.2.5. Digital Elevation Model (DEM)

Digital Elevation Model (DEM) menggambarkan topografi atau ketinggian permukaan tanah dengan interpolasi data ketinggian. Di Indonesia, Badan Informasi Geospasial (BIG) mengembangkan DEMNAS (DEM Nasional) dan BATNAS (Batimetri Nasional) untuk topografi bawah laut. BATNAS dihasilkan dari inversi data gravitasi anomali dan pemeruman oleh BIG, LIPI, serta lembaga lain dengan survei *single beam* dan *multi beam*, memiliki resolusi 1-minute hingga 6 arc-second, menggunakan datum EGM2008 dan MSL. DEM bermanfaat dalam penelitian kebencanaan seperti banjir, tanah longsor, dan pemantauan perubahan pesisir, serta sebagai sumber informasi kontur dan kemiringan lereng.

2.2.6. Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)

Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) merupakan metode hasil modifikasi dari algoritma *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Metode MNDWI menghasilkan dua *output*, yaitu air bernilai positif lebih tinggi dari NDWI karena menyerap lebih banyak cahaya SWIR dan lahan terbangun bernilai negatif. Tanah dan vegetasi tetap bernilai negatif karena kemampuan tanah memantulkan cahaya SWIR lebih banyak dari NIR (Jensen, 2005). MNDWI memiliki tingkat akurasi

sebesar 99,85% dalam mengekstrak garis pantai (Xu, 2006). Secara matematis algoritma MNDWI dari (Xu, 2006) dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR} \quad (1)$$

dalam hal ini MNDWI : *Modified Normalized Difference Water Index*, SWIR : *Short-Wave Infrared* dan *Green* : Nilai reflektan saluran hijau.

2.2.7. Otsu Thresholding

Teknik Otsu merupakan salah satu metode yang pertama kali dikemukakan oleh Otsu pada tahun 1979. Algoritma Otsu didasarkan pada pemilihan otomatis ambang batas optimal dari gambar *gray scale* untuk memaksimalkan perbedaan antar kelas (Otsu *et al.*, 1979). Inti dari algoritma Otsu adalah mencari varian antar kelas untuk menentukan nilai ambang batas optimal.

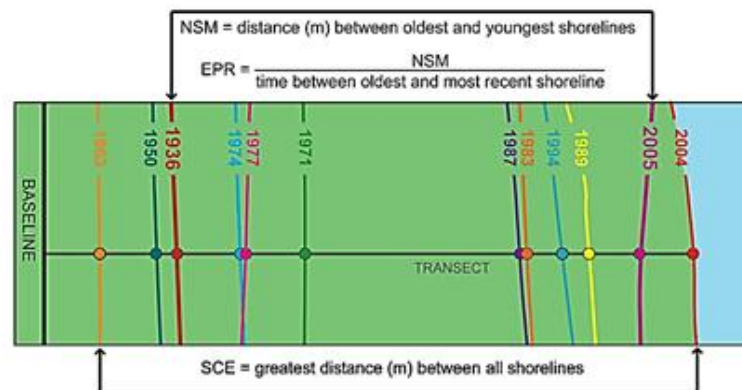
Proses komputasi nilai *threshold* (t^*) pada algoritma Otsu merupakan proses iteratif dengan menguji coba sejumlah nilai *threshold* sampai ditemukan nilai variasi maksimum. Ambang batas optimal t^* pada rentang $a-b$ ($-1 \leq a \leq b \leq 1$) ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\left. \begin{aligned} \sigma^2 &= P_{nw} \cdot (M_{nw} - M)^2 + P_w \cdot (M_w - M)^2 \\ M &= P_{nw} \cdot M_{nw} + P_w \cdot M_w \\ P_{nw} + P_w &= 1 \\ t^* &= \text{Arg}_{a \leq t \leq b} \{ P_{nw} \cdot (M_{nw} - M)^2 + P_w \cdot (M_w - M)^2 \} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

dalam hal ini σ^2 : varian dalam kelas *water* dan *non-water*, P_{nw} : probabilitas nilai piksel untuk masuk kelas *non-water*, P_w : probabilitas nilai piksel untuk masuk kelas *water*, M_{nw} : rata-rata nilai piksel kelas *non-water*, M_w : rata-rata nilai piksel kelas *water*, M : rata-rata nilai piksel citra MNDWI dan t^* : nilai *threshold*.

