

Analisis Perubahan Garis Pantai Pesisir Domas, Serang, Banten dari Tahun 1988 hingga 2023 Berdasarkan Data Citra Satelit Landsat

Rendy Syahril Amanu, Muhammad Jouhar Syah, Krisna Dwi Oktabrian,
Imma Redha Nugraheni*

Program Studi Meteorologi, Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Jl. Perhubungan I No.5, Pd. Betung, Kec. Pd. Aren, Kota Tangerang Selatan, Banten 15221, Indonesia.
*Corresponding author, e-mail: imma.redha@stmkg.ac.id

ABSTRAK: Perubahan garis pantai merupakan salah satu fenomena yang terjadi di daerah pesisir. Di Indonesia perubahan garis pantai dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik alami maupun antropogenik. Penelitian ini berfokus pada analisis perubahan garis pantai di sekitar Pesisir Domas, Serang, Banten dari tahun 1988 hingga 2023 menggunakan data citra satelit Landsat. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memetakan dan mengukur perubahan garis pantai yang terjadi dari tahun 1988 hingga 2023. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Normalized Difference Water Index* (NDWI) untuk interpretasi garis pantai serta analisis perubahan luasan garis pantai. Selain itu digunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) untuk analisis jarak perubahan garis pantai serta identifikasi perubahan garis pantai. Hasil penelitian menunjukkan perubahan garis pantai yang terjadi selama periode penelitian cukup signifikan dengan total luasan daerah berkurang 388 hektar atau rata-rata berkurang 11,08 hektar per tahun. Analisis DSAS berdasarkan nilai *Net Shoreline Movement* (NSM) menunjukkan bahwa perubahan jarak garis pantai rata-rata adalah -368,76 meter, dengan perubahan terbesar adalah 1.032,6 meter. Nilai *End Point Rate* (EPR) menunjukkan laju rata-rata perubahan per tahun sebesar -10,69 meter, dengan nilai EPR terbesar adalah -29,5 meter. Penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi kemunduran garis pantai yang disebabkan abrasi.

Kata kunci: Pesisir; Perubahan garis Pantai; Abrasi; Landsat

Analysis of Changes in the Coastal Line of Domas, Serang, Banten from 1988 to 2023 Based on Landsat Satellite Image Data

ABSTRACT: Change of coastline is one of the phenomena occurring in coastal areas. Numerous factors, both natural and man-made, can affect the coastline in Indonesia. The research focuses on analyzing changes in the coastline around the coasts of Domas, Serang, Banten from 1988 to 2023 using Landsat satellite image data. The main objective of this study is to map and measure the changes in the coastline that occurred from 1988 to 2023. The methods used in this study are the *Normalized Difference Water Index* (NDWI) for coastline interpretation and analysis of coastline area changes. The *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) is also used to analyze distances of coastal line changes and identify changes in coastal lines. The research showed that the coastline changes occurred significantly, with the total area measuring 388 hectares, or an average decrease of 11.08 hectares per year. DSAS analysis based on *Net Shoreline Movement* (NSM) indicates that the average coastline distance change is -368.76 meters, with the most considerable change being 1.032.6 meters. The *End Point Rate* (EPR) indicates an average rate of change per year of -10.69 meters, with the maximum EPR value being -29.5 meters. In this study, it shows that there is a change in the coastline due to abrasion.

Keywords: Coast; Coastline changes; Abrasion; Landsat

PENDAHULUAN

Pantai merupakan tempat bertemunya darat, laut dan udara yang saling berinteraksi satu sama lain serta terbentuk ketika gelombang melewati tepi daratan selama berjuta juta tahun,

sehingga mengalami pengikisan (Hariyanto, 2018). Pantai adalah suatu tempat yang sangat krusial dalam proses terjadinya perubahan garis pantai (Islam *et al.*, 2022.). Topografi, gelombang, pasang surut, dan angin menjadi faktor yang menentukan cepat dan lambatnya perubahan garis pantai di suatu wilayah pesisir (Opa, 2011). Menurut Laporan Penilaian Keenam (AR6) dari Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC), perubahan garis pantai merupakan salah satu dampak paling nyata dan langsung dari perubahan iklim yang diakui secara global (IPCC, 2023).

Perubahan garis pantai cenderung terjadi akibat adanya penambahan ataupun pengurangan daratan yang ditandai dengan maju atau mundurnya garis pantai (Triatmodjo, 1999). Menurut Darmiati *et al.* (2020), terdapat dua faktor yang secara umum mempengaruhi perubahan garis pantai, yaitu faktor alami dan faktor antropogenik (peran manusia).

