

Studi Perubahan Garis Pantai dengan Metode DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) Sebagai Upaya Identifikasi Erosi di Pantai Utara Pulau Tarakan

Edy Utomo*¹, Muhammad Djaya Bakri²

¹Laboratorium Pemetaan dan Geografis Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan

e-mail: *edvutomo99@gmail.com, javabakri@gmail.com

Abstract

The beach is an area on the edge of the sea which experiences the influence of sea water fluctuations. Between the coast and the mainland separated by an imaginary line called the coastline. One of the problems on the coast is the decline of the coastline (Abrasion) and the progress of the coastline (Accretion). Beaches that must be protected from the phenomenon of Abrasion and Accretion needs to be identified first to find out how far the changes have occurred in the coastline. The beach which is the object of this study is the beach on the north side of Tarakan Island. Identification was carried out by applying the DSAS Method (Digital Shoreline Analysis System) with change analysis using the LRR Method (Linear Regression Rate) and RMSE Method (Root Mean Square Error) while the mold delineation coastline based on Landsat satellite imagery in 1988, 1990, 2010, 2016, 2022, and 2023. The results of studies conducted in this study indicate that there has been a decline in the coastline with an average rate of change of 2,16 Meter/year and is predicted to increase backward an average of 0,74 Meter/year in 2033 for sandy beach areas. While in other areas there is progress of the coastline which is estimated to have a rate increase of an average of 2,40 Meter/year for Mangrove vegetation areas and an average of 0,19 Meter/year for community residential areas in 2033.

Keywords: *Abrasion, Accretion, DSAS, Costline, Tarakan*

Abstrak

Pantai merupakan suatu kawasan di tepi perairan laut yang mengalami pengaruh fluktuasi air laut. Antara pantai dengan daratan dipisahkan oleh suatu garis imajiner yang disebut dengan garis pantai. Salah satu permasalahan di pantai adalah adanya kemunduran garis pantai (Abrasi) dan kemajuan garis pantai (Akresi). Pantai yang harus dilindungi dari adanya fenomena abrasi dan akresi perlu diidentifikasi terlebih dahulu, untuk mengetahui seberapa jauh perubahan yang terjadi pada garis pantai. Pantai yang menjadi objek dalam penelitian adalah pantai sisi Utara Pulau Tarakan. Identifikasi dilakukan dengan menerapkan Metode DSAS (Digital Shoreline Analysis System) dengan analisis perubahan menggunakan Metode LRR (Linier Regression Rate) dan Metode RMSE (Root Mean Square Error), sedangkan acuan deliniasi garis pantai berdasarkan citra satelit Landsat pada tahun 1988, 1990, 2010, 2016, 2022, dan 2023. Hasil studi yang dilakukan dalam penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi kemunduran garis pantai dengan laju perubahan rerata 2,16 Meter/tahun dan diprediksi akan bertambah mundur rerata 0,74 Meter/tahun pada tahun 2033 untuk wilayah pantai berpasir, sedangkan pada wilayah lainnya terjadi kemajuan garis pantai yang diperkirakan memiliki laju pertambahan rerata 2,40 Meter/tahun untuk kawasan vegetasi Mangrove dan rerata 0,19 Meter/tahun untuk wilayah pemukiman di tahun 2033.

Kata kunci: *Abrasi, Akresi, DSAS, Garis pantai, Tarakan*

1. Pendahuluan

Pulau Tarakan adalah bagian dataran rendah di wilayah Provinsi Kalimantan Utara, yang saat ini memiliki status sebagai Kota Administratif. Kota Tarakan terletak pada koordinat $3^{\circ}14'30''$ - $3^{\circ}26'37''$ Lintang Utara dan $117^{\circ}30'50''$ - $117^{\circ}40'12''$ Bujur Timur, yang terbagi menjadi 4 wilayah Kecamatan, dengan batas terluar di setiap Kecamatan tersebut adalah wilayah Pantai (BPS Kota Tarakan, 2022b). Wilayah pantai Pulau Tarakan banyak digunakan sebagai tempat kegiatan interaksi sosial, ekonomi, dan budaya bagi masyarakat di sekitar Provinsi Kalimantan Utara. Letaknya yang strategis menjadikan Pulau Tarakan sebagai pusat dalam perkembangan kehidupan masyarakat, terutama pada peranan transportasi laut (Kasim, 2003). Pulau Tarakan kini telah mengalami perkembangan yang pesat sejak tahun 1997 (Bakri dkk., 2020). Daerah pesisir Pulau Tarakan menjadi salah satu sektor yang berperan penting pada kegiatan masyarakat Kalimantan Utara. Hal ini ditandai dengan banyaknya infrastruktur yang dibangun di daerah pesisir pantai Pulau Tarakan, seperti Pelabuhan. Beberapa Pelabuhan penting yang memegang peranan tersebut, antara lain Pelabuhan Tengkeyu 1, Tengkeyu 2, Pelabuhan Malundung, Pelabuhan Fery, dan lain-lain (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2021). Pelabuhan terbesar yang juga memiliki peranan dalam sektor ekonomi dalam negeri dan luar negeri di Pulau Tarakan adalah Pelabuhan Laut Malundung, yang sekaligus juga menjadi pintu gerbang perdagangan internasional di Kalimantan Utara (Badarusman dkk., 2018).