2.2.8. Digital Shoreline Analysis System (DSAS)

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) merupakan perangkat lunak tambahan (*plugin*) pada perangkat lunak ArcGIS dan dikembangkan oleh ESRI dan USGS. DSAS dirancang untuk membantu menghitung perubahan posisi garis pantai atau masalah lainnya terkait perubahan posisi maupun batas suatu wilayah dari waktu ke waktu (Oyedotun, 2014).



Gambar 2. Metode Statistik pada DSAS (Himmelstoss *et al.*, 2021).

Gambar 2 merupakan metode statistik yang digunakan pada DSAS melibatkan pendekatan *Net Shoreline Movement* (NSM), *End Point Rate* (EPR) dan *Shoreline Change Envelope* (SCE). NSM mengindikasikan jarak antara garis pantai pada waktu terlama dan waktu termuda. EPR menggambarkan laju perubahan antara waktu terlama dan waktu termuda. SCE mengukur total perubahan garis pantai dengan mempertimbangkan semua posisi garis pantai yang tersedia dan melaporkan jaraknya tanpa mengacu pada tanggal tertentu.

3. Metodologi

3.1. Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik dilakukan secara otomatis menggunakan software QGIS 3.24 menggunakan *plugin Semi-Automatic Classification Plugin*. Proses koreksi atmosferik Sentinel-2 dilakukan dengan melakukan *apply DOS1 atmospheric correction*. Penerapan *DOS1 atmospheric correction* pada citra Sentinel-2 dilakukan untuk mengoreksi efek-efek atmosferik yang dapat mengganggu akurasi klasifikasi.

3.2. Penggabungan Citra

Penggabungan citra dilakukan karena area Kulon Progo pada citra Sentinel-2 terpotong, sehingga untuk memperoleh citra yang mencakup seluruh area kajian, diperlukan penggabungan dua scene citra. Proses penggabungan dilakukan dengan menggabungkan dua scene citra menjadi satu

menggunakan fungsi merge pada *software* QGIS 3.24. Dengan cara ini, potongan wilayah citra digabungkan menjadi satu citra satelit yang utuh sesuai dengan ROI (*Region of Interest*).

3.3. Cropping Citra

Proses *cropping* (pemotongan) citra dilakukan dengan menggunakan data batas wilayah dalam bentuk *shapefile* untuk Kabupaten Bantul dan Kulon Progo. Dengan demikian, hanya area yang berada dalam batas wilayah tersebut yang akan diproses lebih lanjut. Proses *cropping* citra dilakukan menggunakan *software* QGIS 3.24 menggunakan menu *Clip Raster by Mask Layer*.

3.4. Proses MNDWI

Citra satelit Sentinel-2 yang telah terkoreksi kemudian diolah menggunakan metode *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) untuk memisahkan objek daratan dan lautan. Hasil dari metode MNDWI hanya akan menampilkan rona warna gelap untuk lautan dan rona warna terang untuk daratan. Wilayah pesisir dengan endapan lumpur akan terlihat dengan warna abu-abu. Oleh karena itu, saat melakukan penentuan garis pantai secara visual, perlu dilakukan penyesuaian dan penyempurnaan area daratan yang masih terhitung sebagai bagian dari wilayah daratan. Proses MNDWI pada citra Sentinel-2 dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.5 dengan menggunakan menu *Raster Calculator* menggunakan rumus persamaan (1).

3.5. Thresholding

Thresholding adalah tahap yang dilakukan setelah proses MNDWI untuk membantu dalam proses delineasi antara wilayah daratan dan lautan dengan menggunakan nilai ambang batas (*threshold*). *Thresholding* dilakukan menggunakan algoritma Otsu dan dilakukan secara otomatis menggunakan *software Fiji-Image* melalui menu *Image*, kemudian memilih *adjust* dan *threshold*. Algoritma Otsu akan bekerja dengan menentukan nilai ambang batas optimal untuk setiap citra pada setiap tahunnya yang memaksimalkan perbedaan antara *piksel* daratan dan lautan.

