

Vol. 5 No. 2 (2024), Halaman 129-136



# GEOGRAPHIA

Jurnal Pendidikan dan Penelitian Geografi

ISSN: 2774-6968

## ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DENGAN PENGINDERAAN JAUH DI KABUPATEN BADUNG, BALI INDONESIA

Gilang Maulana Al Muqoddis<sup>1\*</sup>, Ferryati Masitoh<sup>2</sup>

<sup>12\*</sup>Departemen Geografi, Universitas Negeri Malang, Indonesia

Email: [gilang.maulana.2107226@students.um.ac.id](mailto:gilang.maulana.2107226@students.um.ac.id)<sup>1\*</sup>, [ferryati.masitoh.fis@um.ac.id](mailto:ferryati.masitoh.fis@um.ac.id)<sup>2</sup>

Website Jurnal: <http://ejournal.unima.ac.id/index.php/geographia>



Akses dibawah lisensi CC BY-SA 4.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

DOI: 10.53682/gjppg.v5i2.9905

(Diterima: 07-07-2024; Direvisi: 16-10-2024; Disetujui: 08-11-2024)

### ABSTRACT

*This study uses a remote sensing approach to analyze shoreline changes in Badung Regency, Bali, over a seven-year period (2017-2023). The methods used involved the use of Sentinel-2 satellite image data, atmospheric correction, NDWI algorithm, raster to vector data conversion, and spatial analysis. The results showed the dominance of accretion over abrasion in the South Kuta area, influenced by factors such as ocean currents, bay geometry, and human activities. Shoreline shifts occur significantly in the westernmost segment, with minimal abrasion dynamics. Tidal conditions are important in sediment distribution and wave energy influencing shoreline changes. This study highlights the importance of long-term monitoring to plan appropriate mitigation and adaptation measures to shoreline change, with the results providing valuable insights for coastal area management and sustainable development in the South Kuta coastal area.*

**Keywords:** Badung regency, Bali, Remote sensing, Shoreline change.

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai di Kabupaten Badung, Bali, selama periode tujuh tahun (2017-2023), dengan menggunakan pendekatan penginderaan jauh. Metode yang digunakan melibatkan penggunaan data citra satelit Sentinel-2, koreksi atmosferik, algoritma NDWI, konversi data raster ke vektor, dan analisis spasial. Hasil penelitian menunjukkan dominasi akresi dibandingkan dengan abrasi di daerah Kuta Selatan, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti arus laut, geometri teluk, dan aktivitas manusia. Pergeseran garis pantai terjadi secara signifikan di segmen paling barat, dengan minimalnya dinamika abrasi. Keadaan pasang surut memainkan peran penting dalam distribusi sedimen dan energi gelombang yang mempengaruhi perubahan garis pantai. Penelitian ini menyoroti pentingnya pemantauan jangka panjang untuk merencanakan tindakan mitigasi dan adaptasi yang tepat terhadap perubahan garis pantai, dengan hasil yang memberikan wawasan yang berharga bagi pengelolaan wilayah pesisir dan pembangunan berkelanjutan di kawasan pantai Kuta Selatan*

**Kata Kunci:** Bali, Kabupaten Badung, Penginderaan jauh, Perubahan garis pantai

## **PENDAHULUAN**

Kabupaten Badung, Bali, Indonesia, merupakan salah satu daerah pesisir yang memiliki keindahan alam dan nilai ekonomi yang tinggi. Pantai di wilayah ini tidak hanya menjadi daya tarik wisata utama, tetapi juga berfungsi sebagai kawasan ekologi penting yang mendukung berbagai aktivitas ekonomi dan sosial. Namun, seperti halnya daerah pesisir lainnya, garis pantai di Kabupaten Badung mengalami dinamika perubahan yang terus berlangsung akibat berbagai faktor alami dan antropogenik. Perubahan ini tidak hanya berdampak pada ekosistem pesisir, tetapi juga mengancam keberlanjutan ekonomi pariwisata yang menjadi sektor penting bagi daerah tersebut. Oleh karena itu, analisis perubahan garis pantai menjadi sangat penting untuk memahami proses-proses yang terjadi serta implikasinya terhadap lingkungan dan masyarakat setempat.

