

STUDI PERUBAHAN GARIS PANTAI AMURANG PASCABENCANA ABRASI MELALUI ANALISIS TIME-LAPSE CITRA UAV

Julio J. Timporok^{1*}, Joyce Christian Kumaat², Maxi Tendean³

^{1,2,3} Program Studi Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Manado

18601020@unima.ac.id

Abstract: *The sudden occurrence of abrasion disaster in Amurang Beach, resulting in the loss of some areas, requires geospatial technology-based studies to understand the dynamics of coastal morphology. This research aims to analyze the changes of Amurang shoreline after the abrasion disaster with a time-lapse approach based on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery. The research study was descriptive quantitative with remote sensing approach. The analysis technique used on-screen digitizing method and time-lapse analysis through baseline and comparative data. Baseline data was obtained through UAV imagery acquisition (2023) to represent the latest post-disaster conditions. Meanwhile, comparative data was used to compare shoreline changes before and after the event, including satellite imagery (2021) and UAV imagery (2022). Based on the time-lapse analysis, the overlay of the dataset processing results showed that the comparison of shoreline position experienced a significant impact with a reduction in area of 3.07 hectares within 2 years. The quantification of other metrics revealed the existence of critical abrasion patterns divided into two categories. The Extreme Abrasion Zone, located at the front of the Ranowanko River estuary, experienced a shoreline shift of up to 130 meters. Where thematic objects such as built-up land, transportation networks, and residential areas experience landslides into the sea. The Medium Abrasion Zone, occurring at the closest side of the river mouth, which is also affected by erosion, experiences a shoreline shift or moves back towards land by < 90 meters. Utilization of UAV data acquisition provides high precision in documentation of abrasion impacts and identification of abrasion-prone zones. This study recommends the integration of UAV data with comprehensive advanced analysis to predict future coastal morphology dynamics, so as to support more adaptive and proactive data-driven mitigation policies.*

Keywords: Amurang Beach Abrasion, Shoreline, UAV, Time-Lapse, Disaster Mitigation

Abstrak: Kejadian bencana abrasi di Pantai Amurang secara tiba-tiba, mengakibatkan hilangnya sebagian areal, memerlukan kajian berbasis teknologi geospasial untuk memahami dinamika morfologi pantai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai Amurang pascabencana abrasi dengan pendekatan time-lapse berbasis citra Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Studi penelitian secara deskriptif kuantitatif dengan pendekatan penginderaan jauh. Teknik analisis menggunakan metode on-screen digitizing dan analisis time-lapse melalui data baseline dan komparatif. Data baseline diperoleh melalui akuisisi citra UAV (2023) untuk merepresentasikan kondisi terbaru pascabencana. Sementara itu, data komparatif digunakan untuk membandingkan perubahan garis pantai sebelum dan sesudah kejadian, mencakup citra satelit (2021) dan citra UAV (2022). Berdasarkan analisis time-lapse, overlay hasil pengolahan dataset, memperlihatkan bahwa perbandingan posisi garis pantai mengalami dampak signifikan dengan berkurangnya luasan sebesar 3,07 hektar dalam kurun waktu 2 tahun. Hasil kuantifikasi metrik selanjutnya, mengungkapkan adanya pola abrasi kritis ke dalam dua kategori. Zona Abrasi Ekstrem, terletak di bagian depan muara Sungai Ranowanko mengalami pergeseran garis pantai mencapai 130 meter. Di mana objek tematik seperti lahan terbangun, jaringan transportasi, dan kawasan permukiman mengalami longsor ke laut. Zona Abrasi Menengah, terjadi di sisi terdekat muara sungai, yang ikut terdampak erosi mengalami pergeseran garis pantai atau bergerak mundur ke arah daratan sebesar < 90 meter. Pemanfaatan akuisisi data UAV memberikan presisi tinggi dalam dokumentasi dampak abrasi maupun identifikasi zona rawan abrasi. Studi ini merekomendasikan integrasi data UAV dengan analisis lanjut secara komprehensif untuk memprediksi dinamika morfologi pantai di masa depan, sehingga dapat mendukung kebijakan mitigasi berbasis data yang lebih adaptif dan proaktif.

Kata Kunci: Abrasi Pantai Amurang, Garis Pantai, UAV, Time-Lapse, Mitigasi Bencana

PENDAHULUAN

Abrasi pantai merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi akibat interaksi antara gelombang, arus laut, dan perubahan iklim yang memengaruhi keseimbangan ekosistem pesisir (Bird, 2008). Proses geomorfologi ini menyebabkan erosi yang dapat mengakibatkan perubahan morfologi pantai secara signifikan. Abrasi pantai didefinisikan sebagai pengikisan wilayah pesisir akibat tenaga gelombang dan arus laut yang terus-menerus, sering kali dipercepat oleh faktor antropogenik seperti eksploitasi sumber daya pesisir dan perubahan tata guna lahan (Griggs, 2005). Selain faktor hidrodinamika laut, perubahan iklim yang mengakibatkan kenaikan muka air laut dan meningkatnya frekuensi badai tropis juga menjadi pemicu utama percepatan abrasi (Kurniawan et al., 2016). Aktivitas manusia, seperti pembangunan infrastruktur pantai yang tidak mempertimbangkan keseimbangan lingkungan, penambangan pasir, serta degradasi ekosistem mangrove dan padang lamun, turut memperburuk kondisi pantai yang rentan terhadap abrasi (Putra et al., 2016) (Akbar et al., 2017) (Falahudin et al., 2019).