3.6. Ekstraksi Garis Pantai

Proses ekstraksi garis pantai dilakukan menggunakan ArcMap 10.5 dengan melakukan konversi hasil *thresholding* yang berupa data raster menjadi data vektor menggunakan *tools Raster to Polygon*. Hasil konversi data *raster* menjadi poligon ini kemudian dilakukan konversi menjadi data vektor berupa garis menggunakan *tools Feature to Line*. Proses konversi garis pantai dilakukan pada hasil pengolahan *thresholding* citra Sentinel-2 dalam rentang tahun 2019 hingga 2023.

3.7. Koreksi Pasang Surut

Untuk menganalisis perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh variasi tinggi muka air laut, diperlukan penyesuaian koordinat saat kondisi pasang dan surut untuk mendapatkan elevasi muka air laut yang sesuai dengan kondisi normal. Analisis ini dilakukan menggunakan elevasi *Mean Sea Level* (MSL) untuk mendapatkan hasil yang konsisten. Dalam proses ini, faktor kemiringan pantai dan pasang surut sangat penting. Kemiringan pantai dihitung menggunakan data elevasi dari BATNAS, dengan baseline sejauh 1-kilometer ke arah laut yang sejajar dengan garis pantai. Selain itu, data pasang surut dianalisis menggunakan metode harmonik untuk mendapatkan konstanta pasang surut, yang membantu menentukan rentang pasang surut. Koreksi pasang surut dilakukan menggunakan *software* MIKE 21, yang memberikan hasil dengan resolusi dan akurasi tinggi (Dayanti, 2022).

3.8. Analisis dan Perhitungan DSAS

Dalam analisis menggunakan DSAS, tahap pertama yang krusial adalah memastikan atribut dan tipe atribut pada *shoreline* dan *baseline* sesuai untuk analisis. Kesalahan dalam penamaan atribut dapat menyebabkan *error* saat analisis. Pada pembuatan transek, jumlahnya bervariasi sesuai dengan bentuk dan kondisi garis pantai yang diamati. Untuk data Sentinel-2, transek dibuat sepanjang 2000 meter dengan interval 10 meter, mempertimbangkan resolusi spasial sensor dan kebutuhan analisis perubahan garis pantai.

3.9. Perhitungan Luas Perubahan Garis Pantai

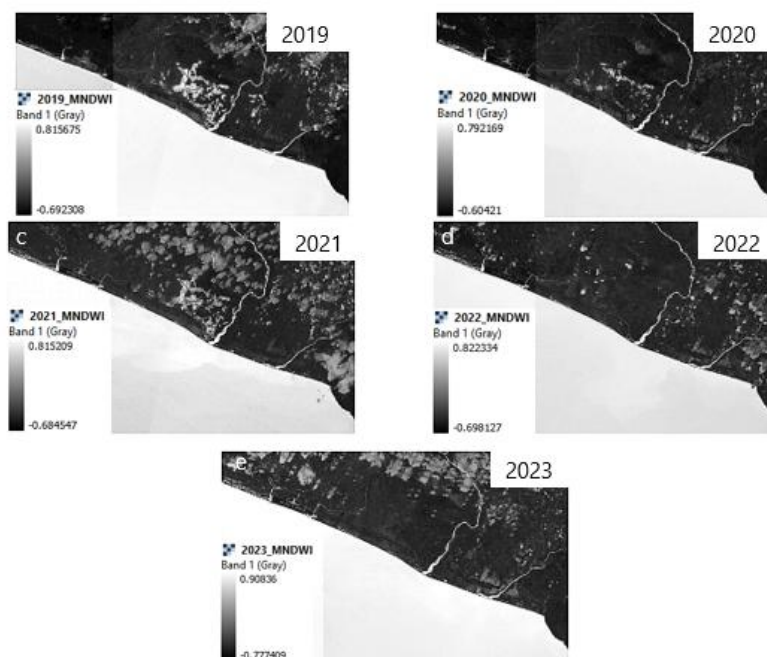
Perhitungan luas perubahan garis pantai dilakukan dengan melakukan *overlay* garis pantai dari tahun terlama dan terbaru. Garis pantai tersebut diubah menjadi poligon dengan menarik garis dari ujung-ujungnya ke baseline. Proses *overlay* menggunakan union untuk menggabungkan fitur dan atribut kedua data, menghasilkan data gabungan. Luas abrasi dan akresi kemudian dihitung otomatis menggunakan *Tools Calculate Geometry*, dengan hasil dalam satuan hektar (ha).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)