Pantai adalah wilayah daerah datar atau bergelombang dengan perbedaan ketinggian yang tidak lebih dari 200 meter, yang terbentuk oleh endapan pantai dan sungai yang bersifat lepas (Opa, 2011). Ciri khas pantai adalah adanya bagian yang kering (daratan) dan basah (rawa). Garis pantai, yang merupakan pertemuan antara air laut dan daratan, terus berubah sesuai dengan kondisi pasang surut air laut, gelombang, dan arus laut (Sutikno, 1983).. Perubahan garis pantai dapat berupa akresi (perubahan maju) atau abrasi (perubahan mundur) yang disebabkan oleh proses pengendapan atau pengikisan daratan (Sudarsono, 2011).

Perubahan garis pantai merupakan fenomena alam yang wajar terjadi seiring dengan pasang-surut air laut, gelombang, dan arus laut. Namun, perubahan yang ekstrem, seperti abrasi yang masif atau akresi yang cepat, sering kali diperparah oleh aktivitas manusia, seperti pembangunan infrastruktur yang tidak memperhitungkan dampak ekologis. Di Kabupaten Badung, pembangunan hotel, resor, dan fasilitas wisata lainnya telah mengakibatkan perubahan besar pada ekosistem pantai (Yusuf & Hadi, 2020). Dampak dari aktivitas antropogenik ini diperparah dengan kenaikan permukaan laut akibat perubahan iklim global, yang mempercepat erosi pantai dan memperburuk abrasi. Tanpa pemantauan yang tepat, keberlangsungan ekosistem pantai, yang vital

bagi aktivitas ekonomi dan sosial di wilayah tersebut, dapat terancam (Bintarto, 1968). Oleh karena itu, studi perubahan garis pantai di Kabupaten Badung menjadi relevan dan mendesak untuk dilakukan.

Abrasi pantai merupakan proses pengikisan pantai oleh tenaga gelombang laut dan arus laut yang bersifat merusak (Prayogo, 2021). Proses ini menyebabkan garis pantai mundur karena jumlah sedimen yang terangkut ke suatu titik lebih besar dibandingkan dengan jumlah sedimen yang terangkut keluar. Sebaliknya, akresi adalah proses penambahan wilayah daratan yang ditandai dengan garis pantai yang semakin menuju ke arah laut. Akresi terjadi ketika jumlah sedimen yang diterima lebih banyak daripada yang dipindahkan, yang sering kali terjadi di daerah pantai dengan aliran sungai yang signifikan (Darmiati dkk., 2020; Hakim & Wahyu Krisna Hidajat, 2012).

Penginderaan jauh menawarkan metode yang efektif untuk memantau dan menganalisis perubahan garis pantai secara temporal dan spasial (Sasmito & Suprayogi, 2017) Data citra satelit Sentinel, yang mencakup periode 2017 hingga 2023, menyediakan informasi berharga yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur perubahan garis pantai di Kabupaten Badung. Penginderaan jauh memungkinkan pemantauan yang berkelanjutan dan komprehensif dengan cakupan wilayah yang luas dan resolusi temporal yang tinggi (Stephenson, 2019).

Penelitian ini menghadirkan kebaruan dalam konteks analisis perubahan garis pantai di Kabupaten Badung, dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan data satelit Sentinel. Pemanfaatan data Sentinel dari tahun 2017 hingga 2023 memberikan cakupan temporal yang luas, Data temporal yang luas memungkinkan identifikasi pola perubahan garis pantai yang lebih mendetail dan komprehensif (Prabandaru & Apriyanti, 2023) Selain itu, pendekatan ini menggunakan algoritma NDWI (*Normalized Difference Water Index*) yang dapat meningkatkan akurasi dalam memisahkan area daratan dan perairan (Darmiati dkk., 2020). Metode yang digunakan meliputi pengunduhan data citra Sentinel, koreksi atmosferik, pemilihan citra sesuai area studi, konversi data raster ke vektor, overlay data vektor, dan analisis perubahan garis pantai. Penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas tentang dinamika

perubahan garis pantai, faktor-faktor yang mempengaruhinya, serta dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat setempat. Penggunaan metode ini belum dilakukan di wilayah pesisir Kabupaten Badung, sehingga penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam konteks ilmiah dan praktis.