Fenomena abrasi pantai telah menjadi isu kritis dalam kajian perubahan pesisir, mengingat dampaknya yang luas terhadap lingkungan fisik dan sosial. Secara fisik, abrasi dapat menyebabkan hilangnya daratan, perubahan garis pantai, serta degradasi ekosistem pesisir yang berfungsi sebagai benteng alami terhadap bencana pesisir (Sardiyatmo et al., 2013) (Nichols et al., 2019) (Trégarot et al., 2024). Mangrove dan padang lamun, yang berperan dalam menstabilkan sedimen dan mengurangi dampak gelombang laut, sering kali mengalami degradasi akibat erosi yang berkelanjutan. Dari aspek sosial, abrasi berdampak pada pemukiman masyarakat pesisir, infrastruktur vital, serta mata pencaharian yang bergantung pada sumber daya laut (Witari et al., 2021) (Ismiyanti & Buchori, 2021) (Permatasari, 2021). Kejadian abrasi yang parah dapat menyebabkan relokasi penduduk, berkurangnya produktivitas perikanan, serta meningkatnya risiko bencana di wilayah pesisir (Munandar & Kusumawati, 2017) (Munawaroh & Setyaningsih, 2021)

Salah satu kasus abrasi yang menarik perhatian di Indonesia adalah yang terjadi di Pantai Amurang, Sulawesi Utara. Peristiwa abrasi besar yang terjadi pada tanggal 15 Juni tahun 2022 menyebabkan longsohnya sebagian besar wilayah pesisir, termasuk pemukiman dan infrastruktur publik, yang mengakibatkan kerugian material yang besar dan perubahan signifikan pada morfologi pantai. Bencana abrasi ini mengakibatkan runtuhnya 1 buah jembatan Ranowangko sepanjang 72 meter penghubung Pantai Boulevard, 34 rumah hilang, 11 rumah rusak berat, 49 rumah terancam, 15 rumah beresiko tinggi, dan 1 unit sekolah rusak (Diskominfo Minsel, 2022). Dampak abrasi ini tidak hanya dirasakan oleh masyarakat setempat, tetapi juga menimbulkan tantangan bagi pemerintah daerah dalam upaya mitigasi dan rehabilitasi wilayah pesisir. Perubahan morfologi pantai akibat abrasi perlu dikaji lebih lanjut guna memahami pola perubahan garis pantai serta menyediakan dasar ilmiah bagi perencanaan mitigasi berbasis data spasial yang akurat (Sasmito & Suprayogi, 2017) (Rauf et al., 2018) (Pramudya, 2020).

Kajian mengenai dinamika pesisir dan dampak abrasi di Pantai Amurang masih terbatas pada laporan deskriptif dan observasi lapangan, dengan keterbatasan dalam penggunaan data spasial yang akurat dan terkini (Darwish, 2024). Pemantauan garis pantai yang efektif membutuhkan data resolusi tinggi yang mampu menangkap perubahan dalam skala spasial dan temporal yang akurat. Namun, studi terdahulu masih sering kali menghadapi kendala dalam aspek resolusi spasial dan temporal seperti survei lapangan dan citra satelit resolusi menengah, yang memiliki keterbatasan menangkap perubahan morfologi pantai dalam jangka waktu yang relatif singkat (Nana, 2013) (Al-wassai & Kalyankar, 2013) (Ramadhani et al., 2021) (Fadilah et al., 2022). Selain itu, survei lapangan manual memiliki tantangan dalam hal efisiensi waktu dan biaya, terutama di daerah terdampak abrasi dengan akses yang terbatas (Olofsson et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan teknologi pemantauan berbasis spasial yang mampu menganalisis dinamika perubahan garis pantai dengan lebih akurat dan berkala.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang berbasis Unmanned Aerial Vehicle

(UAV) atau drone, dalam beberapa tahun terakhir, telah signifikan dalam membawa perubahan pada metode survei wilayah kepesisiran. Keunggulan teknologi ini terutama terletak pada kemampuannya untuk mengakuisisi citra resolusi tinggi dalam interval waktu yang lebih singkat, sehingga memungkinkan analisis *time-lapse* yang mendetail untuk memahami dinamika perubahan garis pantai (Turner et al., 2016; Casella et al., 2016). Kelebihan UAV dibandingkan metode konvensional lain seperti kapal atau total station termasuk cakupan data geospasial yang luas dan efisiensi operasional yang lebih baik. Fleksibilitas UAV memungkinkannya untuk dioperasikan di berbagai kondisi lingkungan pesisir yang sulit dijangkau, menjadikannya alat yang sangat berguna dalam studi geomorfologi pantai (Ramadhani et al., 2021; Ventura et al., 2017).

Meskipun UAV telah terbukti memberikan kontribusi besar dalam survei pesisir, penelitian di Indonesia, khususnya terkait dengan pemanfaatan UAV dalam pemantauan abrasi pantai, masih tergolong terbatas. Hal ini terutama pada studi yang memanfaatkan teknologi *time-lapse* untuk merekam perubahan garis pantai secara berkala. Khususnya di Pantai Amurang pascabencana abrasi, data yang dapat menggambarkan pola perubahan garis pantai masih sangat terbatas, membatasi pemahaman terhadap dampak abrasi dan potensi rehabilitasi area (Wulandari et al., 2022).

Data yang diperoleh dari akuisisi UAV dapat digunakan untuk analisis perubahan garis pantai, sedimentasi, serta pemulihan wilayah pesisir pascabencana (Ramadhani et al., 2021). Kajian ini diharapkan dapat membantu dalam memahami pola perubahan pesisir secara lebih detail, terutama dalam konteks bencana abrasi yang bersifat dinamis (Sakamoto & Nishiyama, 2024). Lebih jauh, integrasi UAV dengan teknologi Geographic Information System (GIS) juga dapat meningkatkan kemampuan dalam memodelkan dan prediksi dampak abrasi di masa mendatang. Dengan demikian, hasil kajian dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan tata ruang dan strategi mitigasi bencana pesisir yang lebih adaptif (Tyas et al., 2016).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memetakan perubahan garis pantai Amurang pascabencana

abrasi dengan menggunakan pendekatan *time-lapse* berbasis citra UAV.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah studi deskriptif kuantitatif yang mengintegrasikan teknologi penginderaan jauh (Bambang, 2011) (Darwish, 2024). Fokus utama adalah melakukan survei mengenai perubahan garis pantai menggunakan Unmanned Aerial Vehicles (UAV) (Letortu et al., 2018) (Chang et al., 2021) dan memanfaatkan metode on-screen digitizing untuk menganalisis citra. Pendekatan ini memungkinkan penelitian untuk mendokumentasikan dan menganalisis perubahan fisik yang terjadi di garis pantai dengan detail yang sangat tinggi, serta memberikan data kuantitatif yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut (Lubis et al., 2017).