Perubahan garis pantai merupakan suatu dinamika alami yang terjadi secara berlanjut di pantai seluruh dunia. Menurut Lubis *et al.* (2018), arah pergerakan muatan sedimen dapat dipengaruhi oleh pergerakan arus. Arus dapat memindahkan muatan sedimen dari satu tempat ke tempat lain di sepanjang pantai atau membawa muatan sedimen dari satu sel pantai ke sel pantai yang lain atau membawa muatan sedimen keluar ke perairan lepas pantai. Arus membawa muatan sedimen atau memindahkan sedimen tersebut dari satu pantai ke pantai lain atau bahkan sedimen tersebut dapat dilepaskan di perairan lepas pantai. Kondisi seperti ini sangat dipengaruhi oleh proses pemindahan atau pelepasan sedimen cenderung terjadi pada daerah sekitar pantai (*nearshore process*), karena pada lokasi ini pantai dapat beradaptasi dengan sangat baik terhadap kondisi yang terjadi (Aldian *et al.*, 2022).

Energi arus di wilayah pantai berperan penting dalam pengangkutan sedimen. Energi arus yang kuat akan membawa sedimen yang banyak begitu pun sebaliknya. Energi arus sekitar pantai yang lemah, membawa sedimen dalam jumlah yang sedikit pula. Daerah dengan arus sekitar pantai yang kuat memiliki arus sejajar pantai yang dapat mengikis sedimen dasar untuk mengambil massa sedimen yang terangkut oleh arus dalam jumlah yang besar (Panalaran *et al.*, 2019). Perubahan garis pantai memiliki dampak yang cukup berbahaya dan merugikan masyarakat di wilayah pesisir.

Pesisir Domas merupakan wilayah yang merasakan secara langsung dampak dari perubahan garis pantai di sepanjang Pesisir Domas. Domas merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Pontang, Kabupaten Serang yang memiliki luas wilayah 7,29 km². Berdasarkan data BPS Kabupaten Serang tahun 2017, pada tahun 2016 jumlah penduduk Domas mencapai 4.427 jiwa dengan sumber pencaharian utama adalah di bidang pertanian, peternakan dan perikanan. Hasil survei menunjukkan masyarakat Domas khususnya pria bekerja sebagai nelayan kecil dan sebagian wanita rata-rata tidak bekerja (Shalihah *et al.*, 2017). Kehidupan masyarakat Domas sangat bergantung pada sektor perikanan, namun yang menjadi permasalahan adalah telah terjadinya perubahan garis pantai di wilayah Pesisir Domas dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar bagi para Masyarakat di Pesisir Domas khususnya di sektor perikanan.

Kemajuan pendidikan dan teknologi memberikan banyak kemudahan bagi penulis dalam melakukan penelitian. Pemetaan perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan menggunakan citra satelit Landsat yang dapat menampilkan data garis pantai dari tahun ke tahun. Menurut Islam *et al.* (2022), Ketersediaan data Citra Satelit Landsat yang dapat diunduh secara gratis serta menyediakan data rekaman dengan rentang waktu yang panjang merupakan kelebihan dari Citra Satelit Landsat dalam melakukan *monitoring* jarak jauh. Dalam penelitian ini, data citra satelit Landsat yang digunakan mencakup rentang tahun 1988 hingga 2024. Citra diambil dari satelit Landsat 4-5, Landsat 7, dan Landsat 8-9, dengan menggunakan sensor TM (*Thematic Mapper*), ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), dan OLI (*Operational Land Imager*). Adapun *band* yang digunakan adalah *Green dan Near Infrared* (NIR), yang secara konsisten diterapkan pada berbagai tahun pengambilan data untuk memastikan keseragaman dalam analisis spektral dan temporal. Resolusi spasial yang cukup baik menjadi komponen pendukung yang sangat penting dalam melakukan pemetaan perubahan garis pantai. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai perubahan garis pantai menggunakan data Citra Landsat 8 diperlukan untuk mengetahui dan memetakan perubahan garis pantai. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan memberikan gambaran perubahan garis pantai di wilayah Pesisir Domas, Kabupaten Serang yang diberikan melalui pemetaan perubahan garis pantai menggunakan penginderaan jarak jauh menggunakan satelit.