Hasil dari penerapan indeks spektral MNDWI terlihat pada Gambar 3. Pada gambar hasil MNDWI, warna citra yang dominan terlihat adalah abu-abu karena indeks MNDWI memiliki rentang nilai antara -1 hingga 1. Area dengan nilai negatif menunjukkan tanah atau area yang tidak memiliki air, ditunjukkan dengan warna abu-abu gelap atau mendekati -1. Sementara itu, nilai positif di atas 0

menunjukkan keberadaan badan air seperti laut, sungai atau danau dengan ditunjukkan oleh warna abu-abu terang atau mendekati 1.



Gambar 4. Hasil MNDWI.

4.2. Thresholding

Hasil dari penentuan nilai ambang batas menggunakan algoritma Otsu bervariasi dari tahun ke tahun. Nilai ambang batas yang dihitung melalui Otsu *Thresholding* memisahkan intensitas piksel menjadi dua kelas yang berbeda, yaitu daratan dan lautan. Piksel dengan nilai intensitas yang lebih tinggi dari nilai ambang batas yang telah ditentukan maka dikategorikan sebagai daratan. Sebaliknya, piksel dengan nilai intensitas yang lebih rendah dari nilai ambang batas yang telah ditentukan maka dikategorikan sebagai lautan. Nilai ambang batas Otsu *Thresholding* yang dihasilkan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai ambang batas otsu

Tahun	Nilai Otsu Threshold
2019	-0,03
2020	0,04
2021	0,03
2022	0,16
2023	0,06

Pada Gambar 6, disajikan hasil *thresholding* yang telah dilakukan. Area daratan dengan nilai intensitas piksel yang lebih tinggi dari nilai ambang batas yang telah ditentukan ditunjukkan dengan warna hijau. Sedangkan, area lautan dengan nilai intensitas piksel yang lebih rendah dari nilai ambang batas ditunjukkan dengan warna biru.

4.3. Hasil Koreksi Pasang Surut

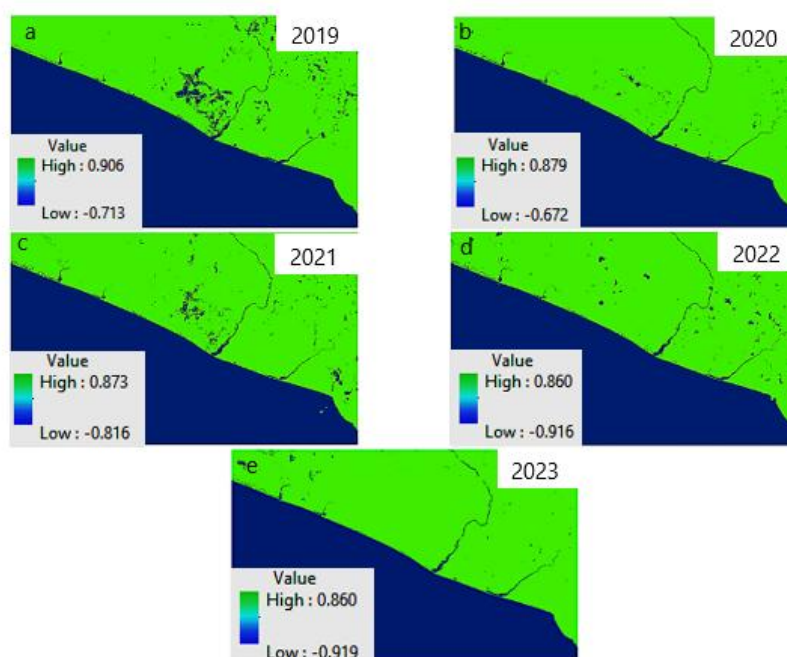
Hasil koreksi secara vertikal untuk keseluruhan garis pantai sesuai lokasi studi yang akan dianalisis pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Koreksi Pasang Surut

