

# Data Pesawat Udara Tanpa Awak untuk Pendukung Analisis Dinamika Pesisir dan Erosi Pantai (Studi Kasus Pantai Pandansimo, Bantul, DIY)

Hendy Fatchurohman<sup>a,1\*</sup>, Like Indrawati<sup>a,2</sup>, Iswanti Rahayu Ningtiyas<sup>a,3</sup>, Nur Anisa Nadhira, Sasvita Gevi Meliyasari<sup>a,4</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Sistem Informasi Geografis, Departemen Teknologi Kebumihan, Universitas Gadjah Mada

<sup>1</sup>[hendy.fatchurohman@ugm.ac.id](mailto:hendy.fatchurohman@ugm.ac.id); <sup>2</sup>[like.indrawati@ugm.ac.id](mailto:like.indrawati@ugm.ac.id); <sup>3</sup>[iswantiarahayu@mail.ugm.ac.id](mailto:iswantiarahayu@mail.ugm.ac.id);

<sup>4</sup>[nur.anisa.nadhira@mail.ugm.ac.id](mailto:nur.anisa.nadhira@mail.ugm.ac.id); <sup>5</sup>[sasvitagevi@mail.ugm.ac.id](mailto:sasvitagevi@mail.ugm.ac.id)

Informasi artikel	A B S T R A K
Sejarah artikel	Kawasan pesisir menjadi salah satu area yang paling rentan terhadap ancaman bencana akibat percepatan perubahan iklim. Salah satu ancaman yang hampir terjadi di seluruh Kawasan pesisir di dunia adalah erosi pantai. Kawasan Pesisir Kabupaten Bantul, DIY menjadi salah satu area yang terdampak cukup parah oleh erosi pantai. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengetahui proses dinamika pesisir di Kawasan Pantai Pandansimo ; (2) Memetakan tingkat kecepatan abrasi di Pantai Pandansimo, dan (3) Mengetahui penyebab utama dari proses erosi pantai yang terjadi. Citra satelit resolusi tinggi Pleiades dengan resolusi spasial 50cm digunakan untuk mengetahui perubahan garis pantai secara temporal. Selain itu, citra satelit yang diperoleh dari Google Earth juga digunakan untuk analisis dari tahun 2010-2021. Perubahan garis pantai dihitung menggunakan software DSAS. Data morfologi detail didapatkan dari hasil akuisisi foto udara menggunakan pesawat tanpa awak multirotor. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa proses dinamika pesisir didominasi oleh proses erosi pantai. Tercatat nilai kemunduran garis pantai rerata sebesar 2.46 meter/tahun. Erosi pantai yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor hidrodinamik dan morfodinamik seperti peningkatan kejadian gelombang ekstrem, berkurangnya suplai sedimen fluvial, dan fenomena perubahan iklim.
Diterima : 05-07-2023	
Revisi : 03-08-2023	
Dipublikasikan : 18-08-2023	
<b>Kata kunci:</b> <i>Bencana Pesisir Abrasi UAV Bantul</i>	<b>A B S T R A C T</b> <i>The coastal area is one of the most vulnerable areas to the threat of disaster due to the acceleration of climate change. One of the almost universal threats in coastal areas worldwide is coastal erosion. The coastal area of Bantul District, Special Region of Yogyakarta, is one of the areas that is quite severely affected by coastal erosion. This research aims to (1) determine the dynamics of the coastal area in the Pandansimo Beach area; (2) map the rate of abrasion at Pandansimo Beach, and (3) determine the leading causes of the coastal erosion that occurs. High-resolution Pleiades satellite data with a 50cm spatial resolution is used to determine the temporal changes in the coastline. In addition, satellite imagery from Google Earth is also used for the analysis from 2010-2021. The changes in the coastline are calculated using the DSAS software. Detailed morphological data was obtained from the acquisition of aerial photos using a multicopter unmanned aircraft. Based on the analysis, it was found that the process of coastal erosion dominated the dynamics of the coastal area. The average coastline regression value was recorded at 2.46 meters/year. Hydrodynamic and morphodynamic factors such as wind and wave forces, diminishing of fluvial sediment supply, and climate change are believed to cause coastal erosion.</i>
<b>Keywords:</b> <i>Disaster Coast Coastal Erosion UAV Bantul</i>	

## Pendahuluan

Kawasan pesisir merupakan salah satu area yang paling terdampak oleh fenomena perubahan iklim. Kawasan pesisir terpapar terhadap berbagai jenis ancaman bencana seperti

peningkatan muka air laut, cuaca ekstrem, perubahan garis pantai (Clark, 2017; Marfai, 2014). Kawasan pesisir juga tergolong menjadi area yang sangat dinamis akibat dari berlangsungnya proses alam maupun antropogenik yang terjadi secara

terus menerus (Rezaee et al., 2022). Perubahan garis pantai merupakan salah satu contoh dari hasil proses dalam dinamika pesisir yang bisa disebabkan oleh berbagai hal (Bird, 2008). Perubahan garis pantai adalah suatu proses tanpa henti (terus-menerus) melalui berbagai proses alami di pantai yang meliputi pergerakan sedimen, arus menyusur pantai (*longshore current*), aksi gelombang permukaan laut dan penggunaan lahan (Arief et al., 2011). Proses dinamika pesisir ini dapat menyebabkan penambahan daratan (*land gaining*) atau penambahan area perairan (*sea gaining*) sesuai dengan proses yang lebih dominan.