Hasil Penelitian sebelumnya oleh ([Sasmito & Suprayogi, 2017](#)) menekankan pentingnya teknologi penginderaan jauh untuk pemantauan wilayah pesisir di berbagai negara. Abrasi pantai tidak hanya terjadi di wilayah tropis tetapi juga menjadi isu global yang memerlukan perhatian lebih lanjut ([Prayogo, 2021](#)). Penelitian penggunaan data satelit dalam memantau perubahan pesisir terbukti efektif dalam memberikan informasi yang akurat dan relevan untuk kebijakan penanganan wilayah pesisir. ([Ramadhan dkk., 2018](#)).

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas tentang dinamika perubahan garis pantai, faktor-faktor yang mempengaruhinya, serta dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat setempat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengelolaan wilayah pesisir Kabupaten Badung. Dengan memahami perubahan garis pantai, pemerintah daerah dan pemangku kepentingan lainnya dapat merumuskan strategi yang tepat untuk mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan pesisir, menjaga keberlanjutan ekosistem pantai, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada wilayah pesisir.

## METODE PENELITIAN

### Pengolahan dan Analisis Data

Analisis dan pengolahan data dalam penelitian ini dimulai dengan pengunduhan data citra satelit Sentinel-2 yang mencakup periode 2017 hingga 2023 dari portal Google Earth Engine. Setiap citra yang diunduh kemudian melalui tahap koreksi atmosferik untuk menghilangkan pengaruh atmosfer sehingga diperoleh citra dengan kualitas yang optimal. Koreksi atmosferik ini dilakukan menggunakan perangkat lunak khusus penginderaan jauh, QGIS dengan plugin *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) ([Armita et al., 2022](#)). Proses ini memastikan bahwa data yang digunakan dalam analisis lebih akurat dan dapat diandalkan.

Setelah citra dikoreksi, langkah selanjutnya adalah pemilihan citra yang sesuai dengan area studi di Kabupaten Badung. Citra yang dipilih harus bebas dari awan dan memiliki resolusi temporal yang konsisten untuk memudahkan perbandingan antar tahun. Selanjutnya, algoritma NDWI (*Normalized Difference Water Index*) diterapkan pada citra yang telah dipilih. Algoritma NDWI digunakan untuk mengekstraksi informasi mengenai tubuh air dan membantu dalam identifikasi batas garis pantai. Rumus NDWI adalah sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{\text{Band Hijau} + \text{Band NIR}}{\text{Band Hijau} - \text{Band NIR}}$$

Band hijau dan band inframerah-dekat (NIR) diambil dari citra Sentinel-2 untuk menghasilkan indeks yang memperjelas area perairan. Nilai NDWI positif menunjukkan keberadaan air, sedangkan nilai negatif menunjukkan non-air (seperti vegetasi atau tanah kering) ([Prayogo, 2021](#)).

Hasil dari penerapan NDWI adalah citra raster yang menunjukkan distribusi area perairan. Citra raster ini kemudian dikonversi menjadi data vektor untuk mempermudah analisis spasial. Konversi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak GIS yaitu *ArcGIS*, yang memungkinkan untuk mendapatkan garis pantai dalam bentuk poligon vektor. Data vektor dari setiap tahun (2017-2023) kemudian di-*overlay* untuk memvisualisasikan perubahan garis pantai sepanjang periode penelitian. Proses *overlay* ini membantu dalam mengidentifikasi pergerakan garis pantai baik yang bersifat maju (akresi) maupun mundur (abrasi).