MATERI DAN METODE

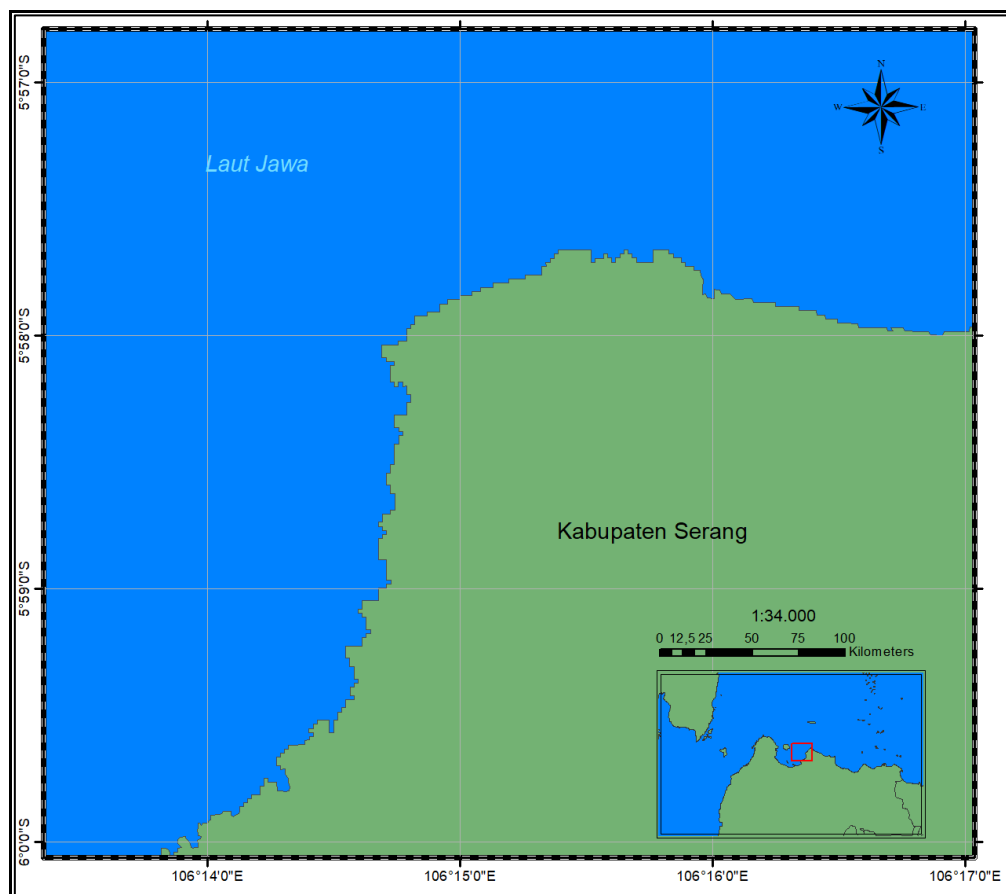
Penelitian kali ini dilakukan di sekitar Pesisir Domas Kecamatan Pontang dan Kecamatan Tirtayasa, Kabupaten Serang. Pesisir Kabupaten Serang merupakan daerah yang berada di utara pulau Jawa dan berbatasan langsung dengan laut utara Jawa (Anwar *et al.*, 2020). Untuk lokasi penelitian seperti pada Gambar 1.

Dalam penelitian ini digunakan rentang waktu dari tahun 1988 hingga 2023 untuk melihat perubahan garis pantai Pesisir Domas, Serang selama 35 tahun, dengan periode interpretasi setiap lima tahun pada tahun 1988, 1993, 1998, 2003, 2008, 2013, 2018 dan 2023.

Penelitian kali ini menggunakan sebuah *personal computer (PC)* dengan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis yang terpasang, yaitu ArcGIS untuk interpretasi citra satelit dan juga perangkat lunak tambahan *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* sebagai salah satu metode analisis perubahan garis pantai (Angger *et al.*, 2018). Kedua perangkat lunak tersebut menjadi alat utama untuk pengolahan data.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *shapefile* dari lokasi penelitian yang berguna untuk pemotongan citra satelit serta data citra satelit *Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM)*, *Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)* dan *Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)*.

Dalam penelitian ini digunakan saluran *Green* dan *Near Infrared (NIR)* dari seluruh tipe satelit Landsat (Özelkan, 2020). Seluruh data tersebut tersedia dalam *website* milik USGS (*United States Geological Survey*) yang dapat diakses melalui <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Untuk lebih rinci dari seluruh data citra satelit Landsat dapat dilihat dalam Tabel 1 (U.S. Geological Survey, 2018).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tabel 1. Data satelit yang digunakan dalam penelitian

Tahun Pengambilan Data	Satelit	Sensor	Band
1988	Landsat 4-5	TM	Green, Near Infrared (NIR)
1993	Landsat 4-5	TM	Green, Near Infrared (NIR)
1998	Landsat 4-5	TM	Green, Near Infrared (NIR)
2003	Landsat 7	ETM+	Green, Near Infrared (NIR)
2008	Landsat 7	ETM+	Green, Near Infrared (NIR)
2013	Landsat 8-9	OLI	Green, Near Infrared (NIR)
2018	Landsat 8-9	OLI	Green, Near Infrared (NIR)
2023	Landsat 8-9	OLI	Green, Near Infrared (NIR)

Dalam pengolahan data digunakan metode NDWI (*Normalized Difference Water Index*) untuk mendapatkan interpretasi garis pantai. Selanjutnya analisis DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) digunakan untuk menghitung statistik laju perubahan dari berbagai posisi garis pantai historis (Wicaksono *et al.*, 2020).