Selain infrastruktur Pelabuhan, Wilayah pesisir pantai Pulau Tarakan juga banyak digunakan sebagai wilayah budidaya komoditas kelautan, yaitu rumput laut, seperti yang terjadi di daerah pesisir Pantai Amal Baru sampai ke Pantai Binalatung Kecamatan Tarakan Timur (Bakri dkk., 2023). Tercatat telah terjadi peningkatan produksi rumput laut pada tahun 2020 dengan jumlah 185.492 Ton, sehingga dengan potensi yang besar ini Pemerintah Provinsi Kalimantan Utara berupaya menjadikan komoditas ini sebagai komoditas ekspor (Bakri dkk., 2023). Hal tersebut mengakibatkan pertumbuhan penduduk mengalami peningkatan rata-rata sebesar 732,02 jiwa/tahun (BPS Kota Tarakan, 2022a). Perubahan fungsi daerah pesisir pantai menjadi kawasan pemukiman dan budidaya rumput laut memberikan dampak pada perubahan morfologi pantai. Perubahan yang terjadi akan semakin menjadi lebih parah jika ditambahkan oleh pengaruh pemanasan global yang dapat menyebabkan terjadinya pergeseran dari garis pantai, yang merupakan batas antara sisi daratan dengan laut, fenomena ini disebut dengan proses erosi pantai (Muliati, 2020). Pantai merupakan daerah di tepi perairan laut, yang dipengaruhi oleh fluktuasi air laut, yaitu pada kondisi pasang tertinggi dan surut terendah (Triatmodjo, 2016). Hubungan pantai dengan kondisi perubahan morfologi dan cuaca sangatlah erat, sehingga pantai sering sekali mengalami permasalahan (Triatmodjo, 2016).

Permasalahan di daerah pantai antara lain adalah kejadian erosi dan pencemaran. Erosi pantai merupakan proses perubahan garis pantai dari kedudukan semula yang disebabkan oleh hilangnya keseimbangan antara pasok dan kapasitas angkut sedimen. Kejadian erosi terbagi menjadi dua bentuk, yaitu akresi dan abrasi (Muliati, 2020). Akresi merupakan proses pengendapan material yang terbawa oleh air, angin, maupun glistar, sedangkan abrasi adalah kejadian pengikisan garis pantai yang diikuti oleh kekuatan hidraulik dari arus dan gelombang laut (Muliati, 2020). Permasalahan erosi tidak dapat dihilangkan, namun dapat dicegah dengan melakukan perlindungan pada garis pantai. Salah satunya adalah dengan membuat bangunan pelindung pantai di sepanjang garis pantai yang mengalami Abrasi dan Akresi (Bakri dkk., 2023).

Salah satu daerah di Pantai Tarakan yang telah mengalami kerusakan adalah Pantai Amal Baru. Berdasarkan penelitian sebelumnya, Pantai Amal Baru telah mengalami 72% kerusakan akibat Abrasi, dan 28% telah terjadi Akresi, dengan kondisi perubahan akibat Abrasi adalah 2,59 m/tahun.

Abrasi menyebabkan pantai Amal mengalami kerusakan berat, sehingga perlu segera dilakukan penanganan (Bakri dkk., 2023). Selain dari adanya perubahan fungsi pantai, pemicu utama dalam kejadian tersebut adalah perubahan tinggi gelombang yang mencapai 2,10 meter di garis pantai pada kondisi kecepatan angin maksimum. Gelombang yang terjadi bersifat destruktif dan mampu memberikan dampak kerusakan pada pantai berupa kejadian abrasi (Kahtijah dkk., 2022). Pada beberapa kasus lain, erosi mampu memberikan dampak kerusakan yang besar, seperti erosi di Vietnam contohnya, dimana dampak erosi menyebabkan beberapa bangunan rubuh, dan kegiatan pariwisata menjadi terganggu (Cham dkk., 2020). Terlebih lagi jika wilayah pantai bukan merupakan tempat ekosistem tumbuhan Mangrove, Abrasi akan sangat sulit untuk dihindari, karena Mangrove di daerah pantai akan mampu untuk mereduksi tinggi dan energi gelombang, sehingga dampak abrasi akan dapat dikurangi (Kamil dkk., 2021).