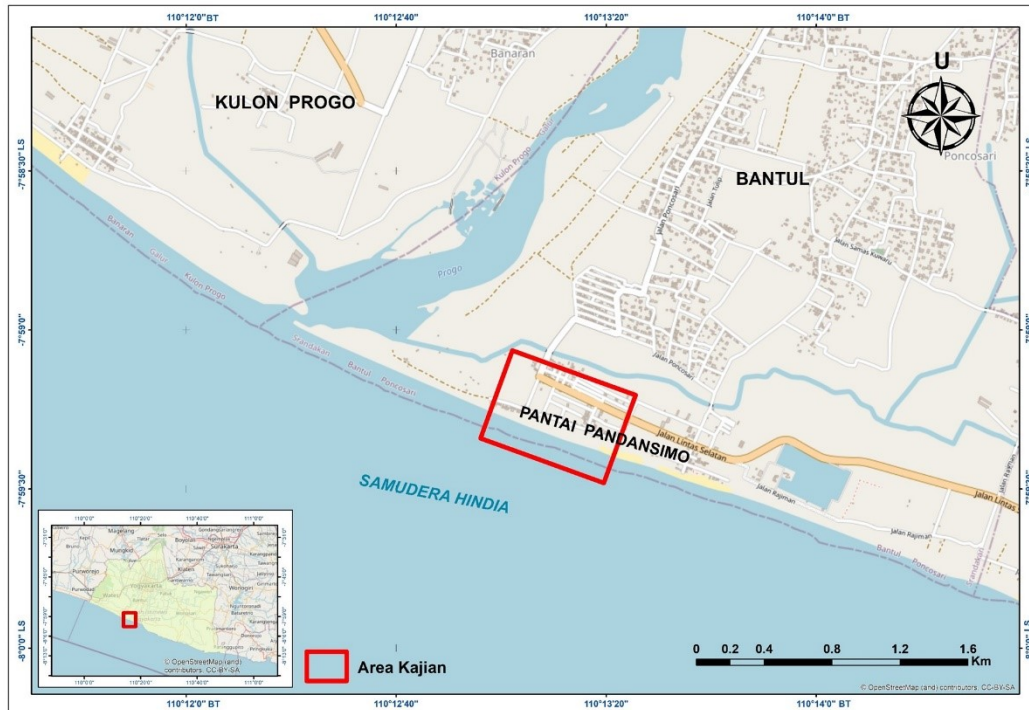
*Garis* pantai (*shoreline*) merupakan pertemuan antara pantai (daratan) dan air (lautan). Suatu tinggi muka air tertentu dipilih untuk menjelaskan posisi garis pantai, yaitu garis air tinggi (*high water line*) sebagai garis pantai dan garis air rendah (*low water line*) sebagai acuan kedalaman (Sudarsono, 2011). Kawasan pesisir yang memiliki keterkaitan erat dengan perubahan garis pantai adalah area gisik (*beach*). Gisik merupakan akumulasi material endapan hasil proses gelombang yang berada sepanjang garis pantai (Short, 2012). Dinamika morfologi di Kawasan pantai berpasir / gisik cenderung lebih tinggi akibat pengaruh tenaga angin, ombak, dan transport sedimen (Andrade & Ferreira, 2006; Gomes da Silva et al., 2018).

Pemantauan secara regular menggunakan citra dengan resolusi spasial dan temporal yang tinggi sangat penting untuk memberikan gambaran terhadap dinamika kepebisiran dan proses yang berlangsung di dalamnya. Pemantauan langsung mengenai parameter morfologi di lapangan membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit, sehingga teknologi penginderaan jauh menjadi salah satu alternatif untuk menyajikan data mengenai dinamika pesisir. Teknologi penginderaan jauh mampu memberikan gambaran mengenai kondisi morfologi pesisir dengan resolusi spasial dan temporal yang memadai (Hendy Fatchurohman et al., 2022; M.A. Marfai et al., 2018; Queiroz et al., 2022).

Perkembangan teknologi pesawat tanpa awak dalam sepuluh tahun terakhir juga banyak memberikan alternatif baru dalam pemantauan Kawasan pesisir dengan resolusi spasial dan temporal yang lebih tinggi. Data foto udara dan *digital elevation model* (DEM) yang dihasilkan dari pesawat tanpa awak mampu menyajikan berbagai parameter seperti morfologi dan penggunaan lahan secara detail dan aktual. Kombinasi dari pemanfaatan data foto udara dan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) kini juga banyak dimanfaatkan untuk pemantauan dinamika pesisir (Angnuureng et al., 2022; Astsatryan et al., 2022; H Fatchurohman & Handayani, 2022; Jaud et al., 2019; Nativí-Merchán et al., 2021; Siyal et al., 2022).

Biaya operasional yang rendah dan fleksibilitas UAV juga memungkinkan survei dengan interval perulangan yang pendek di lokasi penelitian untuk memantau perubahan garis pesisir dan menyelidiki dampak dari kejadian badai yang berpengaruh terhadap erosi pantai. Selain itu, pertimbangan biaya, waktu, dan faktor lingkungan juga menjadikan aplikasi UAV lebih efisien dalam pemantauan di daerah dengan kapasitas terbatas (Clark, 2017). Hal ini sangat sesuai diterapkan dalam konteks manajemen area pesisir di daerah di Indonesia, yang notabene otonom.

Penelitian ini dilakukan di Pantai Pandansimo yang berada di Kecamatan Srandakan Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Letak astronomis Pantai Pandansimo berada pada 7° 59' 15,94" Lintang Selatan dan 110° 13' 3,94" Bujur Timur (Gambar 1). Pantai Pandansimo menjadi salah satu pantai yang terdampak berat oleh erosi pantai. Perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Pandansimo telah menjadi isu lingkungan di Kabupaten Bantul selama beberapa tahun terakhir. Analisis terhadap perubahan garis pantai dapat digunakan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai proses erosi pantai yang terjadi. Lebih jauh, analisis perubahan garis pantai dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan kebencanaan, penataan ruang, pengelolaan sumberdaya alam, hingga perencanaan kawasan.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

Dalam rangka identifikasi proses dinamika pesisir yang akurat, maka pendekatan yang tepat dan komprehensif perlu dilakukan. Pemanfaatan data spasial-temporal yang memadai akan mendukung proses identifikasi dinamika pesisir yang terjadi di Kabupaten Bantul, khususnya di Pantai Pandansimo. Pemanfaatan teknologi geospasial modern juga diharapkan mampu menemukan faktor-faktor penyebab dinamika pesisir, sehingga dapat dirumuskan rekomendasi penanganan yang tepat.

### Metode

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu interpretasi data dasar dan satelit temporal, survey lapangan dan analisis data. Data dasar yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta RBI Edisi 1 Tahun 1998 Kabupaten Bantul skala 1:25.000, Citra satelit Landsat 8 OLI (2013-2021), citra satelit resolusi tinggi Pleiades (Tahun 2017-2020), Citra SPOT (2017-2020) dan data citra satelit google (tahun 2010, 2012, 2015, 2018, dan 2020). Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan bantuan Software ArcGIS dengan *plugin* DSAS untuk mengetahui perubahan garis pantai berdasarkan data citra satelit yang berbeda waktu (tahun).

*Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) adalah suatu perangkat lunak yang dapat

digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai dari waktu ke waktu secara otomatis. DSAS memanfaatkan data garis pantai multitemporal dalam seri waktu tertentu untuk menunjukkan laju perubahan. Beberapa perhitungan yang dapat dilakukan dengan DSAS diantaranya *Shoreline Change Envelope* (SCE), *Net Shoreline Movement* (NSM), *End Point Rate* (EPR) dan *Linear Regression Rate* (LRR). Dengan menggunakan metode ini kita akan dapat mengamati perubahan apa saja yang terjadi, apakah terjadi abrasi atau terjadi akresi di wilayah tersebut. Adapun penentuan batas garis pantai dilakukan berdasarkan Petunjuk Teknis Penentuan Garis Pantai Pasang Tertinggi Indikatif yang diterbitkan Badan Informasi Geospasial tahun 2021.