Tahun	Akuisisi Citra Satelit			Slope (°)	MSL (m)	Kondisi	Jarak Koreksi (m)
	Tanggal	Waktu (GMT)	Waktu (Lokal)				
2019	26/09/2019	02:35:51 AM	09:35:51 AM	1,575	1,865	Surut	0,816
2020	21/08/2020	02:35:51 AM	09:35:51 AM	1,553	1,855	Surut	1,060
2021	25/09/2021	02:35:51 AM	09:35:51 AM	1,378	1,766	Surut	1,156
2022	27/07/2022	02:35:51 AM	09:35:51 AM	1,433	2,018	Surut	1,166
2023	27/07/2023	02:35:51 AM	09:35:51 AM	1,372	1,986	Surut	1,016

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai koreksi garis pantai yang dipengaruhi oleh perubahan pasang surut. Posisi garis pantai diatur sesuai dengan nilai koreksi pasang surut yang telah ditentukan pada masing-masing tahun analisis citra. Nilai koreksi tersebut tidak ada yang melebihi

resolusi spasial citra Sentinel-2, yaitu 10 meter. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perubahan pasang surut tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan garis pantai yang dipantau menggunakan citra satelit Sentinel-2.



Gambar 5. Hasil Thresholding.

4.4. Analisis Perubahan Garis Pantai

4.4.1. Panjang Garis Pantai

Dari hasil ekstraksi garis pantai yang telah dilakukan diperoleh informasi mengenai panjang garis pantai di Kabupaten Bantul dan Kulon Progo dari tahun 2019 hingga 2023. Informasi panjang garis pantai didapatkan dari atribut tabel garis pantai di setiap tahunnya menggunakan *tools calculate geometry* pada *software* ArcMap 10.5 untuk menghitung panjang garis pantai. Informasi panjang garis pantai dari hasil pengolahan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Panjang Garis Pantai

Tahun	Kabupaten		Total
	Bantul (km)	Kulon Progo (km)	
2019	15,206	26,733	41,939
2020	15,112	26,839	41,951
2021	15,287	26,658	41,945
2022	15,122	26,889	42,011
2023	15,092	26,935	42,027
2019	15,206	26,733	41,939
2020	15,112	26,839	41,951

Dari Tabel 3, dapat diketahui bahwa total panjang garis pantai yang terpanjang yaitu pada tahun 2023 dengan total panjang sebesar 42,027 km. Sementara itu, total garis pantai terpendek yaitu pada tahun 2019 dengan total panjang garis pantai sebesar 41,939 km. Dengan menghitung selisih panjang garis pantai setiap tahun maka akan diperoleh nilai perubahan garis pantai. Nilai perubahan panjang garis pantai dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perubahan Panjang Garis Pantai

Tahun	Kabupaten		Total
	Bantul (km)	Kulon Progo (km)	
2019 - 2020	- 0,094	+ 0,106	+ 0,012
2020 - 2021	+ 0,175	- 0,810	+ 0,635
2021 - 2022	- 0,165	+ 0,231	+ 0,066
2022 - 2023	- 0,030	+ 0,046	+ 0,016

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa perubahan panjang garis pantai di Kabupaten Bantul dan Kulon Progo mengalami variasi selama periode lima tahun dari 2019 hingga 2023. Secara total, perubahan panjang garis pantai kedua kabupaten menunjukkan kecenderungan peningkatan. Pada tahun 2019 hingga 2020, terdapat peningkatan total sebesar 0,012 km. Pada tahun 2020 hingga 2021,

terdapat peningkatan total sebesar 0,635 km. Sementara itu, pada tahun 2021 hingga 2022, terdapat peningkatan total sebesar 0,066 km dan pada tahun 2022 hingga 2023, terdapat peningkatan total sebesar 0,016 km.

Setiap tahun garis pantai memiliki panjang yang berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya faktor seperti gelombang, arus laut, pasang surut, iklim, sedimentasi, maupun pembangunan infrastruktur pantai. Semua faktor ini bekerja secara bersamaan, menyebabkan perubahan panjang garis pantai yang bervariasi dari tahun ke tahun.