Solusi yang dapat dilakukan untuk mencegah fenomena abrasi ini semakin meluas, adalah dengan melakukan perlindungan pada garis pantai menggunakan bangunan pelindung pantai (Bakri dkk., 2023). Bangunan pantai terbagi menjadi dua jenis, yaitu bangunan pantai alami dan bangunan pantai buatan. Keberadaan vegetasi Mangrove pada pantai termasuk dalam jenis bangunan pantai alami yang hanya dapat dilakukan jika dampak kerusakan tidak besar dan tidak memberikan ancaman pada kegiatan masyarakat (Triatmodjo, 2014). Bangunan pantai buatan merupakan bangunan struktur pantai yang dibuat untuk mereduksi dan mengubah arah gelombang beserta sifatnya dari destruktif menjadi konstruktif. Namun, sebelum bangunan pantai dibuat, maka perlu untuk diketahui jenis dan bentuk kerusakan yang terjadi di suatu pantai (Triatmodjo, 2014). Langkah awal yang perlu untuk dilakukan adalah identifikasi terhadap perubahan garis pantai. Pada umumnya metode yang digunakan untuk identifikasi adalah Metode Tradisional, yang mana melakukan proses identifikasi dengan teknik survey di sepanjang garis pantai, mengamati secara kontinyu perubahan yang terjadi, namun metode ini akan membutuhkan banyak waktu dalam prosesnya, sehingga kurang efektif untuk digunakan. Pada perkembangan teknologi saat ini, perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan menerapkan Metode SIG (Sistem Informasi Geografis), pada pemanfaatan citra satelit sebagai acuan dalam melakukan proses interpretasi perubahan garis pantai (Bakri dkk., 2023). Salah satunya adalah dengan menggunakan Metode DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) (Mulyadi dkk., 2022).

DSAS merupakan *platform* digital yang dibentuk sebagai *plug-in* dalam penerapan SIG. DSAS sendiri dikembangkan oleh USGS (*United States Geological Survey*) untuk mempermudah peneliti melakukan analisa terhadap perubahan garis pantai yang terjadi (Mulyadi dkk., 2022). Metode tersebut memberikan kemudahan untuk melakukan pemantauan secara berkala terkait perubahan garis pantai. Selain itu, hal lain yang dapat dilakukan adalah dengan menghitung laju perubahan garis pantai disetiap tahunnya, sehingga akan dapat diketahui prediksi perubahan garis pantai di masa mendatang tanpa harus setiap saat bersentuhan langsung dengan pantai. Oleh sebab itu, dapat dikatakan metode ini merupakan bagian dari Metode penginderaan jauh. Pengamatan garis pantai yang berubah dapat dilakukan dengan Metode penginderaan jauh dan SIG (Isdianto dkk., 2020). Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi dari objek, kawasan, atau media yang dianalisis dan diperoleh tanpa melakukan kontak langsung terhadap objek yang dikaji (Rahma dkk., 2020). Proses menjalankan Metode DSAS, perlu untuk dilakukan delineasi garis pantai berdasarkan peta dasar dari citra satelit yang digunakan. Delineasi atau Digitasi merupakan cara mengkonversi data yang bersifat analog untuk menjadi data digital yang memiliki penambahan atribut sebagai informasi objek yang akan digunakan (Suharyo & Hidayah, 2019). Metode digitasi yang tepat untuk digunakan adalah Metode digitasi *on screen digitizing*, yang akan menghasilkan batas antara daratan dan lautan. Perubahan garis pantai akan dapat diketahui jika peta dasar yang digunakan terdiri dari beberapa tangkapan citra pada tahun yang berbeda. Hal tersebut akan dapat terrealisasi dengan memanfaatkan sumber citra satelit dari Landsat. Citra Landsat adalah salah satu

sumber data yang dapat digunakan dalam penginderaan jauh. Pada citra Landsat 8 rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap lebih panjang, sehingga citra Landsat sangat tepat untuk digunakan dalam penelitian yang berkaitan dengan kondisi geologi dan morfologi permukaan bumi (Hardianto dkk., 2021).

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan suatu studi terkait perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Utara Pulau Tarakan. Minimnya informasi terkait hal tersebut mendorong peneliti untuk melakukan identifikasi terhadap perubahan garis pantai yang terjadi, dengan demikian akan didapatkan informasi untuk dapat ditindaklanjuti pada studi yang lainnya, seperti identifikasi karakteristik gelombang dan pemilihan sistem perlindungan pantai yang diperlukan.

2. Metode Penelitian

2.1. Metode Sistem Informasi Geografis (SIG)

Merujuk pada penelitian sebelumnya, pada penelitian ini menerapkan Metode DSAS yang merupakan bagian pengembangan dari Metode SIG. Metode ini hadir dikalangan akademisi dan praktisi keilmuan teknik sipil dan teknologi kelautan dengan beragam peranan untuk disesuaikan dengan kebutuhan serta keperluan akademis dan praktisi. Seperti beberapa contoh penerapan metode SIG antara lain: Pemanfaatan SIG yang dikombinasikan dengan Metode pengukuran Fotogrametri, SIG berperan sebagai alat untuk membantu dalam pengolahan data dan analisa foto udara untuk identifikasi daerah rawan longsor di kawasan pemukiman kampung bugis Kota Tarakan (Utomo dkk., 2023). Penerapan Metode SIG tidak hanya memberikan gambaran kondisi permukaan bumi, namun juga dapat dipadukan dengan beberapa fitur lainnya untuk membantu proses analisis dari beberapa hal yang ingin diketahui, seperti Penyusunan peta wilayah berdasarkan citra Sentinel-2B dan Pemodelan luas DAS pada jaringan sungai Desa Antutan Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara (Utomo, Bakri, dkk., 2022). Pemanfaatan citra *Google Earth* untuk pembuatan peta wilayah Desa Sempayang dan Analisis perbandingan hasil luas penggunaan lahan pemukiman berdasarkan Metode *Supervised* dan *Unsupervised Classification* (Utomo, Syarif, dkk., 2022). Penyusunan peta wilayah Desa Apung Kabupaten Bulungan dengan memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 dan pengukuran koordinat berbasis Android (Utomo & Andari, 2022). Penggambaran peta wilayah Desa Periuk Kabupaten Tana Tidung dengan analisis luas bangunan penduduk berdasarkan teknik digitasi *on-screen* (Utomo, Fadila, dkk., 2022).