Waktu penelitian berlangsung selama dua bulan, yaitu pada Bulan Desember 2023 dan Januari 2024. Penelitian ini dilakukan di wilayah Kelurahan Bitung dan Kelurahan Uwuran Satu, yang terletak di Kecamatan Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Tepatnya sekitar muara sungai Ranowangko, yang umumnya dikenal dengan Pantai Amurang atau Pantai Boulevard. Kawasan ini memiliki signifikansi khusus karena telah mengalami abrasi pantai.

Data penelitian yang digunakan terdiri atas dua kategori yang memiliki tujuan dan peranannya masing-masing, yaitu data baseline dan data komparatif (Creswell & Creswell, 2018). Data baseline adalah kumpulan data yang diperoleh untuk menetapkan kondisi awal atau status quo dari area penelitian sebelum terjadinya perubahan signifikan atau untuk mengukur perubahan sejak kejadian terakhir. Dalam penelitian ini, data baseline diperoleh disaat penelitian berlangsung melalui akuisisi data citra UAV tahun 2023 dari survei lapangan. Sedangkan data komparatif, digunakan untuk membuat perbandingan langsung antara kondisi sebelum dan sesudah, atau selama dan setelah kejadian. Data ini mencakup citra satelit tahun 2021 dari sumber sekunder dan citra UAV tahun 2022 dari akuisisi data pascabencana.

Selanjutnya, sumber data berdasarkan tahapan diperolehnya dalam meliputi: Data Primer (D. M. Putri & Mulia, 2021) (Kurniawan

et al., 2016). Akuisisi Citra UAV, data utama penelitian ini diperoleh melalui pengambilan citra hasil foto udara menggunakan UAV (drone) jenis quadcopters dengan spesifikasi kamera resolusi tinggi dan integrasi GNSS (Global Navigation Satellite System) untuk pemetaan yang lebih presisi. Pengambilan citra dilakukan pada ketinggian sekitar 100–150 meter dengan pola penerbangan grid yang telah diprogram menggunakan software navigasi UAV. Survei Lapangan dan Validasi Data; melalui Ground Control Points (GCPs) yakni penempatan GCPs yang diukur dengan DGPS (menggunakan GPS RTK) dilakukan untuk mengkalibrasi dan memvalidasi data citra UAV. GCPs berperan penting dalam menjamin integritas geometrik citra yang diperoleh. Kemudian Dokumentasi Lapangan; survei lapangan mencakup dokumentasi kondisi geomorfologi pantai dan tingkat abrasi serta visual lokasi penelitian. Informasi ini penting untuk melengkapi data UAV dan memperkuat analisis tentang perubahan garis pantai

Sedangkan Data Sekunder, terdiri atas data satelit resolusi menengah digunakan untuk membandingkan hasil analisis perubahan garis pantai dengan rekaman historis dan data peta RBI dan topografi dari Badan Informasi Geospasial (BIG) digunakan sebagai referensi dalam analisis perubahan morfologi pantai.

Analisis data penelitian dilakukan secara on-screen digitizing dan statistik deskriptif. Teknik on-screen digitizing adalah metode penting dalam pengolahan data geospasial yang digunakan untuk mengonversi informasi dari gambar atau peta digital menjadi data yang dapat dianalisis menggunakan sistem informasi geografis (GIS). Proses ini melibatkan penandaan manual fitur-fitur pada layar komputer dengan menggunakan software GIS, yang memungkinkan peneliti untuk memperoleh data yang tepat mengenai lokasi geografis objek yang diteliti. (Sitepu et al., 2017) (Krama et al., 2022) (N. Putri et al., 2023)

Teknik on-screen digitizing dilakukan dalam penelitian ini dilakukan melalui tahapan utama, yaitu pengolahan dataset dan analisis *time-lapse*. Pengolahan dataset atau citra, dilakukan berdasarkan proses fotogrametri dan pengolahan citra (Casella et al., 2020) untuk menyediakan basis data yang akurat untuk analisis lebih lanjut. Setiap citra dikoreksi secara geometrik untuk menghilangkan distorsi yang bisa mempengaruhi analisis, dengan

menggunakan titik kontrol yang diperoleh dari survei lapangan untuk di-align (penyelarasan citra) dan georeferensi (D. M. Putri & Mulia, 2021). Proses ini memastikan bahwa semua dataset citra terkalibrasi dengan koordinat geografis yang tepat, memungkinkan perbandingan yang konsisten antar waktu pengambilan citra.

Analisis *time-lapse* (Suwandana, 2019) (Mandaya & Harintaka, 2020) adalah salah satu pendekatan analisis dan interpretasi secara spasial, digunakan untuk memvisualisasikan dan mengukur perubahan garis pantai (Letortu et al., 2018). Data baseline yang diperoleh dari citra UAV tahun 2023, bersama dengan data komparatif dari tahun 2021 dan 2022, dianalisis digitasi garis pantai dan pembuatan layer waktu menggunakan alat digitizing pada software GIS. Setiap set garis pantai pada citra akan ditandai dan didigitalkan secara manual oleh peneliti, memungkinkan visualisasi yang jelas identifikasi perubahan temporal. Selanjutnya dilakukan perbandingan spasial dan kuantifikasi perubahan, melalui ekstraksi metrik kuantitatif memanfaatkan fitur atau tool analisis dalam GIS. fungsi analisis spasial ini, dapat digunakan untuk mengukur atau menilai, seperti perubahan linear garis pantai, area yang tererosi atau terakumulasi, dan identifikasi zona-zona yang rentan atau stabil, hingga laju perubahan garis pantai dapat dihitung untuk menilai dampak bencana melalui analisis lanjut. Selain itu, hasil analisis diwujudkan dalam bentuk peta tematik atau diagram yang menyajikan visualisasi dari perubahan garis pantai.