Pada tahap awal dilakukan *cropping image* atau *masking* data citra satelit Landsat dengan data *shapefile* lokasi penelitian. Pemotongan citra diperlukan untuk mendapatkan data yang sesuai dengan kebutuhan penelitian (Hasan *et al.*, 2019).

Untuk interpretasi garis pantai menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan metode NDWI untuk mendeteksi air. Hal ini dikarenakan air memiliki kemampuan lebih kuat menyerap panjang gelombang *near-infrared* (NIR) (McFeeters, 2013). Perhitungan NDWI sendiri menggunakan dua saluran pada satelit Landsat yaitu *Green* dan *NIR* (Anggraini *et al.*, 2017), menggunakan rumus dari NDWI sebagai berikut (Gao, 1996):

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

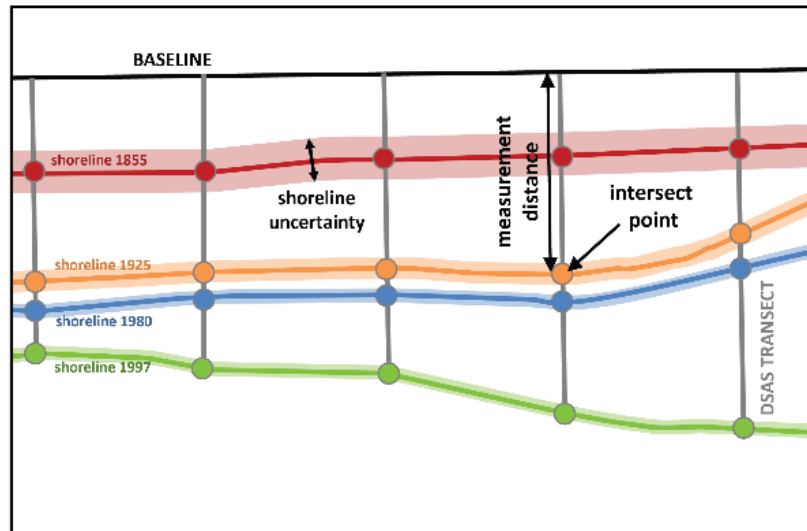
Dalam hasil perhitungan NDWI, diasumsikan jika air memiliki nilai NDWI lebih besar dari nol dan bukan air diasumsikan nilai NDWI lebih kecil atau sama dengan nol (Anggraini *et al.*, 2017). Hasil tersebut menghasilkan sebuah interpretasi garis pantai (Wicaksono *et al.*, 2020).

Seluruh hasil interpretasi garis pantai di tumpang susun atau *overlay* dimulai dari tahun 1988, 1993, 1998, 2003, 2008, 2013, 2018 dan 2023. Dengan demikian diperoleh sebuah poligon perbedaan garis pantai dengan rentang waktu (Hakim *et al.*, 2014). Selanjutnya diperoleh perubahan luasan garis pantai dalam rentang waktu dengan melakukan perhitungan luasan poligon menggunakan alat *calculate geometry* (Anggraini *et al.*, 2017).

Hasil interpretasi citra garis pantai menggunakan NDWI digunakan untuk melakukan perhitungan jarak perubahan garis pantai menggunakan DSAS (Hasan *et al.*, 2019). DSAS merupakan sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh USGS (*United States Geological Survey*) (Hakim *et al.*, 2014).

DSAS digunakan untuk melakukan perhitungan jarak perubahan garis pantai menggunakan sebuah titik acuan. Parameter titik acuan yang dibutuhkan adalah *shoreline* dan *baseline*. Garis perubahan diukur dengan garis tegak lurus dari *baseline* (Himmelstoss *et al.*, 2021). *Baseline* diambil dari garis pantai tahun 2023, yang kemudian ditarik mundur sejauh 100 meter, dengan jarak antar transek sebesar 30 meter. Parameter titik acuan dapat dilihat pada Gambar 2.

DSAS menghasilkan perpotongan jarak dari titik acuan *shoreline* dan *baseline* untuk menentukan terjadinya abrasi atau akresi (Aniendra *et al.*, 2020). Metode DSAS dalam penelitian akan menggunakan metode NSM (*Net Shoreline Movement*) dan EPR (*End Point Rate*) (Himmelstoss *et al.*, 2021). NSM digunakan untuk melihat perubahan jarak garis pantai dari tahun pertama ke tahun terakhir penelitian (Wicaksono *et al.*, 2020). Sedangkan EPR digunakan untuk menghitung rata-rata laju perubahan garis pantai dengan membagi total perubahan jarak garis pantai dengan total rentang tahun (Hakim *et al.*, 2014).