4.4.2. Perubahan Posisi Garis Pantai

Metode yang digunakan dalam perhitungan perubahan posisi garis pantai pada penelitian ini yaitu menggunakan metode NSM dan EPR. Berdasarkan hasil perhitungan garis pantai yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai rata-rata jarak perubahan garis pantai dan rata-rata laju perubahan garis pantai. Nilai rata-rata jarak dan laju perubahan garis pantai di pesisir Kabupaten Bantul disajikan pada Tabel 5 dan Kabupaten Kulon Progo disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Rata-Rata Jarak dan Laju Perubahan Garis Pantai Kabupaten Kulon Progo

Tahun	Abrasi			Akresi		
	Jarak (m)	Laju (m/tahun)	Jumlah Transek	Jarak (m)	Laju (m/tahun)	Jumlah Transek
2019-2020	28,820	31,874	1280	9,742	10,774	208
2020-2021	16,777	15,348	516	20,475	18,731	974
2021-2022	18,514	22,153	963	14,960	17,901	527
2022-2023	11,404	11,404	295	27,250	27,250	1194
2019-2023	16,369	4,270	923	19,033	4,966	566

Tabel 6. Rata-Rata Jarak dan Laju Perubahan Garis Pantai Kabupaten Kulon Progo

Tahun	Abrasi			Akresi		
	Jarak (m)	Laju (m/tahun)	Jumlah Transek	Jarak (m)	Laju (m/tahun)	Jumlah Transek
2019-2020	25,032	27,685	2485	5,991	6,626	95
2020-2021	8,360	7,647	727	12,920	11,820	1853
2021-2022	12,237	14,642	1742	13,596	16,269	838
2022-2023	7,427	7,427	365	17,687	17,687	2215
2019-2023	16,280	4,247	1861	18,115	4,726	729

Berdasarkan hasil perhitungan perubahan garis pantai di Kabupaten Bantul yang disajikan dalam Tabel 5, terlihat bahwa laju abrasi paling tinggi terjadi pada periode 2019 hingga 2020, dengan rata-rata laju abrasi mencapai 31,874 m/tahun dan jarak perubahan sebesar 28,820 m. Hal ini menunjukkan adanya pengikisan pantai yang cukup signifikan selama periode tersebut, yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti peningkatan aktivitas gelombang laut, curah hujan yang tinggi, atau dampak dari kondisi iklim yang ekstrem. Pada periode tahun 2019 hingga 2020, Provinsi D.I. Yogyakarta mengalami cuaca ekstrem, dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah mengeluarkan peringatan dini terkait cuaca di laman resmi mereka selama periode tersebut.

Kabupaten Bantul juga mengalami laju akresi tertinggi, yaitu pada periode 2022 hingga 2023 dengan rata-rata laju 27,250 m/tahun dan jarak perubahan yang sama, yakni 27,250 m. Peningkatan akresi ini terkait dengan adanya sedimentasi yang lebih tinggi atau intervensi manusia seperti pembangunan infrastruktur pelindung pantai yang mampu menahan laju abrasi dan meningkatkan deposisi material sedimen di area pesisir.

Analisis di Kabupaten Kulon Progo yang ditampilkan pada Tabel 6 menunjukkan pola perubahan yang berbeda. Laju abrasi tertinggi terjadi pada periode 2019 hingga 2020 dengan rata-rata laju 27,685 m/tahun dan jarak perubahan 25,032 m. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu belum dibangunnya bangunan infrastruktur untuk mengendalikan abrasi seperti bangunan jetty di area Sungai Bogowonto serta adanya cuaca ekstrem pada periode tersebut.

Kabupaten Kulon Progo juga mengalami laju akresi tertinggi tercatat pada periode 2022 hingga 2023 dengan rata-rata laju 17,687 m/tahun dan jarak perubahan yang sama, 17,687 m. Perbedaan pola ini mengindikasikan adanya faktor-faktor lokal yang memengaruhi dinamika pantai, seperti kondisi morfologi pesisir, keberadaan vegetasi pantai, serta interaksi antara aliran sungai dan dinamika gelombang laut. Terlebih lagi, Kabupaten Kulon Progo memiliki banyak muara sungai sehingga dapat mempengaruhi besarnya perubahan di daerah tersebut.