Selain itu, Metode SIG juga banyak digunakan dalam penelitian garis pantai, antara lain: Penerapan SIG sebagai alat utama untuk identifikasi perubahan garis pantai selama 3 dekade dengan dasar acuan citra satelit Landsat (Mulyadi dkk., 2022). Penerapan SIG untuk identifikasi perubahan garis pantai yang menyebabkan hilangnya beberapa lahan konservasi di CMC Kabupaten Malang, dengan acuan citra satelit Landsat dan *Google Earth* (Isdianto dkk., 2020). Penerapan SIG untuk interpretasi ekosistem Mangrove yang dikombinasikan dengan Metode *mirror stereoscope*, Metode NDVI, Multivariant PCA, Metode analisis model FCD (Rahma dkk., 2020). Penerapan SIG dalam pengawasan wilayah pesisir, dengan tujuan memberikan informasi wilayah pesisir tentang perubahan garis pantai maupun perubahan penggunaan lahan dengan cakupan yang luas (Suharyo & Hidayah, 2019).

2.2. Metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS)

DSAS merupakan perangkat lunak tambahan yang bekerja pada perangkat lunak ArcGIS. DSAS dikembangkan oleh ESRI dan USGS serta dapat diperoleh secara gratis pada laman <https://www.usgs.gov/centers/whcmssc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas#software>. DSAS digunakan untuk menghitung perubahan posisi garis pantai berdasarkan waktu secara statistik

dan berbasis geospasial (Istiqomah dkk., 2016). DSAS menggunakan titik sebagai acuan dalam pengukuran, dimana titik akan dihasilkan dari perpotongan antara garis transect yang dibuat oleh pengguna dengan garis-garis pantai berdasarkan waktu. Terdapat beberapa hasil perhitungan yang dapat dilakukan oleh DSAS antara lain: SCE (*Shoreline Change Envelope*) yaitu pengukuran total perubahan garis pantai dengan mempertimbangkan semua posisi garis pantai yang tersedia tanpa mengacu pada waktu tertentu, NSM (*Net Shoreline Movement*) yaitu pengukuran jarak perubahan garis pantai antara garis pantai yang terlama dan garis pantai terbaru, EPR (*End Point Rate*) yaitu menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antara garis pantai terlama dan garis pantai terkini dengan waktunya, LRR (*Linear Regression Rate*) yaitu analisis statistik tingkat perubahan dengan menggunakan regresi linear, dapat ditentukan dengan menggunakan garis regresi *least-square* terhadap semua titik perpotongan garis pantai dengan transect (Himmelstoss dkk., 2021).

2.3. Metode Delineasi Garis Pantai

Tahapan awal dalam analisis perubahan garis pantai adalah dengan melakukan delineasi terhadap garis pantai. Delineasi merupakan cara pembuatan garis batas untuk membentuk dan menandai suatu objek atau wilayah tertentu (Yanti dkk., 2017). Delineasi garis pantai merupakan pembentukan garis pertemuan antara daratan dengan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Garis pantai merupakan salah satu unsur dari delapan unsur peta dasar yang harus ada di dalam Peta Rupa Bumi Indonesia (Pemerintah Republik Indonesia, 2021). Garis pantai pasang tertinggi ditentukan berdasarkan datum pasang muka air laut tertinggi, jika tidak dapat ditentukan dengan datum tersebut, maka garis pantai pasang tertinggi dapat ditentukan dengan interpretasi citra tegak resolusi tinggi, foto udara dan data geospasial dasar lainnya. Selanjutnya garis pantai ini disebut dengan garis pantai pasang tertinggi indikatif (Badan Informasi Geospasial, 2021a). Terdapat beberapa cara untuk melakukan delineasi garis pantai pasang tertinggi indikatif, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 (Badan Informasi Geospasial, 2021b).