Gambar 2. Parameter titik acuan metode DSAS, sumber : *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide Open*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan data citra satelit Landsat diperoleh interpretasi garis pantai pada tahun 1988, 1993, 1998, 2003, 2008, 2013, 2018 dan 2023 dalam bentuk poligon yang di *overlay*. Luasan perubahan garis pantai diperoleh menggunakan perhitungan luas poligon menggunakan alat *calculate geometry*. sehingga diperoleh hasil yang ditampilkan pada Gambar 3.

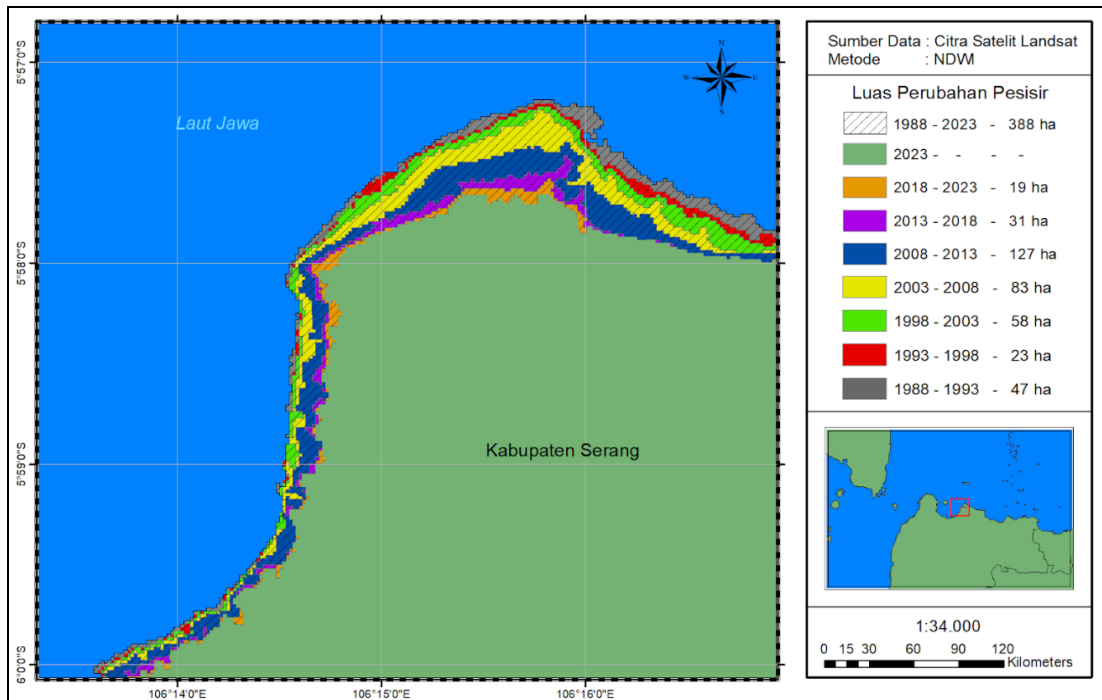
Gambar 3 memperlihatkan perubahan garis pantai di sekitar Pesisir Domas Kabupaten Serang yang cukup signifikan. Periode 1988-1993, yang direpresentasikan dengan warna hitam, menunjukkan pengurangan luas wilayah pesisir sebesar 47 hektar. Perubahan dari tahun 1993-1998, diwakili oleh warna merah, menunjukkan pengurangan seluas 23 hektar. Untuk tahun 1998-2003, warna hijau muda menandakan pengurangan wilayah sebesar 58 hektar. Sementara itu, warna kuning untuk periode 2003-2008 mengindikasikan pengurangan sebesar 83 hektar. Periode 2008-2013, ditandai dengan warna biru, memiliki pengurangan terbesar dalam rentang lima tahun, yaitu 127 hektar. Warna ungu, yang melambangkan periode 2013-2018, menunjukkan pengurangan sebesar 31 hektar dan untuk periode terakhir 2018-2023, diwakili oleh warna oranye, terjadi pengurangan seluas 19 hektar. Warna hijau digunakan untuk menunjukkan garis pantai di tahun 2023. Secara total, terjadi pengurangan luas wilayah akibat abrasi sebesar 388 hektar dari tahun 1988 hingga 2023 berdasarkan interpretasi citra satelit, dengan rata-rata perubahan tahunan sekitar 11,08 hektar di Pesisir Domas, Kabupaten Serang.

Dalam DSAS memberikan nilai laju perubahan dalam nilai negatif (-) dan positif (+) (Aniendra et al., 2020). Nilai negatif (-) dalam DSAS menandakan terjadinya abrasi atau berkurangnya daerah pesisir. Sedangkan nilai positif (+) menandakan terjadinya akresi atau penambahan daerah pesisir (Maharani et al., 2023).