Salah satu alasan utama identifikasi garis pantai secara historis adalah untuk mempermudah prediksi dan tren dari perubahan di masa depan. Apabila laju perubahan garis pantai di masa depan dalam laju yang seimbang, maka kejadian erosi pantai akan lebih mudah diprediksi dan ditanggulangi. Data seri garis pantai secara temporal menjadi sangat penting sebagai dasar identifikasi perubahan garis pantai (Addo et al., 2008)

Data penggunaan lahan detail serta kondisi morfologi diperoleh dengan cara akuisisi

data foto udara menggunakan pesawat tanpa awak. Pemotretan udara dilakukan menggunakan pesawat tanpa awak / Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dengan tipe multirotor yaitu DJI Mavic 2 Zoom. Pengambilan data foto udara dilakukan dengan menggunakan kontrol auto-pilot menggunakan perangkat lunak Drone Deploy. Aplikasi tersebut memiliki kemampuan untuk membuat jalur terbang secara otomatis sesuai dengan *area of interest* yang ditentukan. Ketinggian terbang diatur pada *altitude* 150 m di atas permukaan tanah, dengan cakupan area seluas 224 hektar. Front overlap diatur sebesar 80 % dan sidelap sebesar 75 %. Hal ini untuk memastikan bahwa foto dapat diproses secara sempurna melalui perangkat lunak Agisoft.

Perangkat lunak Agisoft ini mengolah data foto udara menjadi orthophoto dan Digital Surface Model (DSM) melalui pendekatan *structure from motion*. Foto udara dikombinasikan dengan pengambilan koordinat terestrial menggunakan GPS Geodetik sebagai *Ground Control Point* (GCP) untuk memaksimalkan hasil pemrosesan. *Marker* atau penanda disebar secara merata pada area pemotretan untuk selanjutnya diukur menggunakan GPS Geodetik. Hasil data DSM kemudian dirubah menjadi Digital Terrain Model (DTM) menggunakan perangkat lunak PCI Geomatica. Konversi dari DSM ke DTM bertujuan untuk menghilangkan tutupan lahan dan memberikan kesan topografi yang lebih akurat untuk analisis morfologi.

### Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data foto udara di area yang terdampak abrasi dilakukan pada ketinggian 150 m dengan kecepatan terbang sekitar 15 m/detik. Area pemotretan memiliki nilai *front overlap* sebesar 75% dan *side overlap* sebesar 65%. Arah jalur terbang dibuat sejajar dengan garis pantai, yaitu dari arah barat ke timur. Area pemotretan Pantai Pandansimo mencakup area seluas 28 hektar. Jumlah foto yang diambil adalah sebanyak 179 foto. Kamera yang digunakan memiliki Panjang fokus 5 mm yang menghasilkan nilai *Ground Sample Distance* (GSD) sebesar 3.72 cm/piksel.

Pengukuran *Ground Control Point* (GCP) dilakukan untuk meningkatkan akurasi hasil pemotretan udara. Penempatan lokasi GCP ditandai dengan menggunakan *marker* yang

diidentifikasi melalui foto udara. Penempatan lokasi GCP mempertimbangkan sebaran secara vertikal dan horizontal sesuai dengan *Area of Interest* (AOI), dalam kasus ini GCP untuk Pantai Pandansimo tersebar di lima titik. Pengukuran GCP menghasilkan tingkat akurasi dengan *total error* sebesar 26.8 cm, dengan rincian nilai error X sebesar 21.65 cm, y sebesar 15.67 cm, dan Z sebesar 2.8 cm.

Hasil pengolahan foto udara menghasilkan data mosaik foto udara tegak (*orthomosaic image*) dan data *Digital Surface Model* (DSM). Hasil tersebut selanjutnya diuji untuk mengetahui tingkat akurasi data spasial yang digunakan. Ketelitian peta merupakan nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian antara posisi dan atribut sebuah objek pada peta dengan posisi objek dan atribut pada lokasi sebenarnya. Proses uji akurasi berpedoman pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 (BIG, 2014). tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasa. Melalui hasil uji akurasi diperoleh data luaran yang meliputi nilai akurasi rata-rata horizontal, nilai akurasi rata-rata vertikal, nilai RMSE, akurasi CE90 dan akurasi LE90.

RMSE adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dan nilai koordinat dari sumber independent yang akurasinya lebih tinggi. *Circular Error* 90% (CE90) adalah ukuran ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut. Sedangkan *Linear Error* 90% (LE90) adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut.

Tabel 1 dan 2 menunjukkan hasil perhitungan uji akurasi vertikal dan horizontal data foto udara Pantai Pandansimo secara berurutan. Nilai DX dan DY menunjukkan perbedaan atau selisih koordinat antara X dan Y hasil pengukuran titik kontrol dengan nilai X dan Y pada orthophoto. Hasil uji akurasi Pantai Pandansimo menunjukkan nilai akurasi rata-rata horizontal mencapai 0,1 m dengan RMSE 0,268 m dan akurasi CE90 0,407 m, sedangkan uji akurasi vertikal menghasilkan nilai akurasi rata-rata 0,011

m dengan RMSE 0,104 m dan akurasi LE90 0,171 m. Hasil uji akurasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa data foto udara yang dipakai