Tabel 1. Cara delineasi garis pantai pasang tertinggi indikatif

No	Karakteristik Pantai	Keterangan Cara Delineasi
1	Area vegetasi	Dilakukan pada batas vegetasi terluar yaitu ketika vegetasi merapat menutupi daratan. Namun ketika di antara daratan dan vegetasi masih tampak air maka garis pantai dapat ditarik menyesuaikan batas air terdekat dengan daratan;
2	Pelabuhan/Dermaga/ Bangunan Lainnya	Dilakukan pada batas luar bangunan dimana posisi air terhenti sejajar dengan bangunan. Untuk bangunan yang menggunakan tiang pancang dan keadaan air masih bisa mengalir pada bagian bawah bangunan, tidak bisa dianggap sebagai garis pantai. Garis pantai yang didelineasi mengacu pada indikasi pertemuan air dengan daratan pada saat pasang tertinggi;
3	Pemukiman terapung	Dilakukan di batas bangunan yang tidak terapung dan memiliki pondasi tetap;
4	Kawasan pantai yang landai	Dilakukan pada bekas jejak air pasang atau bekas sampah yang tampak pada citra;
5	Area tebing yang terjal/ Curam	Dilakukan pada batas tebing terluar;
6	Area tambak	Dilakukan pada batas tanah/bangunan yang jelas sedemikian hingga air tidak masuk;
7	Area muara sungai	Delineasi garis penutup mulut sungai menggunakan data dari Pusat Pemetaan Batas Wilayah (PPBW) yang terdapat dua sumber data, yaitu garis pantai KSP dan garis pantai surut terendah. Garis penutup yang ditarik dengan garis pantai surut terendah, perlu dibentuk garis penutup baru atau menggunakan metode titik potong dari garis penutup PPBW dengan garis pantai pasang tertinggi indikatif;

8	Pulau/ Batu	Dilakukan pada batas kenampakan terluar objek batu;
9	Pantai berbatu	Dilakukan pada bekas jejak air pasang atau batas sampah yang tampak pada citra.

Selain aturan terkait Metode Delineasi garis pantai, juga diberlakukan beberapa pembatasan terhadap objek di daerah pantai yang tidak diperbolehkan untuk dilakukan delineasi atau digitasi, beberapa hal tersebut ditunjukkan pada Tabel 2 (Badan Informasi Geospasial, 2021b).

Tabel 2. Bagian objek yang tidak dilakukan delineasi

No	Objek di daerah pantai yang tidak diperbolehkan untuk proses deleniiasi
1	Konstruksi dermaga pelabuhan dengan sistem terbuka, dimana air laut masih dapat melewati celah antara tiang pancang;
2	Vegetasi / Mangrove yang tidak terlalu rapat;
3	Pemukiman terapung yang dibangun di atas air laut;
4	Jalan atau Jembatan yang struktur dasarnya masih bisa dilalui oleh air laut;
5	Gosong atau Pulau di dalam sungai atau perairan pedalaman;
6	Area di laut yang mengalami pendangkalan

Sumber: Petunjuk Teknis Penentuan Garis Pantai Pasang Tertinggi Indikatif (Badan Informasi Geospasial, 2021b).

2.4. Metode Validasi

Metode validasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE merupakan metode yang digunakan untuk estimasi besarnya kesalahan pengukuran yang dihasilkan pada suatu objek pada dua atau tiga sumber pengukuran yang berbeda (Wiayati, 2009). Pada pengaplikasian Metode SIG, RMSE digunakan untuk menguji tingkat kesalahan nilai koordinat referensi yang digunakan pada peta dasar dan hasil pembacaan GPS (*Global Positioning System*). Hasil pembacaan koordinat GPS dianggap sebagai nilai aktual atau nilai sebenarnya yang akan dibandingkan dengan nilai koordinat dari citra satelit (Farahdita dkk., 2021). Penggunaan RMSE untuk validasi nilai perbandingan koordinat dapat dihitung dengan persamaan 1 (Octaviana dkk., 2020).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^N [\hat{X}_i - X_i]^2 \right]} \quad (1)$$

Dimana: RMSE merupakan akar dari rata-rata kuadrat kesalahan, N adalah jumlah data, \hat{X}_i adalah data koordinat lapangan (koordinat GPS) dan X_i adalah data koordinat pada suatu objek yang didapatkan dari proses interpretasi citra satelit. Selain Metode RMSE, validasi juga dapat dilakukan dengan Metode Akurasi, yang secara teknis merupakan perbandingan data koordinat hasil model dengan data GPS (Putra dkk., 2016). Nilai akurasi yang memenuhi persyaratan adalah lebih dari 90%, dengan menerapkan persamaan komisi dan omisi yang diberikan pada persamaan 2 (Wulan dkk., 2016).

$$Akurasi = \left[1 - \left| \frac{\Delta}{Koordinat\ GPS} \right| \right] \times 100\% \quad (2)$$