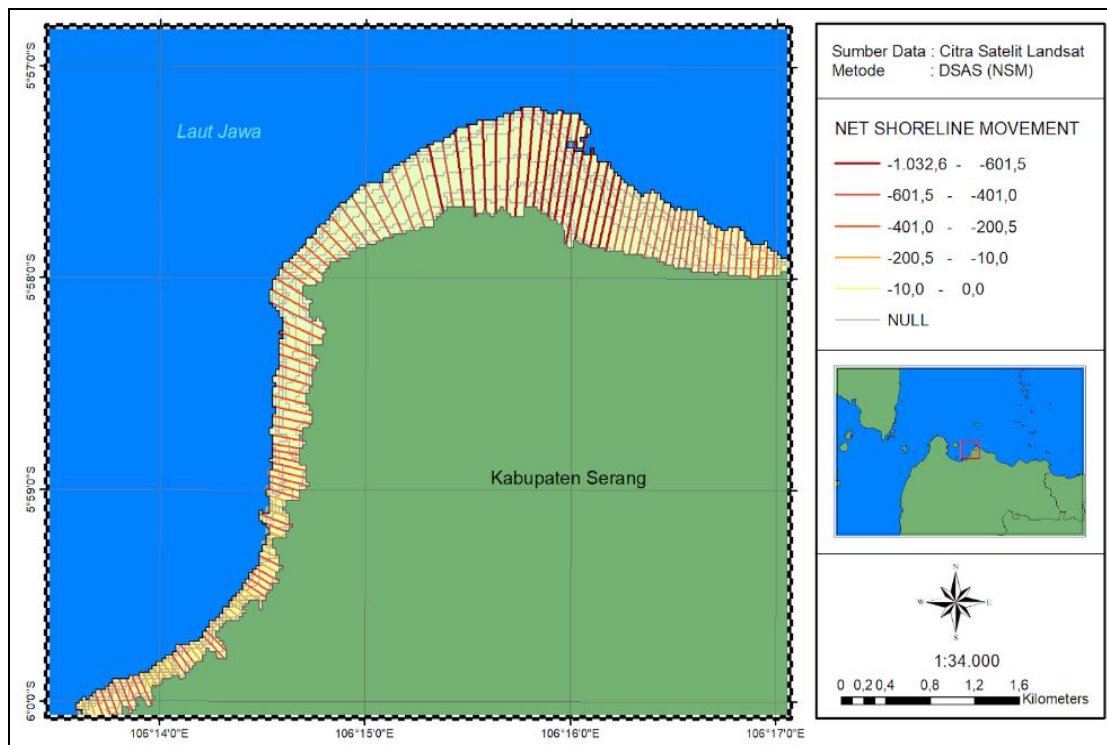
Net Shoreline Movement (NSM) memberikan nilai dan gambaran jarak perubahan garis pantai yang pada tiap *transects* (Hasan et al., 2019). Dalam kasus perubahan garis pantai pesisir kabupaten Serang dalam rentang waktu 1988 – 2023 terdapat 130 *transects* dimana seluruh *transects* menggambarkan terjadinya abrasi.

Mengacu pada Gambar 5, dalam periode studi, area yang digambarkan dengan garis merah tua mengindikasikan pergeseran garis pantai terbesar dengan NSM antara -1.032,6 hingga -601,5 meter. Area dengan garis merah menandakan perubahan yang signifikan namun lebih kecil, dengan NSM antara -601,5 hingga -401,0 meter. Area dengan garis oranye tua mencerminkan tingkat erosi sedang, dengan NSM antara -401,0 hingga -200,5 meter. Selanjutnya, area dengan garis oranye

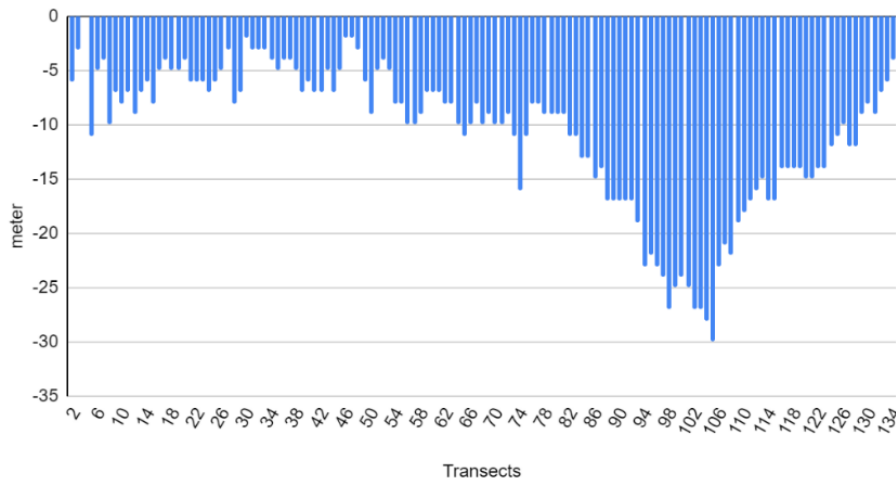
mewakili erosi lebih ringan, dengan NSM antara -200,5 hingga -10,0 meter. Sedangkan area kuning menggambarkan stabilitas pantai atau perubahan minimal, dengan NSM antara -10,0 hingga 0,0 meter.