Sedangkan statistik deskriptif (Wahyuni, 2020), digunakan untuk memahami distribusi dan pola perubahan, mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin mempengaruhi, dan untuk menyajikan data dalam format yang mudah dipahami seperti gambar, tabel, dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di kawasan Pantai Amurang, yang berada di antara kelurahan uwuran dan kelurahan bitung, Kecamatan Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan. Posisi geografis lokasi penelitian berada di sekitar sekitar 124°34'27,895" Bujur Timur dan 1°11'13,555" Lintang Utara (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Foto Udara Lokasi Penelitian

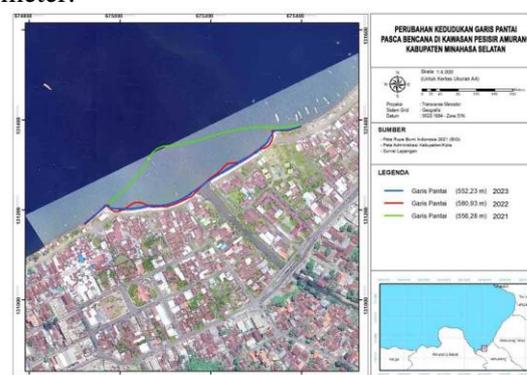
Lokasi penelitian meliputi daerah garis pantai dan sempadan pantai sepanjang 1 km arah memanjang pantai. Terletak pada kawasan ibukota kabupaten, juga sebagai jalur perdagangan dan ekonomi serta pariwisata yang disebut boulevard Amurang. Terdapat pondok-pondok dan warung serta perumahan warga yang dibangun sepanjang sempadan pantai.

Pada kawasan tersebut juga ditemukan dermaga dan bangunan infrastruktur pantai yang berada tepat di garis pantai. Kondisi vegetasi berupa rumput maupun pohon juga ditemukan di lokasi ini, akan tetapi lebih banyak lahan terbangun atau permukiman. Wilayah perairan berada di teluk Amurang dan garis pantai terbuka membentuk profil dan garis pantai secara alami. Pada lokasi penelitian terdapat juga muara sungai Ranowanko, yaitu aliran sungai yang menjadi pemisah antara wilayah.

Hasil pemetaan perubahan garis pantai Amurang pascabencana abrasi menunjukkan dampak yang signifikan akibat peristiwa longsor lahan yang terjadi secara tiba-tiba pada (15 Juni 2022). Peristiwa ini menyebabkan sebagian besar wilayah pesisir mengalami pengikisan material secara mendadak, yang berujung pada kemunduran garis pantai dalam skala yang luas. Perbandingan perubahan kedudukan garis pantai Amurang tersebut pada masing-masing tahun dataset dapat dilihat pada gambar 2.

Penentuan garis pantai secara visual pada citra dan foto udara menggunakan pendekatan analisis *time-lapse*, yang mengidentifikasi perbedaan karakteristik spektral dan morfologi pantai melalui kenampakan fitur geospasial dalam penginderaan jauh. Misalnya, warna, tekstur, pola, atau batas fisik pantai (pasang

surut tertinggi atau terendah). *Overlay* garis pantai pada hasil pengolahan dataset, memperlihatkan bahwa perbandingan posisi garis pantai pada tahun 2021, 2022 (pasca longsor), dan 2023 (satu tahun setelah bencana). Warna hijau menggambarkan garis pantai sebelum kejadian (2021), sedangkan warna merah menunjukkan posisi garis pantai setelah longsor terjadi (2022), dan warna biru memperlihatkan kondisi terbaru yang diamati menggunakan UAV tahun 2023. Hasil deliniasi garis pantai melalui *overlay* menggunakan teknik *on-screen digitizing*, diketahui kedudukan garis pantai pada tahun 2021 sepanjang 556,28 meter, tahun 2022 sepanjang 580,93 meter, dan tahun 2023 sepanjang 552,23 meter.



Gambar 2. Perubahan Kedudukan Garis Pantai Amurang Pasca Bencana Longsor

Identifikasi kedudukan garis pantai Amurang secara temporal setelah terjadinya bencana longsor pada tahun 2022, menunjukkan kedudukan garis pantai telah mengalami proses penyusutan atau bergerak mundur ke arah darat. Hasil kuantifikasi perubahan luas pantai Amurang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS, diketahui tingkat abrasi pasca bencana secara metrik mengalami penyusutan luasan sebesar 3,07 Hektar dalam kurun waktu 2 tahun (gambar 3).

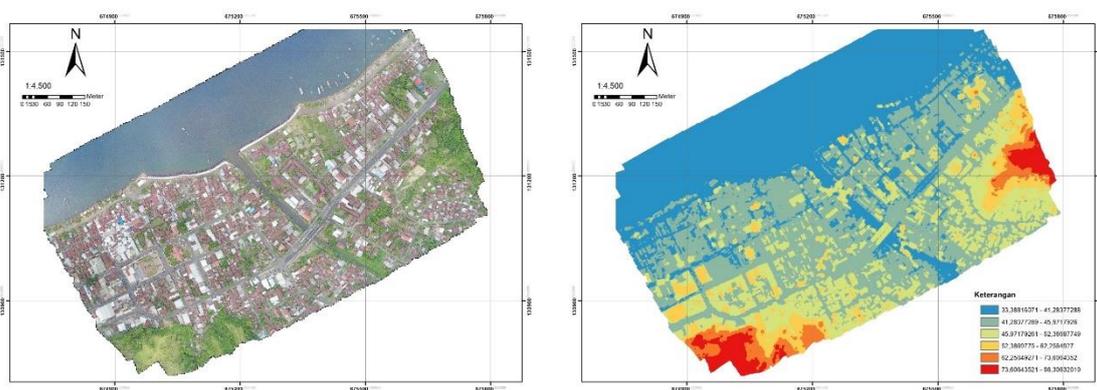
Hasil analisis *time-lapse*, menunjukkan bahwa garis pantai mengalami kemunduran drastis pada beberapa lokasi yang terdampak langsung oleh longsor. Beberapa bagian lain menunjukkan pola abrasi yang lebih moderat dengan pergeseran lebih rendah. Berdasarkan hasil digitasi garis pantai multi-temporal, ditemukan beberapa pola abrasi secara kritis mengalami dampak paling signifikan, yaitu: Abrasi Ekstrem, terletak di depan atau bagian