4.4.3. Perubahan Luas Abrasi dan Akresi

Dari hasil garis pantai yang diperoleh dapat diketahui bahwa Kabupaten Bantul dan Kulon Progo mengalami abrasi dan akresi. Perubahan luas abrasi dan akresi di Kabupaten Bantul dan Kulon Progo hasil pengolahan citra Sentinel-2 disajikan dalam bentuk tabel dan diagram. Hasil perubahan luas abrasi dan akresi menggunakan citra Sentinel-2 yang disajikan pada Tabel 7.

Dari Tabel 7, terlihat bahwa terdapat fluktuasi yang cukup signifikan dalam luas abrasi dan akresi di Kabupaten Bantul dan Kabupaten Kulon Progo selama periode 2019-2023. Kabupaten Bantul mengalami abrasi paling tinggi pada periode tahun 2019 hingga tahun 2020 dengan luas 36,839 ha.

Sedangkan abrasi paling kecil di Kabupaten Bantul terjadi di periode tahun 2022 hingga tahun 2023 dengan luas 3,329 ha. Pada tahun 2022 hingga tahun 2023 Kabupaten Bantul juga mengalami akresi tertinggi dengan luas 32,775 ha. Akresi terkecil di Kabupaten Bantul terjadi pada periode tahun 2020 hingga tahun 2021 dengan luas 2,001 ha. Jika dihitung perubahan secara langsung dari periode tahun 2019 hingga 2023, Kabupaten Bantul mengalami abrasi dengan luas 14,949 ha dan 10,827 ha.

Tabel 7. Perubahan Luas Abrasi dan Akresi

Kabupaten	Tahun	Kategori	Luas (ha)
Bantul	2019-2020	Abrasi	36,839
		Akresi	2,001
	2020-2021	Abrasi	8,519
		Akresi	19,926
	2021-2022	Abrasi	17,938
		Akresi	7,801

Tabel 8. Perubahan Luas Abrasi dan Akresi (Lanjutan)

Kabupaten	Tahun	Kategori	Luas (ha)
Bantul	2022-2023	Abrasi	3,329
		Akresi	32,775
	2019-2023	Abrasi	14,949
		Akresi	10,827
	2019-2020	Abrasi	61,618
		Abrasi	0,826
2020 - 2021	Akresi	6,086	
	Abrasi	23,898	
Kulon Progo	2021 -2022	Akresi	21,279
		Abrasi	11,057
	2022 - 2023	Abrasi	2,643
		Akresi	38,730
	2019 - 2023	Abrasi	30,012
		Akresi	12,896

Pada perhitungan luas abrasi dan akresi di Kabupaten Kulon Progo, tercatat luas abrasi maksimum terjadi pada tahun 2019 hingga tahun 2020 dengan luas 61,618 ha. Abrasi terkecil terjadi pada periode tahun 2022 hingga tahun 2023 dengan luas 2,643 ha. Sementara itu, akresi maksimum di Kabupaten Kulon Progo terjadi pada periode tahun 2022 hingga 2023 dengan luas akresi sebesar 38,730 ha. Akresi minimum terjadi pada periode tahun 2019 hingga 2020 dengan luas akresi 0,826 ha. Jika dihitung perubahan secara langsung dari periode tahun 2019 hingga 2023, Kulon Progo mengalami abrasi dengan luas 30,012 ha dan akresi dengan luas 12,896 ha.

Secara keseluruhan, selama periode 2019-2023, luas abrasi dan akresi di kedua kabupaten mengalami variasi. Kabupaten Bantul mencatat rata-rata luas abrasi sebesar 16,656 Ha dan rata-rata akresi sebesar 15,626 Ha, sedangkan Kabupaten Kulon Progo mencatat luas abrasi rata-rata sebesar 22,907 Ha dan akresi rata-rata sebesar 18,628 Ha. Nilai rata-rata abrasi dan akresi di Kabupaten Kulon Progo lebih besar dari Kabupaten Bantul. Hal ini disebabkan oleh garis pantai di Kabupaten Kulon Progo lebih panjang dari Kabupaten Bantul.



Gambar 6. Perubahan Luas Kabupaten Bantul dan Kulon Progo.