Dimana, Δ = Koodinat hasil model – Koordinat GPS

2.5. Metode Prediksi Jangka Panjang

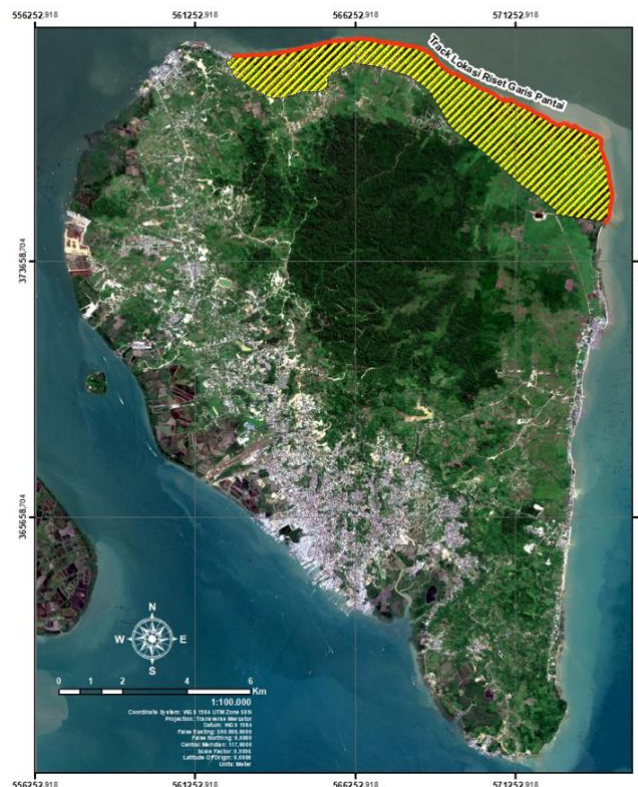
Metode prediksi perubahan garis pantai jangka panjang yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode LRR (*Linier Regression Rate*). Jika nilai koefisien korelasi (R) mendekati 1, maka dapat digunakan sebagai pertimbangan bahwa pada suatu lokasi pantai akan mengalami perubahan

(Isdianto dkk., 2020). Suatu kawasan yang mengalami Akresi di waktu yang akan datang menunjukkan bahwa pada setiap tahunnya akan mengalami kejadian Akresi. Sedangkan, apabila suatu wilayah pantai mengalami kemunduran garis pantai pada setiap tahunnya, maka fenomena Abrasi akan terjadi pada tahun-tahun berikutnya. Oleh sebab itu, dapat dinyatakan bahwa sifat perubahan setiap tahun merupakan suatu bentuk perubahan yang kontinyu (Isdianto dkk., 2020).

Namun, pada beberapa kondisi tertentu dapat juga suatu garis tinjauan perubahan pantai mengalami kondisi perubahan yang tidak kontinyu. Hal ini dapat disebabkan oleh banyak faktor yang perlu untuk dikaji dan validasi sesuai kondisi di lapangan. Oleh sebab itu diperlukan pembatasan nilai untuk menyatakan kondisi Abrasi dan Akresi. Kondisi Abrasi dapat ditentukan jika nilai LRR dan NSM adalah < 0 meter, dan kondisi Akresi ditentukan jika nilai LRR dan NSM adalah > 0 meter (Yulius dkk., 2020).

2.6. Lokasi Penelitian dan Sumber Data

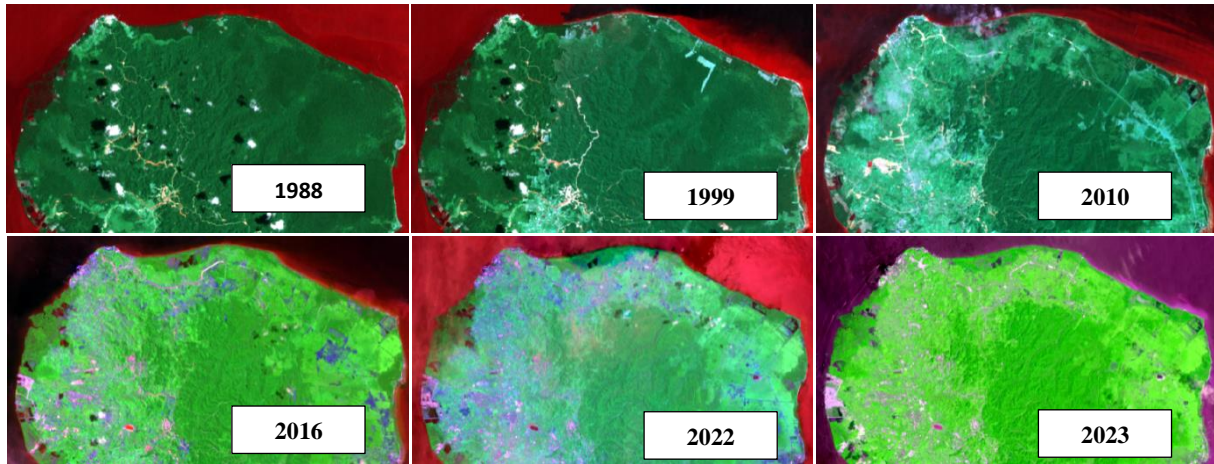
Lokasi penelitian berada di sisi Utara Pulau Tarakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Panjang jalur pantai yang menjadi fokus penelitian adalah 15,34 km, dengan titik awal berada pada koordinat E. 574006,94 dan N. 374903,70 yang terletak pada bagian wilayah perbatasan Kelurahan Pantai Amal Kecamatan Tarakan Timur, sedangkan titik akhir berada pada koordinat E. 562427,03 dan N. 380068,11 yang terletak pada bagian wilayah Kelurahan Juata Laut Kecamatan Tarakan Utara.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 sumber data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang bersumber dari pengambilan langsung di lokasi penelitian adalah nilai koordinat titik pertemuan pada garis pantai indikatif yang akan diakusisi menggunakan *Hand GPS* dan dokumentasi titik lokasi pantai. Sedangkan data sekunder merupakan citra satelit Landsat pada beberapa tahun yang diakses melalui laman <https://earthexplorer.usgs.gov/>. USGS (*United States Geological Survey*)