Gambar 3. Perubahan garis pantai di Pesisir Domas tahun 1988, 1993, 1998, 2003, 2008, 2013, 2018, 2023



Gambar 4. Analisis laju perubahan garis pantai di Pesisir Domas menggunakan DSAS



Gambar 5. Nilai *End Point Rate* abrasi Pesisir Domas

Rata rata perubahan jarak pesisir kabupaten Serang sebesar -368,76 meter, dengan perubahan jarak garis pantai terbesar mencapai 1.032,6 meter. Area Pesisir Domas yang terletak pada bagian utara pada peta, mengalami perubahan garis pantai yang paling ekstrim dimana perubahan sekitar 600 hingga 1032 meter.

Gambar 6 memperlihatkan nilai *End Point Rate* (EPR) untuk abrasi di Pesisir Domas. EPR mengukur laju rata-rata perubahan garis pantai per tahun selama periode penelitian. Grafik menunjukkan bahwa semua nilai EPR negatif, menandakan terjadinya pengurangan garis pantai dari tahun 1988 hingga 2023. Nilai EPR tertinggi yang tercatat adalah -29,5 meter, yang mengindikasikan perubahan yang sangat signifikan di Pesisir Domas. Rata-rata, EPR untuk perubahan garis pantai dari 1988 hingga 2023 adalah -10,69 meter.

Penurunan garis pantai di Pesisir Kabupaten Serang selama periode ini menegaskan temuan sebelumnya oleh Husrin *et al.* (2014), yang juga mencatat abrasi di wilayah tersebut. Penyebab abrasi di Pesisir Domas, seperti yang dijelaskan dalam penelitian tersebut, mengharuskan intervensi mitigatif. Hartati *et al.* (2016) menyarankan beberapa upaya mitigasi, termasuk konservasi tanaman mangrove dan pembangunan pemecah gelombang, untuk mengatasi abrasi di daerah yang terdampak.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data citra satelit Landsat dan penggunaan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), terjadi perubahan signifikan pada garis pantai di Pesisir Domas, Kabupaten Serang, dari tahun 1988 hingga 2023. Abrasi atau pengikisan pantai menjadi penyebab utama perubahan ini, dengan total luasan daerah yang berkurang mencapai 388 hektar, atau rata-rata 11,08 hektar per tahun. Nilai *Net Shoreline Movement* (NSM) menunjukkan perubahan jarak garis pantai rata-rata adalah -368,76 meter, dengan perubahan jarak terbesar adalah sebesar 1.032,6 meter. Nilai *End Point Rate* (EPR), yang merupakan nilai laju rata-rata per tahun selama rentang waktu penelitian, menunjukkan perubahan terbesar sebesar -29,5 meter per tahun, dengan rata-rata nilai EPR keseluruhan sebesar -10,69 meter per tahun. Studi ini memberikan data dan wawasan yang berharga untuk pemahaman lebih lanjut tentang dinamika garis pantai di wilayah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Aldian, R., Zuryani, E., & Ulni, 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): p152. DOI: 10.20961/shes.v5i4.69042