Berdasarkan Gambar 6, perubahan luas abrasi dan akresi di Kabupaten Bantul dan Kulon Progo sangat fluktuatif. Kabupaten Bantul mengalami abrasi yang lebih dominan dengan presentase 51,60% dari total perubahan yang terjadi, sementara abrasi di Kabupaten Bantul memiliki presentase 48,40%. Kabupaten Kulon Progo juga mengalami abrasi yang dominan dengan presentase 55,15% dari total perubahan yang terjadi di Kabupaten tersebut. Sedangkan, abrasi terjadi dengan presentase sebesar 44,85%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai perubahan garis pantai di Kabupaten Bantul dan Kulon Progo selama periode 2019 hingga 2023, perubahan garis pantai di kedua kabupaten menunjukkan dinamika yang berbeda. Kabupaten Bantul mengalami penambahan panjang garis pantai sebesar +0,175 km pada periode 2020 hingga 2021, sementara Kabupaten Kulon Progo mengalami penurunan panjang sebesar -0,810 km pada periode yang sama. Perubahan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti gelombang, arus laut, pasang surut, iklim, sedimentasi, dan pembangunan infrastruktur pantai. Selain itu, Kabupaten Bantul mencatat perubahan abrasi tertinggi dengan rata-rata jarak 28,820 m dan laju 31,874 m/tahun pada periode 2019 hingga 2020, serta perubahan akresi tertinggi dengan rata-rata jarak 27,250 m dan laju 27,250 m/tahun pada periode 2022 hingga 2023. Sementara itu, Kabupaten Kulon Progo mengalami abrasi tertinggi dengan rata-rata jarak 25,032 m dan laju 27,685 m/tahun pada periode 2019 hingga 2020, dan akresi tertinggi dengan rata-rata jarak 17,687 m dan laju 17,687 m/tahun pada periode 2022 hingga 2023. Secara keseluruhan, abrasi mendominasi perubahan garis pantai di kedua kabupaten, dengan luas total abrasi sebesar 66,625 ha di Kabupaten Bantul dan 91,626 ha di Kabupaten Kulon Progo, di mana abrasi tertinggi terjadi pada periode 2019 hingga 2020 dengan luas masing-masing 36,839 ha dan 61,618 ha.

6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Survei dan Pemetaan Dasar atas ilmu, bimbingan, dan nasihat yang telah diberikan selama masa perkuliahan hingga penyusunan penelitian ini. Dukungan dan pengetahuan yang telah diberikan sangat berharga dalam menyelesaikan penelitian ini dan diharapkan penelitian ini dapat menjadi dasar yang kuat untuk pengembangan ilmu pengetahuan lebih lanjut.

7. Daftar Pustaka

- Bird, E. C. F. (Eric C. F. (2008). *Coastal Geomorphology: An Introduction* (Second Edi). John Wiley & Sons Ltd.
- Boak, E. H., & Turner, I. L. (2005). Shoreline Definition and Detection: A Review. In *Journal of Coastal Research* (Vol. 21, Issue 4, pp. 688–703). <https://doi.org/10.2112/03-0071.1>
- European Space Agency. (2014). Sentinel -2 User Handbook.
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2021). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2021–1091. U.S. Geological Survey, 2021–1091, 104. <https://doi.org/10.3133/ofr20211091>
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing - A Remote Sensing Perspective*, 3rd Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Otsu, N., Smith, P. L., Reid, D. B., Environment, C., Palo, L., Alto, P., & Smith, P. L. (1979). Otsu 1979 Otsu Method. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, C(1), 62–66.
- Oyedotun, T. D. T. (2014). Shoreline geometry: DSAS as a tool for Historical Trend Analysis. *Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis*.
- Rahayu, & Candra, D. S. (2014). Koreksi Radiometrik Citra Landsat-8 Kanal Multispektral Menggunakan Top of Atmosphere (Toa) Untuk Mendukung Klasifikasi Penutup Lahan. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh, Ldcm*, 762–768.
- Surinati, D. (2007). Pasang Surut dan Energinya. *Oseana*, Vol XXXII(1):15-22.
- Triatmodjo, B. (1999). *TEKNIK PANTAI*. BETA OFFSET.
- Xu, H. (2006). Modification of Normalized Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>.