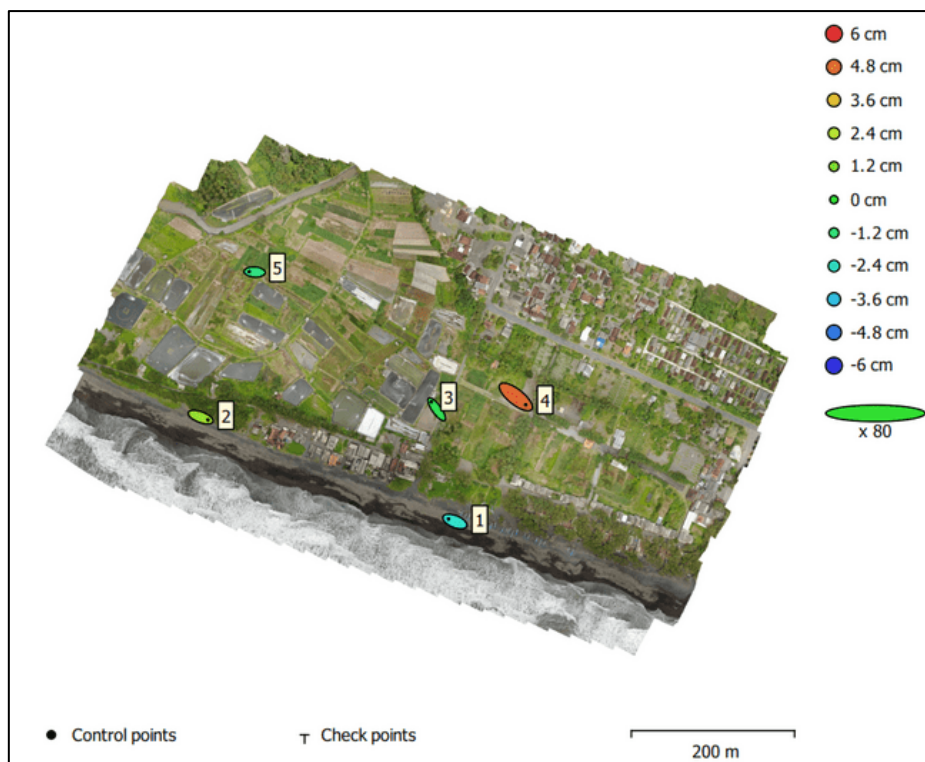
memiliki standar yang baku baik dari segi kualitas maupun geometri.

**Tabel 1.** Hasil Uji Akurasi Vertikal DSM

Lokasi	Elevasi			
	Titik Kontrol	DSM	Selisih <sup>^2</sup>	
GCP 1	3.196	3.139048	0.003	
GCP 2	7.176	7.239847	0.004	
GCP 3	1.6	1.713892	0.013	
GCP 4	0.008	0.191831	0.034	
GCP 5	-0.161	-0.179127	0	
			<b>RMSE</b>	0.104320451
			<b>(LE90)</b>	0.171596709

Berdasarkan data hasil uji akurasi ini kemudian disesuaikan dengan peraturan BIG, dan diketahui bahwa hasil orthophoto yang dihasilkan pada penelitian ini dapat digunakan untuk membuat luaran peta dengan skala 1: 1000 pada kelas ketiga atau skala 1: 2500 pada kelas pertama.

Kedua skala tersebut mendukung untuk pemetaan tematik detail. Hasil pemrosesan foto udara dan konfigurasi *Ground Control Points* (GCP) wilayah Pantai Pandansimo dapat dilihat di Gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil pengolahan data Orthophoto dan akurasi GCP

Analisis perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan data citra resolusi sangat tinggi (CSRT) Pleiades tahun 2017-2020 dan citra satelit dari Google Earth tahun 2010-2020 dan hasil pemotretan terbaru foto udara tahun 2022. Perubahan garis pantai yang telah diolah menggunakan DSAS diwujudkan dalam bentuk

NSM atau *Net Shoreline Movement* yang menggambarkan bagaimana laju perubahan garis pantai terjadi selama rentang waktu tersebut. Perubahan garis pantai yang telah diolah menggunakan DSAS ditampilkan dalam bentuk NSM atau *Net Shoreline Movement* yang

menggambarkan bagaimana laju perubahan garis pantai terjadi selama rentang waktu tersebut.

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa seluruh wilayah Pantai Pandansimo yang masuk ke area penelitian telah mengalami abrasi. Tingkat abrasi paling parah terjadi sejauh 31.42 meter dari bibir pantai yang diindikasikan oleh nilai NSM. Angka NSM terbesar bahkan masih berada pada nilai minus, yaitu -12.83 meter yang mengindikasikan tidak adanya proses akresi (Gambar 3). Berdasarkan statistik tersebut diketahui bahwa sebagian besar wilayah mengalami abrasi dengan rata-rata abrasi sejauh 24.63 meter dalam kurun waktu 10 tahun. Apabila mengacu pada nilai rerata NSM tersebut, bisa dikatakan bahwa laju abrasi yang ada di Pantai Pandansimo mencapai 2,46 meter tiap tahunnya. Nilai laju perubahan garis pantai yang diperoleh dari NSM dan beberapa metode pendekatan lain

dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan dan konservasi kawasan pesisir. Nilai NSM dapat menunjukkan proses dominan yang berlangsung dan berpengaruh terhadap dinamika pesisir (Manno et al., 2022).

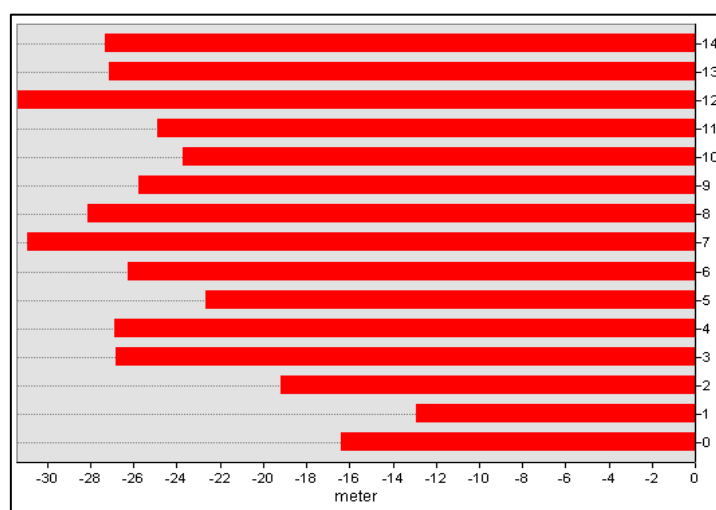
Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa seluruh wilayah Pantai Pandansimo yang masuk ke area penelitian telah mengalami erosi pantai. Kemunduran paling parah terjadi sejauh 31.42 meter yang diindikasikan oleh nilai NSM. Angka NSM terbesar bahkan masih berada pada nilai minus, yaitu 12.83 meter yang berarti tidak adanya proses akresi (Gambar 3). Berdasarkan statistik diketahui kemunduran garis pantai mencapai 24.63 meter dalam kurun waktu 10 tahun. Apabila mengacu pada nilai rerata NSM tersebut, secara linear bisa dikatakan bahwa laju abrasi yang ada di Pantai Pandansimo mencapai 2,46 meter tiap tahunnya.