- Angger, E., Dedy, K., & Feny, A., 2018. Pemantauan Perubahan Garis Pantai dengan Interpretasi Citra dan Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Institut Teknologi Nasional Malang Repository*.
- Anggraini, N., Marpaung, S., & Hartuti, M., 2017. Analisis Perubahan Garis Pantai Ujung Pangkah dengan Menggunakan Metode *Edge Detection* dan *Normalized Difference Water Index* (Ujung Pangkah *Shoreline Change Analysis Using Edge Detection Method And Normalized Difference Water Index*). *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 14(2):65–78. DOI: 10.30536/j.pjpdcd.1017.v14.a2545
- Aniendra, A.A., Sasmito, B., & Sukmono, A., 2020. Analisis Perubahan Garis Pantai dan Hubungannya dengan *Land Subsidence* Menggunakan Aplikasi *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) (Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip Januari*, 9(1): 12-19.
- Anwar, S., Winarna, A., & Suharto, P., 2020. Strategi Pemberdayaan Wilayah Pesisir dalam Menghadapi Bencana Tsunami serta Implikasinya Terhadap Ketahanan Wilayah (Studi di Desa Bulakan, Kecamatan Cinangka, Kabupaten Serang, Banten). *Jurnal Ketahanan Nasional*, 26(1): 108. DOI: 10.22146/jkn.52823
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang [BPS]., 2017. Kecamatan Pontang Dalam Angka 2017. BPS Kabupaten Serang. 100 hal.
- 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. DOI: 10.29244/jitkt.v12i1.22815
- Gao, B.C., 1996. NDWI—A *Normalized Difference Water Index For Remote Sensing Of Vegetation Liquid Water From Space*. *Remote Sensing of Environment*, 58(3): 257-266. DOI: 10.1016/S0034-4257(96)00067-3
- Hakim, A.R, Sutikno, S., Fauzi, M., 2014. Analisis Laju Abrasi Pantai Pulau Rangsang di Kabupaten Kepulauan Meranti dengan Menggunakan Data Satelit. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13: 57–62.
- Hartati, R., Pribadi, R., Astuti, R., Yesiana, R., & Yuni, H.I., 2016. Kajian Pengamanan dan Perlindungan Pantai di Wilayah Pesisir Kecamatan Tugu dan Genuk, Kota Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(2): 95–100. DOI: 10.14710/jkt.v19i2.823
- Hariyanto, T.P., Cherie, B.P., & Mukhtar, M.T., 2018. Evaluasi Perubahan Garis Pantai Akibat Abrasi dengan Citra Multitemporal (Studi Kasus Pesisir Kabupaten Gianyar Bali). *Jurnal Geoid*, 14(1): 66-77. DOI: 10.12962/j24423998.v14i1.3822
- Hasan, M.Z., Citra, I.P.A., & Nugraha, A.S.A., 2019. Monitoring Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Jembrana Tahun 1997 – 2018 Menggunakan *Modified Difference Water Index (Mndwi)* Dan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 7(3): 93–102.
- Himmelstoss, E.A., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., & Farris, A.S., 2021. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide Open-File Report 2021-1091. US Geological Survey. DOI: 10.3133/ofr20181179
- Husrin, S., Prihantono, J., & Sofyan, H., 2014. Impacts of Marine Sand Mining Activities to the Community of Lontar Village, Serang-Banten. *Bulletin of the Marine Geology*, 29(2):81-90. DOI: 10.32693/bomg.29.2.2014.68
- IPCC., 2023. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- Islam, H.S., Suryoputro, A.A.D., & Handoyo, G., 2023. Studi Perubahan Garis Pantai 2017 – 2021 di Pesisir Kabupaten Batang, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(4): 19–33. DOI: 10.14710/ijoce.v4i4.15626
- Lubis, R.R.Z., Rizwan, T., Purnawan, S., Ulfah, M., Yuni, S.M., & Setiawan, I., 2018. Studi Perubahan Garis Pantai Timur Laut Kabupaten Aceh Besar dan Pidie Pada Tahun 2002 – 2014. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(2):113. DOI: 10.21107/jk.v11i2.3894

-
- 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. DOI: 10.21107/jk.v16i2.18298
- McFeeters, S.K., 2013. Using the Normalized Difference Water Index (NDWI) Within A Geographic Information System to Detect Swimming Pools for Mosquito Abatement: A Practical Approach. *Remote Sensing*, 5(7): 3544–3561. DOI: 10.3390/rs5073544
- Opa, E.T., 2011. Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 7(3):109-114. DOI: 10.35800/jpkt.7.3.2011.187
- Özelkan, E., 2020. Water body detection analysis using NDWI indices derived from landsat-8 OLI. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2): 1759–1769. DOI: 10.15244/pjoes/110447
- Panalaran, S., Tarigan, T.A.B., & Achiari, H., 2019. Analisis Regresi pada Tren Perubahan Garis Pantai di Pantai Krui dari Digitasi Citra Landsat. *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(1): p.26. DOI: 10.35472/jsat.v3i1.199
- Shalihah, H., Damayanti, T., & Syamsunanro, M.B., 2017. Pemberdayaan Kelompok Wanita Pesisir Melalui Pembuatan Kerupuk Kerang Hijau di Desa Domas Banten. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan dan Ilmu Kelautan*, pp.168–174.
- Triatmodjo, B., 1999. Teknik Pantai. Beta Offset.
- U.S. Geological Survey., 2018. Landsat Collection 2 Level-2. USGS EarthExplorer. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Wicaksono, A.D., Awaluddin, M., & Bashit, N., 2020. Analisis Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode *Net Shoreline Movement* (NSM) dengan Add-In Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Studi Kasus : Pesisir Barat Kabupaten Pandeglang). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2): 21–31.