Selain itu, analisis spasial dilakukan untuk mengidentifikasi pola perubahan dan faktor-faktor penyebab, seperti aktivitas manusia, erosi, sedimentasi, dan kondisi oseanografi. Hasil analisis kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta perubahan garis pantai dan grafik yang menunjukkan tren perubahan dari tahun 2017 hingga 2023. Visualisasi ini memberikan gambaran yang jelas mengenai dinamika pesisir di Kabupaten Badung.

Dengan metode analisis dan pengolahan data yang komprehensif ini, penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat dan relevan mengenai perubahan garis pantai di Kabupaten Badung serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi

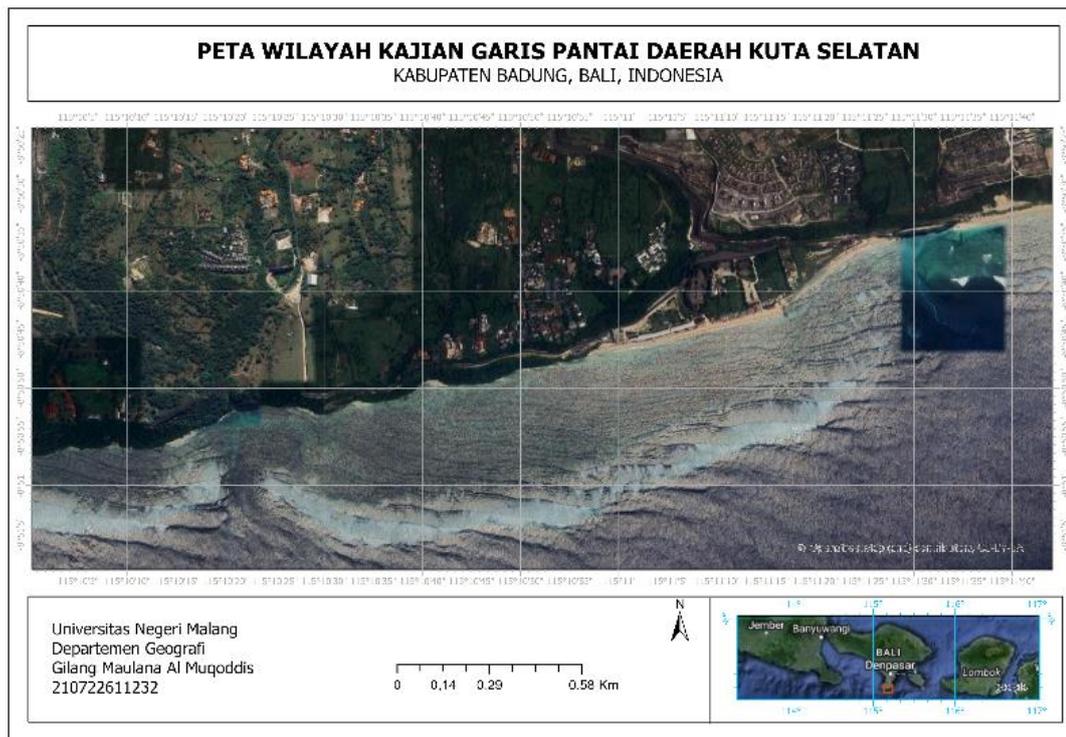
pengambilan kebijakan dan strategi pengelolaan wilayah pesisir yang lebih baik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi Wilayah Kajian

Penelitian ini dilaksanakan selama periode tujuh tahun, dimulai dari tahun 2017 hingga tahun 2023. Penelitian ini melibatkan pengumpulan data citra satelit Sentinel-2 yang mencakup setiap tahun dalam periode tersebut.

Tempat penelitian adalah wilayah pesisir Kabupaten Badung, Bali, Indonesia, yang mencakup pantai-pantai terkenal seperti Kuta, Seminyak, Jimbaran, dan Nusa Dua ([Gambar 1](#)) Kabupaten Badung terletak di bagian selatan Pulau Bali dan dipilih karena merupakan salah satu daerah pesisir yang mengalami perubahan garis pantai yang signifikan serta memiliki nilai ekonomi dan ekologi yang tinggi.