**Tabel 2.** Hasil Uji Akurasi Horizontal Orthophoto

Lokasi	(DX)	(DX) <sup>2</sup>	(DY)	(DY) <sup>2</sup>	(DX) <sup>2</sup> + (DY) <sup>2</sup>
GCP 1	0.175	0.031	-0.095	0.009	0.04
GCP 2	-0.217	0.047	-0.001	0	0.047
GCP 3	0.136	0.018	-0.256	0.066	0.084
GCP 4	-0.34	0.116	0.213	0.045	0.161
GCP 5	0.163	0.027	-0.031	0.001	0.028
				<b>RMSE</b>	0.2680563
				<b>(LE90)</b>	0.4067755

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa selama rentang waktu 10 tahun, diketahui bahwa garis pantai mengalami kemunduran yang cukup signifikan. Kemudian garis pantai ini mengindikasikan terjadinya proses erosi pantai. Gambar 4 merupakan hasil foto udara yang

dikombinasikan dengan perubahan garis pantai antara tahun 2010-2020 dan nilai NSM. Hampir semua nilai NSM memiliki nilai negatif yang mengindikasikan bahwa telah terjadi pengurangan garis pantai atau mundurnya garis pantai ke arah daratan (erosi pantai).



**Gambar 3.** Grafik NSM Perubahan Garis Pantai Pandansimo



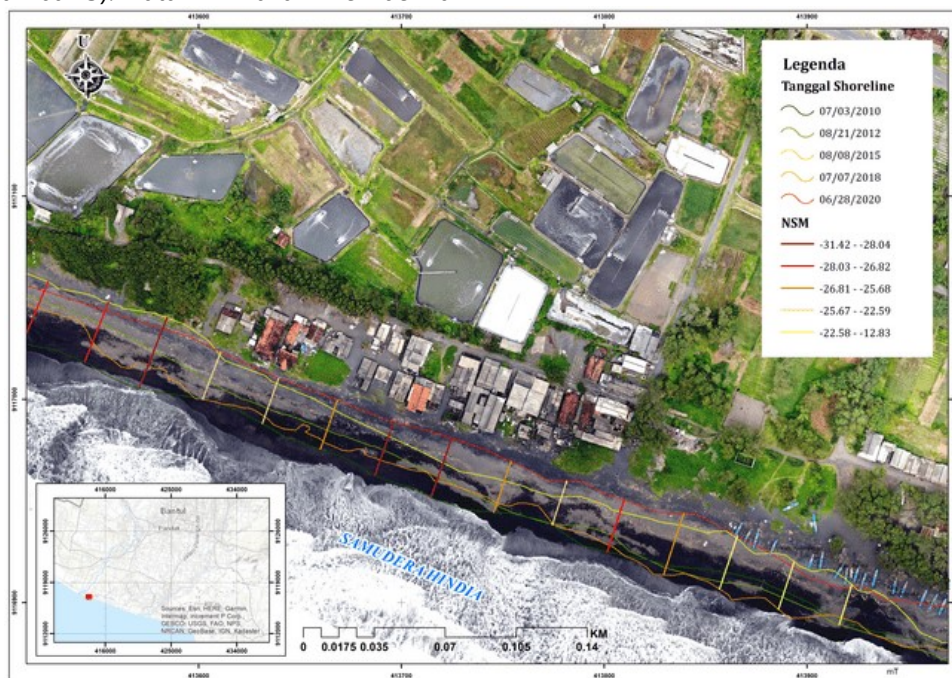
Laju perubahan garis pantai yang terjadi secara aktual tentunya tidak bersifat linear. Terdapat proses kesetimbangan antara pengurangan sedimen dan penambahan sedimen. Namun, apabila melihat trend selama sepuluh tahun yang menunjukkan kemundurangaris pantai yang sangat signifikan, tentu proses erosi pantai lebih dominan dibandingkan proses sedimentasi. Selain itu, nilai NSM yang semuanya negatif juga menunjukkan bahwa proses erosi sangat mendominasi (Hegde & Akshaya, 2015) .

Pantai Pandansimo terletak dekat dengan muara Sungai Progo. Kondisi ini tentunya menyebabkan dinamika perbindahan sedimen di sekitar Pantai Pandansimo menjadi lebih tinggi dibandingkan pantai lain yang jauh dari muara. Garis pantai yang terletak di dekat muara memiliki kecenderungan perubahan geomorfik yang dinamis secara spasial dan temporal akibat pengaruh faktor-faktor hidrologis, morfologis, klimatologis, geologis, dan antropogenik (Addo et al., 2008)

Kondisi morfologi Pantai Pandansimo diamati berdasarkan hasil analisis penampang melintang yang diekstraksi dari data *Digital Terrain Model* (DTM) pesawat tanpa awak atau drone ( Gambar 5). Data DTM akan memberikan

gambaran morfologi yang lebih jelas dibandingkan data *Digital Surface Model* (DSM) karena hanya merepresentasikan kondisi lahan tanpa tutupan. Klasifikasi morfologi mengacu pada morfologi *marine*, terutama *coastal dune systems* (Le Mauff et al., 2018; Ruessink et al., 2018).

Berdasarkan hasil pengamatan, terdapat beberapa fitur yang mencirikan terjadinya proses erosi pantai yang cukup masif. Beberapa bentukan yang diidentifikasi dari hasil pemrosesan identifikasi penampang melintang DTM diantaranya adalah *berm*, *erosional-escarpment*, *foredune*, *swale*, dan *relict dune*. Nampak pula beberapa bentukan hasil proses fluvial seperti tanggul alam (*natural levee*) dan dataran banjir (*flood plain*). Apabila melihat penampang melintang A-B yang berada di bagian barat Pantai Pandansimo, terlihat bahwa morfologi menunjukkan kontrol hidrodinamik akibat proses erosi-sedimentasi marin. Pada Gambar 6 memperlihatkan kenampakan bentukan *berm* dan *microcliff* pada penampang melintang A-B. Terbentuknya *berm* menunjukkan adanya proses pengendapan material yang terjadi secara periodik saat terjadi badai atau gelombang ekstrem (Arnott, 2010; Tabasi et al., 2020).