dalam muara Sungai Ranowanko, dimana objek tematik (seperti lahan terbangun, jaringan transportasi dan kawasan permukiman, dll) yang semula ada atau menopang mengalami dampak langsung longsor total ke laut. Secara signifikan pergeseran garis pantai di zona ini berkisar 90 hingga 130 meter. Sedangkan Abrasi Menengah, Terletak di sisi terdekat muara sungai, dimana objek tematik atau kawasan yang ikut terdampak erosi. Pergeseran garis pantai di zona ini kurang dari 90 meter.



Gambar 3. Perubahan Luasan Pantai Amurang Pasca Bencana Longsor

Disamping itu, pada pemetaan udara juga memperlihatkan pola lain kawasan yang tidak mengalami dampak langsung erosi atau abrasi, yang terletak di sisi terluar muara sungai, yang area relatif lebih terlindungi oleh bentuk topografi atau struktur alami. Jika mengalami pergeseran garis pantai oleh erosi lebih lambat periode waktunya.



Gambar 4. Ortofoto (kiri) dan DEM (kanan) pada hasil Fotogrametri data UAV

Data multispektral yang diperoleh dari UAV memiliki peranan penting dalam mengidentifikasi karakteristik permukaan pantai berdasarkan reflektansi spektral dari berbagai jenis material. Meskipun dalam

Perubahan ini menunjukkan bahwa abrasi yang terjadi bukan semata-mata akibat proses erosi gelombang laut secara bertahap, melainkan juga akibat pelepasan massa tanah yang besar ke laut secara tiba-tiba. Hal ini menjelaskan bahwa selain faktor hidrodinamika laut, karakteristik geologi dan stabilitas lahan pesisir juga berperan dalam percepatan abrasi.

Teknologi pesawat nirawak (*Unmanned Aerial Vehicle*) semakin menjadi alat yang vital dalam pemantauan lingkungan, terutama dalam kajian abrasi pantai akibat bencana. Dalam penelitian ini, UAV yang digunakan untuk mengakuisisi data geospasial memberikan keunggulan baik aspek teknis maupun manfaat dalam pemetaan pesisir yang mengalami perubahan cepat. Secara *time-lapse* atau temporal setelah kejadian longsor lahan secara mendadak akibat runtuhnya/pengikisan material, berkontribusi untuk dokumentasi dampak bencana, analisis perubahan garis pantai dan perencanaan mitigasi.

Akuisisi data menggunakan UAV tidak hanya menghasilkan citra resolusi tinggi, tetapi juga menghasilkan data spasial secara multispektral. Data citra (ortomosaik) dan Digital Elevation Model (DEM) yang diperoleh (gambar 4), berperan dalam mengidentifikasi perubahan morfologi pantai secara detail maupun presisi, juga menjadi referensi utama dalam analisis lebih lanjut.

penelitian ini UAV yang digunakan lebih difokuskan pada pemetaan visual, dalam beberapa kasus penggunaan sensor multispektral pada UAV dapat membantu dalam membedakan jenis sedimen pantai,

tingkat kelembaban tanah, serta mendeteksi area yang mengalami erosi aktif. Misalnya, dengan menggunakan indeks vegetasi seperti NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), dapat diidentifikasi sejauh mana abrasi pantai berdampak terhadap vegetasi pesisir. Perubahan nilai reflektansi juga dapat membantu dalam mengidentifikasi perbedaan antara area yang masih stabil dan area yang mengalami degradasi akibat abrasi. DEM yang dihasilkan dari pemrosesan data UAV memberikan wawasan lebih mendalam terkait perubahan topografi pantai. DEM

merepresentasikan permukaan bumi termasuk objek-objek di atasnya seperti vegetasi dan bangunan, serta elevasi permukaan tanah. Jika dilakukan analisis dan penelitian lanjut, DEM dapat digunakan untuk mengamati perubahan morfologi pantai secara keseluruhan, termasuk hilangnya material. Selain itu, dapat digunakan untuk menganalisis perubahan elevasi akibat hilangnya tanah dan sedimen pesisir. Dengan membandingkan DEM dari tahun yang berbeda, dapat dihitung volume material yang hilang serta wilayah mana yang mengalami penurunan ketinggian paling signifikan.



Gambar 5. Perbandingan Visual Pada Rekaman Data Citra Sebelum dan Sesudah Bencana Abrasi Pantai Amurang

Resolusi tinggi dari data UAV memungkinkan perbandingan visual yang jelas antara kondisi sebelum, saat, dan setelah bencana, memberikan dasar yang lebih kuat bagi pengambilan keputusan dalam pengelolaan pesisir, seperti tampak pada gambar 5. Citra satelit tahun 2021 sebelum kejadian abrasi memperlihatkan kondisi kawasan pesisir yang relatif stabil tanpa adanya perubahan signifikan pada garis pantai maupun ekosistem di sekitarnya. Namun, setelah peristiwa abrasi terjadi, citra UAV di tahun 2022 menangkap dampak signifikan dari bencana tersebut, di mana daratan mengalami runtuhnya massa tanah ke arah laut, memperlihatkan perubahan bentuk garis pantai secara drastis. Selain itu, kondisi perairan di sekitar lokasi juga mengalami perubahan, dengan meningkatnya kekeruhan air laut akibat material sedimen yang terbawa dari daratan.