**Gambar 1. Peta Wilayah Kajian**

### Perubahan Garis Pantai di Wilayah Kajian

Kabupaten Badung, terletak di bagian selatan Pulau Bali, Indonesia, merupakan salah satu wilayah pesisir yang terkenal dengan pantai-pantainya yang indah dan memiliki nilai ekonomi serta ekologi yang tinggi. Pantai-pantai seperti Kuta, Seminyak, Jimbaran, dan Nusa Dua bukan hanya menjadi destinasi wisata internasional tetapi juga berperan penting dalam ekosistem pesisir dan kehidupan sosial ekonomi masyarakat setempat.

Perubahan garis pantai di Kabupaten Badung disebabkan oleh berbagai faktor alami dan aktivitas manusia. Faktor alami meliputi proses akresi dan abrasi yang terjadi akibat dinamika laut, seperti gelombang, arus, dan pasang surut. Sedangkan faktor manusia meliputi pembangunan infrastruktur pantai,

aktivitas pariwisata, serta kegiatan industri dan perikanan.

Analisis perubahan garis pantai di daerah Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali, selama periode tujuh tahun (2017-2023), dilakukan untuk memahami dinamika pesisir dan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Sentinel-2, yang dipilih karena memiliki resolusi ruang multi-level yang ideal untuk menganalisis wilayah pantai yang cenderung sempit. Resolusi spasial Sentinel-2 mencapai 10 meter, memungkinkan deteksi perubahan kecil dengan tingkat akurasi yang tinggi, yang dinamis ([Taufik dkk., 2019](#)).

**Hasil Pengolahan Data Garis Pantai**

Analisis perubahan garis pantai di daerah Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali, selama periode tujuh tahun (2017-2023), dilakukan untuk memahami dinamika pesisir dan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini

adalah citra satelit Sentinel-2, yang dipilih karena memiliki resolusi ruang multi-level yang ideal untuk menganalisis wilayah pantai yang cenderung sempit. Resolusi spasial Sentinel-2 mencapai 10 meter, memungkinkan deteksi perubahan kecil dengan tingkat akurasi yang tinggi, yang dinamis.



**Gambar 2. Peta Garis Pantai 2017-2020**



**Gambar 3. Peta Analisis Perubahan Garis Pantai Tahun 2017-2020**



Gambar 4. Peta Analisis Perubahan Garis Pantai Tahun 2021-2023

Tabel 1. Data perhitungan Perubahan garis pantai

Tahun	Luas (m <sup>2</sup> )		Perubahan pada titik Segmen (m)			
	Abrasi	Akresi	1	2	3	4
2017-2020	8.903	1.302	9,81(Abrasi)	9,27(Abrasi)	0,5(Abrasi)	1,73(Abrasi)
2021-2023	574,4	14.730	11,25 (Akresi)	4 (Akresi)	4,26(Akresi)	10,64(Akresi)

Sumber: Olah Data (2024).

### Analisis Perubahan Garis Pantai

Hasil analisis citra menunjukkan bahwa pantai di daerah Kuta Selatan mengalami lebih banyak akresi dibandingkan dengan abrasi selama periode 2017-2023, dengan akresi mencapai 16.032 meter persegi. Akresi ini adalah proses di mana luas pantai bertambah, menyebabkan garis pantai bergerak ke arah laut dan meningkatkan area daratan. Fenomena di Kuta Selatan terutama disebabkan oleh aliran air dari darat yang relatif kecil, sehingga arus laut menjadi faktor dominan (Griggs & Reguero, 2021).

Kartometrik dari garis pantai dibagi menjadi empat segmen: segmen 1 di bagian paling barat, segmen 2 di muara pantai, segmen 3 di tengah pantai, dan segmen 4 di bagian paling timur. Hasil menunjukkan bahwa segmen 1 mengalami pergeseran yang lebih signifikan dibandingkan segmen lainnya. Pergeseran ini menunjukkan pentingnya faktor-faktor lokal seperti geometri teluk dan interaksi antara arus laut dan gelombang dalam dinamika garis pantai (Pang dkk., 2023). Dinamika abrasi di Pantai Kuta Selatan terbilang minimal, hanya

terjadi pada beberapa bagian kecil (Bongarts Lebbe dkk., 2021).