**Gambar 4.** Perubahan Garis Pantai Pandansimo tahun 2010-2020 dan *Net Shoreline Movement* (NSM) hasil pemodelan

Pembentukan *berm* sejatinya menunjukkan proses agradasi atau pengendapan

material sedimen. Namun apabila melihat bentukan erosional escarpment atau micro cliff

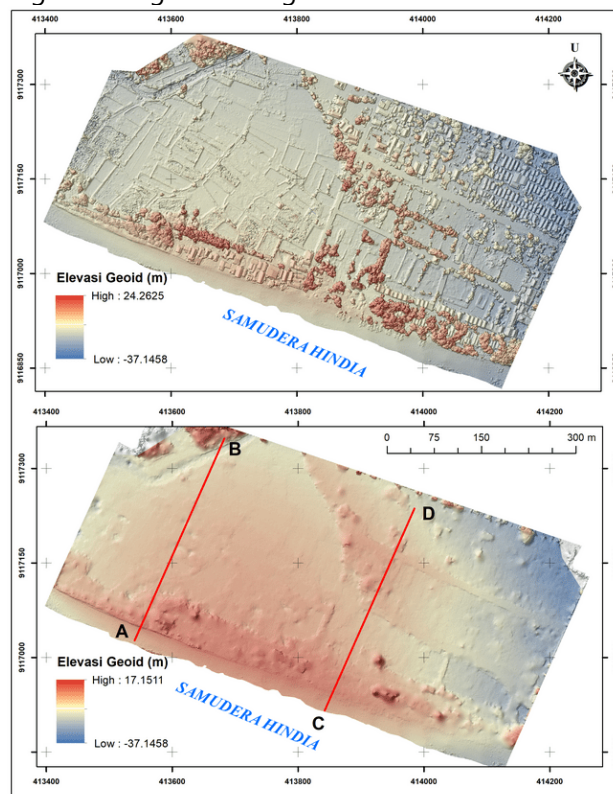
yang menunjukkan tebing tegak pada beting gisik, hal itu menunjukkan hantaman gelombang badai cukup besar sehingga jumlah sedimen yang hilang cukup banyak. Melalui dua bentukan morfologi tersebut, dapat diketahui bahwa proses dinamika pesisir dan transport sedimen terjadi secara intensif.

Indikasi terjadinya kehilangan sedimen yang cukup banyak juga terlihat dari profil morfologi data DTM. Profil gisik yang cekung dengan keberadaan micro cliff menunjukkan kehilangan sedimen yang cukup banyak. Selain itu pola vegetasi yang terpotong secara tegas pada area pasang surut juga menjadi salah satu indikasi terjadinya erosi pantai. Gambar 7 menunjukkan profil berm yang cekung dan keberadaan erosional escarpment atau micro cliff. Nampak pula pola vegetasi yang terpotong pada ujung micro cliff.

Proses dinamika kepesisiran terutama erosi pantai-sedimentasi sejatinya merupakan proses kesetimbangan yang silih berganti seiring

peralihan musim. Proses abrasi atau erosi pantai terjadi ketika pantai mengalami lebih banyak kehilangan sedimen daripada menerima. Secara umum terdapat beberapa faktor penyebab erosi pantai yang diakibatkan oleh proses morfodinamik dan hidrodinamik (Leaman et al., 2021).

Kombinasi faktor hidrodinamik dan morfodinamik yang terjadi diantaranya meningkatnya serangan gelombang ekstrim, pengurangan sedimen fluvial, pasang surut, kenaikan permukaan laut dan hilangnya material pantai oleh limpasan. Akan tetapi, diperlukan bukti dan data penunjang lebih mendalam untuk mendukung hipotesis pengaruh peningkatan kejadian erosi pantai di Pantai Pandansimo. Data-data seperti pasang surut, arus dan gelombang, angin secara temporal diperlukan untuk mengetahui sebab erosi pantai secara lebih akurat.



**Gambar 5.** Hasil pemrosesan *Digital Surface Model* (atas) dan *Digital Terrain Model* (bawah).

Penampang melintang diambil pada dua segmen DTM (A-B dan C-D).

Apabila melihat hasil pemodelan DSAS yang menunjukkan laju kemunduran garis pantai hingga 24,6 meter dalam kurun waktu sepuluh tahun, dapat disimpulkan bahwa proses erosi pantai terjadi secara masif di Pantai Pandansimo.

Mempertimbangkan laju erosi pantai yang cenderung bertambah setiap tahun, tidak diragukan bahwa proses ini akan terus berlangsung apabila tidak ada perubahan dalam kesetimbangan proses dinamika pesisir. Prediksi



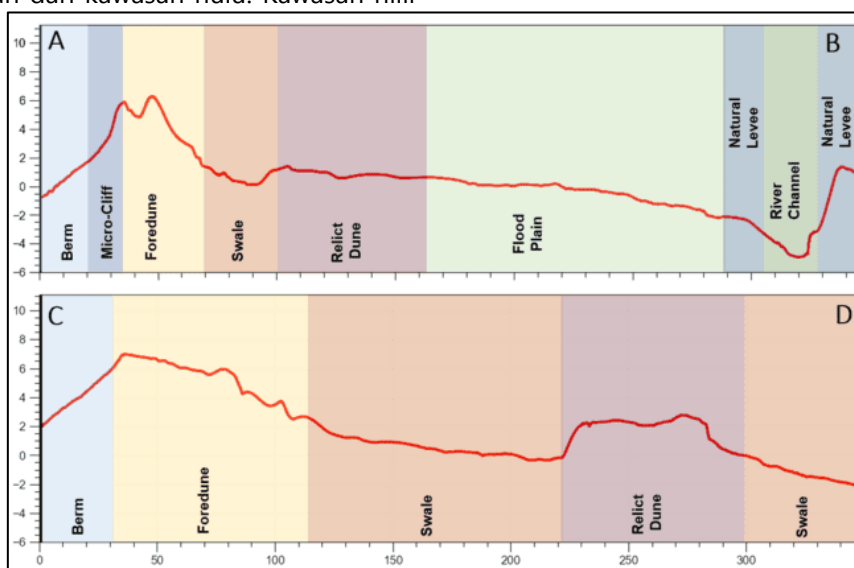
terhadap perubahan garis pantai secara kuantitatif tentunya sangat penting untuk pengelolaan kawasan pesisir di masa depan. Tren kenaikan muka air laut yang semakin cepat juga menyebabkan laju erosi pantai menjadi lebih cepat. Pengetahuan terhadap laju erosi pantai akan sangat krusial dalam mitigasi erosi pantai dan pengelolaan kawasan pesisir (Addo et al., 2008).

Terjangan gelombang badai yang semakin intensif akibat dari ketidakmenentuan pola iklim tentu akan sangat berpengaruh terhadap dinamika Pantai Pandansimo. Gelombang merupakan sumber energi yang paling penting pada zona litoral. Bersamaan dengan arus laut, gelombang memiliki peranan terbesar pada proses erosi pantai dan transport sedimen. Keduanya menjadi faktor utama yang membentuk karakteristik pesisir, serta bentuklahan erosional dan deposisional (Arnott, 2010).