menampilkan banyak ragam sumber data dari beberapa satelit yang aktif dan yang tidak aktif. Beberapa tangkapan dari citra satelit akan digunakan dalam penelitian ini dengan kurun waktu yang berbeda. Pada citra tahun 1988 akan menggunakan satelit Landsat 4-5 TM C2 L2, sedangkan untuk citra satelit tahun 1999 dan 2010 menggunakan satelit Landsat 7 ETM + C2L2. Citra satelit tahun



Gambar 2. Data citra Landsat sisi utara Pulau Tarakan

2016, 2022, dan 2023 menggunakan citra satelit Landsat 8-9 OLI/TIRS C2L2. Maka dalam penelitian ini menggunakan 6 data citra Pulau Tarakan yaitu pada tahun 1988, 1999, 2010, 2016, 2022 dan 2023, dengan visualisasi seperti pada Gambar 2.

Perbedaan sumber citra satelit mengakibatkan perbedaan pada kombinasi band yang digunakan. Namun secara umum, seluruh citra Landsat menggunakan 7 kombinasi band, yang harus diatur sendiri oleh peneliti untuk mendapatkan komposisi band yang representatif untuk digunakan. Adapun komposisi band yang digunakan untuk masing-masing citra ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi band citra yang digunakan

No	Tahun Citra Landsat	Red	Green	Blue
1	1988	Band 3	Band 5	Band 7
2	1999	Band 3	Band 5	Band 7
3	2010	Band 3	Band 5	Band 7
4	2016	Band 3	Band 5	Band 7
5	2022	Band 3	Band 5	Band 6
6	2023	Band 5	Band 3	Band 4

Citra Landsat yang digunakan memiliki sistem koordinat WGS 1984, namun terdapat beberapa citra yang tidak memiliki referensi koordinat, sehingga perlu untuk diberikan referensi koordinat terlebih dahulu. Citra yang telah memiliki koordinat referensi kemudian dilakukan proyeksi koordinat pada sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mecerator*) Zona 50 N, untuk memudahkan dalam proses pengukuran transect menggunakan Metode DSAS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Validasi Titik Koordinat

Uji validasi dilakukan pada hasil pertemuan titik transect dengan delineasi garis pantai pada tahun 2023, hal ini dilakukan karena waktu penelitian dilaksanakan pada tahun 2023. Jumlah transect hasil

pemodelan dengan metode DSAS adalah 134 transect, namun karena sulitnya lokasi penelitian ditempuh, maka validasi hanya dilakukan pada 31 titik koordinat yang diambil secara acak. Adapun hasil analisis dan perbandingan koordinat ditunjukkan pada Tabel 4.





Tabel 4. Hasil analisis validasi titik koordinat


No. Transect	DSAS Koordinat		Koordinat GPS		RMSE		Akurasi (%)	
	E	N	E	N	E	N	E	N
1	573945,446	377275,430	573940	377271	0,978	0,796	100	100
2	573943,188	377415,227	573938	377418	0,932	0,498	100	100
3	573880,035	377531,594	573875	377531	0,904	0,107	100	100
5	573653,378	377646,705	573653	377644	0,068	0,486	100	100
6	573548,309	377702,920	573540	377694	1,492	1,602	100	100
7	573423,805	377718,986	573419	377714	0,863	0,896	100	100
8	573319,685	377756,632	573316	377752	0,694	0,832	100	100
9	573232,441	377810,677	573231	377806	0,259	0,840	100	100
10	573143,327	377840,752	573153	377835	1,737	1,033	100	100
12	572992,765	377894,013	572989	377894	0,676	0,002	100	100
13	572899,636	377960,108	572903	377957	0,604	0,558	100	100
16	572591,023	377932,261	572588	377938	0,543	1,031	100	100
20	572341,112	378094,586	572338	378092	0,559	0,464	100	100
25	571859,423	378358,262	571854	378364	0,974	1,031	100	100
30	571427,615	378560,400	571431	378558	0,608	0,431	100	100
35	570931,109	378728,024	570940	378724	1,597	0,723	100	100
40	570564,126	378915,927	570568	378914	0,696	0,346	100	100
45	570104,725	379164,781	570104	379161	0,130	0,679	100	100
54	569307,002	379546,574	569307	379545	0,000	0,283	100	100
60	568835,923	379841,015	568840	379838	0,732	0,542	100	100
65	568391,417	380286,634	568385	380284	0,973	0,473	100	100
70	567891,060	380400,920	567885	380407	1,088	1,092	100	100
75	567398,126	380485,660	567397	380489	0,202	0,600	100	100
80	566864,338	380570,350	566863	380574	0,240	0,656	100	100
85	566348,916	380606,834	566340	380601	1,601	1,048	100	100
100	564824,913	380313,125	564822	380310	0,523	0,561	100	100
105	564339,035	380223,427	564343	380220	0,712	0,615	100	100
120	562875,000	380076,000	562870	380070	0,898	1,078	100	100
125	562399,434	380087,367	562392	380092	1,335	0,832	100	100
130	562017,149	380204,392	562010	380211	1,284	1,187	100	100
134	561768,213	380348,184	561765	380350	0,577	0,326	100	100
	Rerata				0,790	0,698	100	100