Pasang surut memainkan peran penting dalam perubahan garis pantai, mempengaruhi distribusi sedimen dan energi gelombang yang menghantam pantai. Di Kuta Selatan, arus yang membawa sedimen ke daratan lebih dominan sehingga terjadi akresi lebih banyak. Selain itu, ada kemungkinan penambahan material secara buatan karena Pantai di daerah Kuta Selatan merupakan destinasi wisata yang sangat menarik banyak wisatawan, Pembangunan infrastruktur pariwisata, seperti breakwater dan pengisian pasir pantai, dapat meningkatkan proses akresi buatan (Coast Adapt, 2017).

Penelitian ini menegaskan pentingnya pemantauan jangka panjang terhadap perubahan garis pantai untuk strategi pengelolaan pesisir yang efektif. Alat penginderaan jauh seperti satelit Sentinel-2 dan algoritma NDWI sangat berguna dalam analisis lingkungan pesisir dengan akurasi tinggi (UNFCCC & IUCN, 2022). Pemanfaatan data Perubahan garis pantai memungkinkan identifikasi dini perubahan garis pantai, yang penting untuk tindakan mitigasi dan adaptasi

untuk melindungi wilayah pesisir dari dampak negatif perubahan garis pantai, seperti erosi yang merusak atau akresi yang mengubah ekosistem alami (Abdelhafez dkk., 2024).

Menurut Griggs (2021), "*Coastal adaptation strategies, such as dune rehabilitation and sand nourishment, allow the coast to respond dynamically to change*". Hal ini sesuai dengan konsep teori transportasi sedimen yang menyatakan bahwa arus laut berperan besar dalam dinamika garis pantai. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan dalam menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir dan memajukan pembangunan berkelanjutan di kawasan pantai Kuta Selatan.

## KESIMPULAN

Garis pantai di daerah Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali, mengalami perubahan yang signifikan selama periode tujuh tahun (2017-2023), dengan dominasi akresi yang mencapai 16.032 meter persegi. Penggunaan citra satelit Sentinel-2 dan algoritma NDWI terbukti efektif dalam mendeteksi dan menganalisis perubahan garis pantai. Faktor utama yang menyebabkan akresi adalah arus laut yang membawa sedimen ke pantai, dan adanya penambahan material pasir guna tujuan wisata dan masyarakat. Sementara abrasi terjadi minimal di beberapa segmen. Analisis kartometrik mengungkapkan bahwa segmen paling barat mengalami pergeseran yang paling signifikan. Selain faktor alami, aktivitas manusia juga berkontribusi pada perubahan garis pantai.

## SARAN

Hasil penelitian ini menekankan pentingnya untuk pengelolaan pesisir Kuta Selatan yang berkelanjutan, disarankan pemantauan jangka panjang menggunakan teknologi penginderaan jauh seperti *Sentinel-2* dan NDWI guna mengidentifikasi perubahan garis pantai secara dini. Infrastruktur pariwisata harus dikelola secara hati-hati agar tidak merusak ekosistem, diiringi restorasi ekosistem pesisir. Keterlibatan pemangku kepentingan pemerintah, masyarakat, dan sektor pariwisata perlu ditingkatkan melalui sosialisasi dan kerjasama. Selain itu, kebijakan pengelolaan pesisir berbasis data ilmiah harus dirumuskan untuk mencegah dampak negatif dari perubahan garis