Sedimen tentu memiliki peranan sangat penting dalam dinamika pesisir dan perubahan garis pantai. Sumber utama dari sedimen yang tersedia di pesisir Kabupaten Bantul adalah dari sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) yang bermuara di dua sungai di Kabupaten Bantul. Terdapat dua sistem DAS utama yang bermuara di Bantul, yaitu DAS Opak-Oya dan DAS Progo. DAS Progo dan Sub-DAS Opak sepenuhnya berhulu di Gunung Merapi. Hal ini berarti area Bantul yang berperan sebagai zona deposisi/pengendapan secara alamiah harusnya mendapatkan suplai sedimen yang melimpah dari kawasan hulu. Kawasan hilir

merupakan zona pengendapan yang identik dengan material halus seperti pasir dan lumpur (Charlton, 2007). Fungsi dari zona deposisi dalam sistem DAS ini sangat penting karena berpengaruh besar terhadap kondisi estuary yang notabene menjadi kawasan penyusun habitat pesisir dan muara. Pantai Pandansimo sendiri berlokasi dekat dengan muara Sungai Progo yang tentunya juga banyak berperan dalam memberikan suplai sedimen.

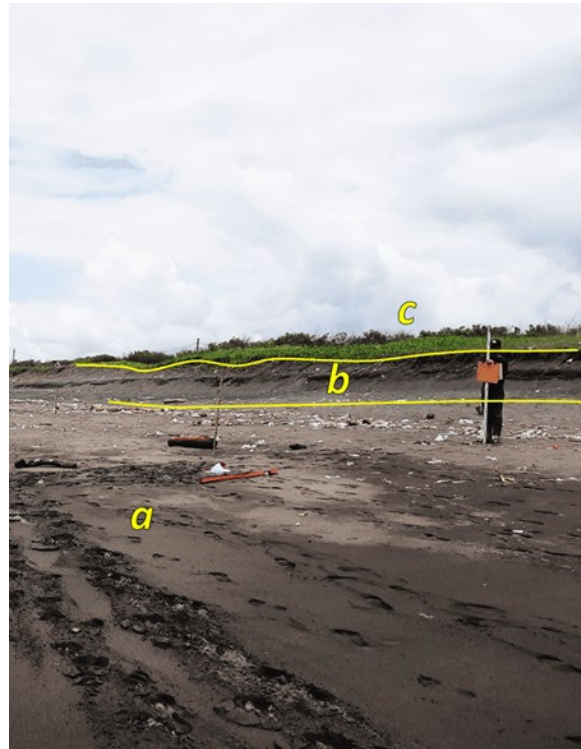
Kehilangan sedimen di muara sungai dapat disebabkan oleh berbagai macam hal. Manajemen pengelolaan sumberdaya air menjadi salah satu penyebab utama kehilangan sedimen di pesisir, misalnya pembangunan dam (Bird, 2008). Tidak dapat dipungkiri, hampir di seluruh dunia masalah ini menjadi hal yang umum sebagai penyebab erosi pantai. Dam atau bendungan akan mengurangi suplai sedimen yang sampai di pesisir. Dalam hal ini, Bantul memiliki kasus yang lebih spesifik. Kehilangan sedimen dimungkinkan karena pembangunan SABO dam sepanjang aliran yang berasal dari Merapi. SABO dam merupakan konstruksi penahan sedimen piroklastika dalam bentuk lahar maupun *pyroclastic density current* (PDC). Jumlah SABO di setiap alur sungai beragam, belasan atau bahkan lebih. Namun, seberapa besar pengaruh SABO terhadap kehilangan sedimen di pesisir tentu perlu diteliti lebih jauh. Naskah ini tidak membahas tentang bukti empirik terkait dengan jumlah kehilangan sedimen akibat adanya bendungan SABO.



**Gambar 6.** Penampang melintang yang menunjukkan hasil proses erosi-sedimentasi marin dan hantaman gelombang badai

Indikasi erosi pantai yang cukup jelas juga nampak pada ujung dari *micro-cliff* dari penampang A-B. Nampak pola vegetasi yang terpotong (*truncated vegetation*) yang menunjukkan pengaruh terjangan gelombang sehingga vegetasi tidak dapat tumbuh di area yang terdampak. Pola ini terlihat jelas di hasil dari foto udara (Gambar 1) maupun dari gambar 7. Berdasarkan hasil pengamatan orthophoto, diketahui beberapa tanaman di area bibir pantai telah mengalami kerusakan akibat terjangan

gelombang. Restorasi habitat tanaman seperti cemara udang (*Casuarina equisetifolia*) sebenarnya mampu memperlambat laju kehilangan sedimen. Pemilihan vegetasi yang tepat tentu sangat krusial dalam restorasi habitat pesisir. Vegetasi yang dipilih tentunya harus bersifat lokal, mudah beradaptasi dan tidak invasif terhadap vegetasi yang lain. Namun untuk penanganan yang lebih tepat memerlukan kajian yang lebih mendalam terkait dengan pengurangan dampak erosi pantai di Pandansimo.



**Gambar 7.** Kenampakan bentukan berm (a) microcliff (b) dan *truncated vegetation* (c) pada penampang melintang A-B.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan citra temporal resolusi spasial tinggi dan pengamatan data foto udara, diketahui laju perubahan garis Pantai Pandansimo mencapai 2.46 meter pertahun. Proses erosi pantai terjadi secara masif dan mendominasi dibandingkan proses sedimentasi. Hasil interpretasi data foto udara dan DEM menunjukkan bekas-bekas terjangan gelombang ekstrem yang membentuk *micro-cliff*. Bukti lain terjadinya erosi pantai adalah profil gisik yang cekung dan pola vegetasi yang terpotong. Proses morfodinamik hasil endapan pada sekitar muara sungai juga nampak dari penampang melintang dan pengamatan lapangan. Tidak seimbang proses pengendapan dan erosi pantai yang terjadi menyebabkan Pandansimo

kehilangan banyak sedimen. Proses hidrodinamik dan morfodinamik memiliki peranan penting dalam perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai pandansimo. Berkurangnya suplai sedimen, peningkatan kejadian gelombang ekstrem, dan kenaikan muka air laut disinyalir menjadi penyebab utama tingginya erosi pantai.

### Ucapan Terimakasih

Penelitian ini terlaksana atas kerjasama dengan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bantul dalam rangka Kajian Risiko Bencana Abrasi Kawasan Pesisir Kabupaten Bantul tahun 2022. Publikasi ini juga didukung dengan pendanaan dari Hibah Penelitian Dana Masyarakat Sekolah Vokasi Tahun 2023 dengan judul "Pemodelan Laju Bencana Erosi Pantai

Kawasan Pesisir Kabupaten Bantul". Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang mendukung terselesainya penelitian ini mulai tahap pengumpulan data hingga proses publikasi.