Setelah satu tahun berlalu, saat penelitian berlangsung pada hasil pemantauan kembali menggunakan UAV menunjukkan kondisi kawasan pesisir dapat didokumentasikan secara detail, memperlihatkan adanya bangunan pengaman pantai yang sementara berlangsung sebagai langkah mitigasi bencana. Detail yang diperoleh dari foto udara resolusi tinggi memberikan informasi yang lebih akurat mengenai kondisi pasca-bencana, baik dalam hal pemulihan lingkungan maupun efektivitas upaya rekayasa teknis yang dilakukan.

Keunggulan UAV dalam menghasilkan citra dengan resolusi spasial tinggi juga memungkinkan pendeteksian perubahan garis pantai secara lebih akurat dibandingkan dengan citra satelit resolusi menengah. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa perubahan garis pantai dapat diamati dalam skala yang lebih rinci, termasuk pergeseran garis abrasi dan hilangnya

daratan akibat runtuhnya material dari tebing pantai. Informasi ini sangat penting dalam memahami pola abrasi dan dampaknya terhadap infrastruktur pesisir serta pemukiman di sekitar area terdampak. Perbandingan resolusi spasial pada citra, dapat dilihat pada tabel 1.

Pemilihan antara penggunaan citra satelit atau UAV akan tergantung pada skala, resolusi, ketepatan waktu, dan anggaran biaya. Jika dibandingkan ketersediaan informasi dan data, baik citra antara satelit dan UAV merupakan pertimbangan penting dalam menentukan pendekatan yang tepat dalam pengumpulan informasi spasial. Data yang dihasilkan dari penggunaan UAV dalam pemetaan wilayah memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan data citra satelit. Pertama, UAV dapat memberikan resolusi spasial yang lebih tinggi

daripada citra satelit. Dengan kemampuan untuk terbang dalam jarak yang lebih dekat dengan permukaan tanah, UAV dapat menghasilkan gambar yang lebih detail dan akurat, yang memungkinkan pemetaan wilayah dengan tingkat detail yang lebih tinggi. Kedua, data UAV biasanya memiliki tingkat aktualitas yang lebih tinggi. Dengan kemampuan untuk mengambil gambar secara langsung dari atas area yang dipetakan, UAV dapat memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kondisi terkini wilayah yang dipetakan. Hal ini dapat menjadi krusial dalam situasi di mana perubahan cepat terjadi atau dalam pemantauan yang memerlukan pembaruan informasi secara reguler, analisis *time-lapse* untuk mendeteksi dinamika morfologi pantai secara berkelanjutan.

Tabel 1. Perbandingan Resolusi Spasial di tahun 2023 Pada Citra Satelit dengan Foto Udara

Skala	Citra Satelit	Foto Udara (UAV)	Keterangan
1:300			Daratan / Kawasan Infrastruktur dan Pemukiman
1:50			Bangunan Pengaman Pantai

Salah satu aspek penting dalam penelitian ini adalah pemanfaatan analisis *time-lapse* berbasis UAV untuk memantau dinamika abrasi dari tahun ke tahun. Dengan membandingkan data UAV tahun 2023 dengan citra UAV tahun 2022 dan citra satelit tahun 2021, perubahan garis pantai dapat dianalisis secara lebih jelas dalam rentang waktu yang berbeda. Hasil analisis menunjukkan bahwa setelah terjadi longsor pada tahun 2022, garis pantai terus mengalami pergeseran lebih lanjut akibat interaksi dengan gelombang laut dan

arus pasang surut, meskipun laju abrasi cenderung menurun seiring berjalannya waktu.

Selain itu, UAV memberikan keuntungan dalam hal kemudahan mobilisasi dan fleksibilitas operasional, yang memungkinkan pemetaan cepat di lokasi bencana tanpa memerlukan infrastruktur survei tambahan. Dibandingkan dengan metode survei terestrial, UAV dapat menjangkau area yang terdampak dalam waktu yang lebih singkat dan dengan tingkat efisiensi yang lebih tinggi (Gambar 6). Penggunaan UAV dalam penelitian

ini memungkinkan pengambilan data berulang tanpa harus menunggu jadwal akuisisi citra satelit, sehingga pemantauan perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan lebih fleksibel dan adaptif terhadap kondisi di lapangan. Mobilitas UAV yang tinggi juga memungkinkan pengambilan data di berbagai titik yang sulit diakses, terutama di kawasan



Gambar 6. Foto Udara Pasca Abrasi Pantai Amurang - Saat Bencana (Kiri) dan Setahun Setelah Bencana (Kanan)

Analisis *time-lapse* dengan akuisisi data berbasis UAV dalam kajian abrasi pantai pascabencana telah terbukti memberikan kontribusi signifikan dalam memahami dinamika perubahan garis pantai secara lebih akurat dan efisien. Pemanfaatan UAV memungkinkan pemantauan perubahan garis pantai dengan resolusi tinggi secara berkala, sehingga tren abrasi dapat dideteksi lebih dini dan tindakan mitigasi dapat dirancang dengan lebih tepat. Selain itu, UAV berperan penting dalam mengidentifikasi zona rawan abrasi serta memprediksi pola erosi yang mendukung sistem peringatan dini dan perencanaan tata ruang pesisir.

Lebih lanjut, integrasi data geospasial dari UAV dengan analisis kebencanaan memberikan landasan ilmiah yang kuat bagi pengambilan keputusan dalam mitigasi abrasi. Data yang dihasilkan dapat digunakan untuk mendukung kebijakan adaptasi, seperti restorasi ekosistem pesisir, pembangunan infrastruktur perlindungan pantai, serta pengelolaan wilayah pesisir yang lebih berkelanjutan.