pantai serta mendukung keberlanjutan ekonomi dan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhafez, M. A., Mahmoud, H. N., & Ellingwood, B. R. 2024. Adjusting to the reality of sea level rise: reshaping coastal communities through resilience-informed adaptation. *Climatic Change*, 177(7), 110. <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03763-w>
- Armita, D., Putra, A. N., Sudarto, S., Nita, I., Kusumawati, H., Wahyudianto, D. R., Dienna, H. A., Windari, N. T., Fauzi, A. B., Khairunnisa, I. H., Agustiningsih, S., & Putri, R. L. 2022. Application of Sentinel Images 2-A in Estimation of Potassium in Potatoes. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 141–146. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.15>
- Bongarts Lebbe, T., Rey-Valette, H., Chaumillon, É., Camus, G., Almar, R., Cazenave, A., Claudet, J., Rocle, N., Meur-Férec, C., Viard, F., Mercier, D., Dupuy, C., Ménard, F., Rossel, B. A., Mullineaux, L., Sicre, M.-A., Zivian, A., Gaill, F., & Euzen, A. (2021). Designing Coastal Adaptation Strategies to Tackle Sea Level Rise. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.740602>
- Coast Adapt. 2017. *Adaptation options for managing coastal risks under climate change*. <https://coastadapt.com.au/adaptation-options>.
- 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. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.22815>
- Griggs, G., & Reguero, B. G. 2021. Coastal Adaptation to Climate Change and Sea-

- Level Rise. *Water*, 13(16), 2151.  
<https://doi.org/10.3390/w13162151>
- Hakim, B. A., & Wahyu Krisna Hidajat, dan. 2012. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Semarang*.
- Opa, E. T. 2011. Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis*, 7(3), 109.  
<https://doi.org/10.35800/jpkt.7.3.2011.187>
- Pang, T., Wang, X., Nawaz, R. A., Keefe, G., & Adekanmbi, T. 2023. Coastal erosion and climate change: A review on coastal-change process and modeling. *Ambio*, 52(12), 2034–2052.  
<https://doi.org/10.1007/s13280-023-01901-9>
- Prabandaru, M., & Apriyanti, D. 2023. *Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal Studi Kasus: Kabupaten Pesisir Barat, Lampung (Analysis Of Shoreline Changes Use Multi Temporal Satellite Images Case Study: Pesisir Barat Regency, Lampung)*.  
<https://scihub.copernicus.eu/dhus/>,
- Prayogo, L. M. 2021. Comparison of Normalized Difference Water Index (NDWI) and Sobel Filter Methods in Landsat 8 Imagery for Coastline Extraction. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 16.  
<https://doi.org/10.33512/jpk.v11i1.11004>
- Ramadhan, M. I., Yani, A., & Amaluddin, L. 2018. Interaction Community in Indonesia – Philippines Border (Studies Crossing Borders in Sangihe Island). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 145, 012006.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/145/1/012006>
- Sasmito, B., & Suprayogi, A. 2017. Kajian Kerentanan Ekosistem Pesisir Kabupaten Demak Berdasar Perubahan Garis Pantai dengan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Teknik*, 38(1), 13.  
<https://doi.org/10.14710/teknik.v38i1.12181>
- Stephenson, P. 2019. Integrating Remote Sensing into Wildlife Monitoring for Conservation. *Environmental Conservation*, 46(3), 181–183.  
<https://doi.org/10.1017/S0376892919000092>
- Sudarsono, B. 2011. INVENTARISASI PERUBAHAN WILAYAH PANTAI DENGAN METODE PENGINDERAAN JAUH (STUDI KASUS KOTA SEMARANG). *Jurnal TEKNIK*, 32(2).  
<https://doi.org/doi.org/10.14710/teknik.v32i2.1699>
- Sutikno. 1983. Karakteristik Bentuk dan Geologi Pantai di Indonesia. *DIKLAT PU WIL III Dirjen Pengairan Departemen PU*.
- Taufik, M., Nugraini, L. D., Pratomo, D. G., Kurniawan, A., & Utama, W. 2019. Detection of Arosbaya Coastline Changes Using Sentinel-2A (Study Year of 2015-2018). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 328(1), 012045.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/328/1/012045>
- UNFCCC, & IUCN. 2022. *Innovative Approaches for Strengthening Coastal and Ocean Adaptation Integrating Technology and Nature-based Solutions*.
- Yusuf, I., & Hadi, T. S. 2020. STUDI LITERATUR: DAMPAK PENGEMBANGAN PARIWISATA TERHADAP PERUBAHAN LAHAN. *Pondasi*, 25(2), 157.  
<https://doi.org/10.30659/pondasi.v25i2.13041>