#### Daftar Pustaka

- Addo, K. A., Walkden, M., & Mills, J. P. (2008). Detection, measurement and prediction of shoreline recession in Accra, Ghana. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 63(5), 543–558. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2008.04.001>
- Andrade, F., & Ferreira, M. A. (2006). A simple method of measuring beach profiles. *Journal of Coastal Research*, 22(4), 995–999. <https://doi.org/10.2112/04-0387.1>
- Angnuureng, D. B., Brempong, K. E., Jayson-Quashigah, P. N., Dada, O. A., Akuoko, S. G. I., Frimpomaa, J., Mattah, P. A., & Almar, R. (2022). Satellite, drone and video camera multi-platform monitoring of coastal erosion at an engineered pocket beach: A showcase for coastal management at Elmina Bay, Ghana (West Africa). *Regional Studies in Marine Science*, 53, 102437. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102437>
- Arief, M., Winarso, G., & Prayogo, T. (2011). Kajian Perubahan garis pantai menggunakan data satelit landsat di Kabupaten Kendal. *Penginderaan Jauh*, 8, 71–80.
- Arnott, R. D. (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Cambridge University Press.
- Astsatryan, H., Grigoryan, H., Abrahamyan, R., Asmaryan, S., Muradyan, V., Tepanosyan, G., Guigoz, Y., & Giuliani, G. (2022). *Shoreline delineation service: using an earth observation data cube and sentinel 2 images for coastal monitoring*.
- Badan Informasi Geospasial. (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 .
- Bird, E. (2008). *Coastal geomorphology-An Introduction* (second). John Wiley and Sons.
- Charlton, R. (2007). Fundamentals of fluvial geomorphology. In *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. <https://doi.org/10.4324/9780203371084>
- Clark, A. (2017). Small unmanned aerial systems comparative analysis for the application to coastal erosion monitoring. *GeoResJ*, 13, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.grj.2017.05.001>
- Fatchurohman, H., & Handayani, W. (2022). Coastal hazards mapping using high-resolution UAV image and DEM. A Case study in Siung Beach, Gunungkidul, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1039(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1039/1/012026>
- Fatchurohman, Hendy, Cahyadi, A., & Purwanto, T. H. (2022). Worst-Case tsunami inundation modeling using high-resolution UAV-DEM in various coastal typologies, case study Gunungkidul coastal area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012027>
- Gomes da Silva, P., Medina, R., González, M., & Garnier, R. (2018). Infragravity swash parameterization on beaches: The role of the profile shape and the morphodynamic beach state. *Coastal Engineering*, 136(February), 41–55. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2018.02.002>
- Hegde, A. V., & Akshaya, B. J. (2015). Shoreline Transformation Study of Karnataka Coast: Geospatial Approach. *Aquatic Procedia*, 4(Icwrcoe), 151–156. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.021>
- Jaud, M., Letortu, P., Théry, C., Grandjean, P., Costa, S., Maquaire, O., Davidson, R., & Le Dantec, N. (2019). UAV survey of a coastal cliff face – Selection of the best imaging angle. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 139, 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.02.024>
- Le Mauff, B., Juigner, M., Ba, A., Robin, M., Launeau, P., & Fattal, P. (2018). Coastal monitoring solutions of the geomorphological response of beach-dune systems using multi-temporal LiDAR datasets (Vendée coast, France). *Geomorphology*, 304, 121–140. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.037>
- Leaman, C. K., Harley, M. D., Splinter, K. D., Thran, M. C., Kinsela, M. A., & Turner, I. L. (2021). A storm hazard matrix combining coastal

- flooding and beach erosion. *Coastal Engineering*, 170, 104001. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.104001>
- Manno, G., Lo Re, C., Basile, M., & Ciraolo, G. (2022). A new shoreline change assessment approach for erosion management strategies. *Ocean and Coastal Management*, 225(May), 106226. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106226>
- Marfai, M.A., Sunarto, Khakim, N., Cahyadi, A., Rosaji, F. S. C., Fatchurohman, H., & Wibowo, Y. A. (2018). Topographic data acquisition in tsunami-prone coastal area using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 148(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/148/1/012004>
- Marfai, Muh Aris. (2014). Impact of sea level rise to coastal ecology: A case study on the northern part of java island, indonesia. *Quaestiones Geographicae*, 33(1), 107–114. <https://doi.org/10.2478/quageo-2014-0008>
- Nativí-Merchán, S., Caiza-Quinga, R., Saltos-Andrade, I., Martillo-Bustamante, C., Andrade-García, G., Quiñonez, M., Cervantes, E., & Cedeño, J. (2021). Coastal erosion assessment using remote sensing and computational numerical model. Case of study: Libertador Bolivar, Ecuador. *Ocean and Coastal Management*, 214(April). <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105894>
- Queiroz, H. A. de A., Gonçalves, R. M., & Mishra, M. (2022). Characterizing global satellite-based indicators for coastal vulnerability to erosion management as exemplified by a regional level analysis from Northeast Brazil. *Science of the Total Environment*, 817. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152849>
- Rezaee, S. M., Golshani, A., & Abedi, S. (2022). Shoreline changes at Fereydunkenar Port in light of Caspian Sea's water level fluctuations. *Regional Studies in Marine Science*, 53, 102393. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102393>
- Ruessink, B. G., Arens, S. M., Kuipers, M., & Donker, J. J. A. (2018). Coastal dune dynamics in response to excavated foredune notches. *Aeolian Research*, 31, 3–17. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2017.07.002>
- Short, A. D. (2012). Coastal Processes and Beaches. *Nature Education Knowledge*, 3(10). <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/coastal-processes-and-beaches-26276621/>
- Siyal, A. A., Solangi, G. S., Siyal, Z. ul A., Siyal, P., Babar, M. M., & Ansari, K. (2022). Shoreline change assessment of Indus delta using GIS-DSAS and satellite data. *Regional Studies in Marine Science*, 53, 102405. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102405>
- Sudarsono, B. (2011). Inventarisasi Perubahan Wilayah Pantai Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus Kota Semarang). *Teknik*, 32(2), 163–170.
- Tabasi, M., Soltanpour, M., Suzuki, T., & Jayaratne, R. (2020). *MODELING OF BERM FORMATION AND EROSION AT THE SOUTHERN COAST OF THE CASPIAN SEA*. 1–9.