Dengan perkembangan teknologi UAV yang semakin pesat, pemanfaatannya dalam penelitian abrasi pantai memiliki potensi besar untuk terus ditingkatkan. Ke depan, penggabungan UAV dengan metode analisis spasial yang lebih canggih, seperti pemodelan hidrodinamika dan sistem informasi geografis (GIS), dapat semakin memperkuat upaya

yang mengalami longsor besar yang berisiko tinggi bagi tim survei lapangan. Dengan keunggulan ini, UAV menjadi alat yang sangat efektif dalam mendukung pemetaan perubahan garis pantai serta memberikan data yang dapat digunakan untuk mendukung perencanaan tata ruang wilayah pesisir yang lebih berbasis pada bukti ilmiah.

mitigasi bencana dan meningkatkan ketahanan wilayah pesisir terhadap ancaman abrasi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi UAV dalam kajian perubahan garis pantai Amurang pascabencana abrasi mampu memberikan informasi geospasial yang akurat dan detail. Berdasarkan analisis *time-lapse* dari citra satelit (2021) dan citra UAV (2022 & 2023), ditemukan bahwa garis pantai mengalami perubahan signifikan dengan kehilangan area seluas 3,07 hektar dalam dua tahun. Identifikasi perubahan garis pantai ditemukan pola abrasi, yaitu Zona Abrasi Ekstrem di bagian depan muara Sungai Ranowanko dengan pergeseran garis pantai hingga 130 meter, dan Zona Abrasi Menengah dengan pergeseran garis pantai kurang dari 90 meter ke arah daratan.

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa akuisisi data UAV berperan penting dalam dokumentasi dampak bencana, analisis perubahan garis pantai, dan perencanaan mitigasi berbasis data. Oleh karena itu, disarankan agar teknologi UAV diintegrasikan dengan metode analisis geospasial yang lebih komprehensif guna memprediksi dinamika morfologi pantai di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A. A., Sartohadi, J., Djohan, T. S., & Ritohardoyo, S. (2017). Erosi Pantai, Ekosistem Hutan Bakau dan Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Kerusakan Pantai di negara Tropis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.14710/jil.15.1.1-10>
- Al-wassai, F. A., & Kalyankar, N. V. (2013). Major limitations of satellite images. *Journal of Global Research in Computer Science*, 4(5), 51–59.
- Bambang, S. (2011). Inventarisasi Perubahan Wilayah Pantai Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus Kota Semarang). *Teknik*, 32(2), 163–170.
- Bird, E. C. F. (2008). Coastal Geomorphology: An Introduction. In *John Wiley & Sons* (2nd Ed). John Wiley & Sons.
- Casella, E., Drechsel, J., Winter, C., Benninghoff, M., & Rovere, A. (2020). Accuracy of sand beach topography surveying by drones and photogrammetry. *Geo-Marine Letters*, 40(2), 255–268. <https://doi.org/10.1007/s00367-020-00638-8>
- Chang, K. T., Fang, H. M., Hsiao, S. S., & Li, C. S. (2021). Beach Topographic Change Analysis Using Multi-temporal UAV Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 799(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/799/1/012022>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. In *Microbe Magazine* (5th ed.). SAGE.
- Darwish, K. S. (2024). Monitoring Coastline Dynamics Using Satellite Remote Sensing and Geographic Information Systems: A Review of Global Trends. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 31(1), 1–23. <https://doi.org/10.21608/cat.2024.233931.1196>
- Diskominfo Minsel. (2022). *Pemkab Minsel Tanggap Darurat : Bencana Alam, Abrasi Pantai Amurang*. Diskominfo Minsel. <https://minselkab.go.id/beranda/pemkab-minsel-tanggap-darurat-bencana-alam-abrasi-pantai-amurang/>
- Fadilah, Z. Y., Afifah, N., Rodhiah Mariza, S. S., Indit Pakarti, T., & Masitoh, F. (2022). Analisis Morfologi Dan Perubahan Garis Pantai Tahun 2009- 2021 Di Wilayah Pantai Bantol Kabupaten Malang. *Jurnal Geografi*, 11(1), 41–52. <https://doi.org/10.24036/geografi/vol11-iss1/2542>
- Falahudin, D., Cordova, M. R., Sun, X., Yogaswara, D., Wulandari, I., Hindarti, D., & Arifin, Z. (2019). The first occurrence, spatial distribution and characteristics of microplastic particles in sediments from Banten Bay, Indonesia. *The Science of the Total Environment*, 705(February), 135304. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135304>
- Griggs, G. B. (2005). The impacts of coastal armoring. *Shore and Beach*, 73(1), 13–22. https://www.researchgate.net/profile/Gary-Griggs/publication/285969581_The_impacts_of_coastal_armoring/links/568fe4b708aee91f69a13733/The-impacts-of-coastal-armoring.pdf
- Ismiyanti, D., & Buchori, I. (2021). Dampak Abrasi Terhadap Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Kecamatan Kedung, Jepara. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 17(3), 251–265. <https://doi.org/10.14710/pwk.v17i3.21998>
- Krama, A. V., Rohman, A., Qamilah, N., & Bahihaqi, F. R. (2022). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis dalam Pembuatan Peta Dasar Skala 1:5.000 dengan Menggunakan Citra Resolusi Sangat Tinggi Pleiades (Studi Kasus Kota Padang Panjang). *Jurnal Geo Image*, 11(2).
- Kurniawan, F., Adrianto, L., Bengen, D. G., & Prasetyo, L. B. (2016). Vulnerability assessment of small islands to tourism: The case of the Marine Tourism Park of the Gili Matra Islands, Indonesia. *Global Ecology and Conservation*, 6, 308–326. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.04.001>
- Letortu, P., Jaud, M., Grandjean, P., Ammann, J., Costa, S., Maquaire, O., Davidson, R., Le Dantec, N., & Delacourt, C. (2018).

- Examining high-resolution survey methods for monitoring cliff erosion at an operational scale. *GIScience and Remote Sensing*, 55(4), 457–476. <https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1408931>
- Lubis, D. P., Pinem, M., & Simanjuntak, M. A. N. (2017). Analisis Perubahan Garis Pantai Dengan Menggunakan Citra Penginderaan Jauh (Studi Kasus Di Kecamatan Talawi Kabupaten Batubara). *Jurnal Geografi*, 9(1), 21. <https://doi.org/10.24114/jg.v9i1.6044>
- Mandaya, I., & Harintaka. (2020). Pemanfaatan Teknologi UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Untuk Identifikasi dan Klasifikasi Jenis - Jenis Kerusakan Jalan. *Rekayasa Sipil*, 14(3).
- Munandar, & Kusumawati, I. (2017). Studi Analisis Faktor Penyebab Dan Penanganan Abrasi Pantai Di Wilayah Pesisir Aceh Barat. *Jurnal Perikanan Tropis*, 4(1), 47. <https://doi.org/10.35308/jpt.v4i1.55>
- Munawaroh, L., & Setyaningsih, W. (2021). Adaptasi Masyarakat Pesisir dalam Menghadapi Perubahan Garis Pantai di Pesisir Kecamatan Sayung. *Jurnal Geo Image*, 10(2), 164–174.
- Nana, S. (2013). Resolusi Spasial, Temporal dan Spektral Pada Citra Satelit LANDSAT, SPOT dan IKONOS. *Jurnal Ilmiah WIDYA*, 1(2), 167–174.
- Nichols, C. R., Zinnert, J., & Young, D. R. (2019). Degradation of coastal ecosystems: Causes, impacts and mitigation efforts. *Coastal Research Library*, 27(June), 119–136. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75453-6_8
- Olofsson, M., Holmgren, H., & Persson, K. (2024). Comparative analysis of traditional and modern measured survey methods. *International Journal of Surveying and Structural Engineering*, 5(1), 14–19.
- Permatasari, I. N. (2021). Kajian Resiko, Dampak, Kerentanan dan Mitigasi Bencana Abrasi Dibeberapa Pesisir Indonesia. *J-Tropimar*, 3(1), 43–53. <https://doi.org/10.30649/jrkt.v3i1.56>
- Pramudya, F. A. (2020). Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi Dan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Studi Kasus: Pesisir Kota Surabaya). In *Skripsi*.
- Putra, A. S., Maulana, E., Wulan, T. R., Nurhidayah, P., Sanjaya, M. D. A., & Swastiko, F. A. (2016). Uji Akuisisi Data Dengan Uav Untuk Monitoring Kondisi Mangrove Dalam Mencegah Abrasi Air Laut. *Geografi*, 0(September), 500–507. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23208.78088>
- Putri, D. M., & Mulia, A. P. (2021). Aplikasi UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Untuk Monitoring Zona Pantai. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(9), 1663–1681.
- Putri, N., Darsiharjo, & Sugito, N. T. (2023). Analisis Efektivitas Metode Digitasi On-Screen dan Object-Based Image Analysis (OBIA) Melalui Foto Udara dalam Pemetaan Bidang Tanah Kawasan Permukiman (Studi Kasus di Desa Ciwaruga, Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung Barat). *Geoid*, 19(1), 73–87.
- Ramadhani, Y. P., Praktikto, I., & Suryono, C. A. (2021). Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Landsat di Pesisir Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 10(2), 299–305. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.30468>
- Rauf, A., Yusuf, K., Asmidar, A., Kasnir, M., & Tajuddin, M. (2018). Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Dalam Pemantauan Potensi Sumberdaya Pesisir Dan Laut Di Kabupaten Pangkep. *Journal of Indonesian Tropical Fisheries*, 1(1), 11–16. <https://doi.org/10.33096/joint-fish.v1i1.15>
- Sardiyatmo, Supriharyono, & Hartoko, A. (2013). Dampak Dinamika Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal Pantai Semarang Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Saintek Perikanan*, 8(2), 33–37.
- Sasmito, B., & Suprayogi, A. (2017). *Kajian Kerentanan Ekosistem Pesisir Kabupaten Demak berdasar Perubahan Garis Pantai dengan Teknologi Penginderaan Jauh*

dan Sistem Informasi Geografis. 38(1),
13–20.

<https://doi.org/10.14710/teknik.v38n1.12181>

- Sitepu, I., Prasetyo, Y., & Amarrohman, F. J. (2017). Analisis Aspek Morfologi Jalan (Layout Of Streets) Kota Semarang Terhadap Pertumbuhan Tata Ruang Dan Wilayah Menggunakan Metode Digitasi Citra Resolusi Tinggi Dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 21–30. <http://www.jurnaltunasagraria.stpn.ac.id/JTA/article/download/114/109>
- Suwandana, E. (2019). Dinamika morfologi pantai Kabupaten Tangerang Banten dan Pantai Indah Kapuk Jakarta melalui analisis citra google earth. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 9(1), 55–68.
- Trégarot, E., D’Olivo, J. P., Botelho, A. Z., Cabrito, A., Cardoso, G. O., Casal, G., Cornet, C. C., Cragg, S. M., Degia, A. K., Fredriksen, S., Furlan, E., Heiss, G., Kersting, D. K., Maréchal, J. P., Meesters, E., O’Leary, B. C., Pérez, G., Seijo-Núñez, C., Simide, R., ... de Juan, S. (2024). Effects of climate change on marine coastal ecosystems – A review to guide research and management. *Biological Conservation*, 289(October 2023). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110394>
- Wahyuni, M. (2020). Statistik Deskriptif Untuk Penelitian Olah Data Manual dan SPSS versi 25. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Issue Mi).
- Witari, M. R., Saidi, A. W., & Sariasih, K. (2021). Dampak Abrasi Terhadap Lingkungan dan Sosial Budaya di Wilayah Pesisir Pantai Pabean, Gianyar Made. *Jurnal Teknik Gradien*, 13(01), 27–35.