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan untuk validasi titik koordinat yang ditunjukkan pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa nilai RMSE rerata untuk koordinat *Easting* adalah 0,790 dan untuk koordinat *Northing* adalah 0,698. Menurut beberapa peneliti nilai RMSE yang dianggap baik adalah antara 0 sampai dengan 1 (Al-Saadi, 2020; Mendoza, 2019; Mohammed, 2019). Berdasarkan hal tersebut maka hasil koordinat transect garis pantai pada tahun 2023 dalam penelitian ini dianggap valid, walaupun hanya 23,13% titik transect yang dapat divalidasi karena sulitnya lokasi penelitian untuk dicapai. Selain itu, pada validasi dengan menggunakan uji akurasi yang diberikan pada persamaan 2 dapat diketahui bahwa rerata dari 31 titik transect yang diuji menunjukkan nilai 100% akurat baik pada posisi koordinat *Easting* dan *Northing*. Hal ini memperkuat hasil uji sebelumnya yang menyatakan bahwa hasil DSAS merupakan hasil yang valid.

Selain melakukan uji validasi dan akurasi pada titik koordinat transect pada model garis pantai di tahun 2023, peneliti juga melakukan validasi pada posisi titik koordinat model garis pantai pada tahun 1988. Validasi ini dilakukan pada beberapa titik yang dianggap mewakili kondisi Abrasi dan Akresi yang diduga pernah terjadi di lokasi penelitian. Rincian hasil validasi kondisi ditunjukkan pada Tabel 5 yang berisi deskripsi kondisi titik, dokumentasi dan jenis sedimen di bawah muka air laut.

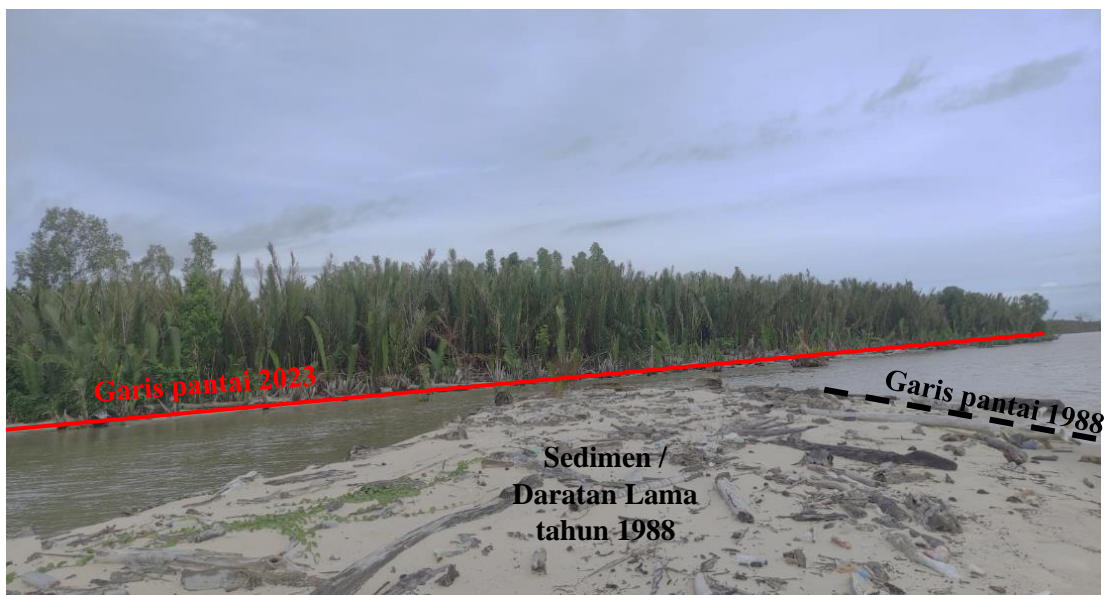
Tabel 5. Validasi kondisi garis pantai tahun 1988 saat ini

Lokasi	No Transect	Koordinat posisi	Jenis sedimen	Deskripsi kondisi	Bukti dokumentasi
1	11	573086 ; 377926	Pasir	Berada didepan garis pantai tahun 2023 (ditunjukkan pada garis panah merah), dan diduga pernah terjadi Abrasi	
2	25	571880 ; 378417	Pasir	Berada didepan garis pantai tahun 2023 (ditunjukkan pada garis panah merah), diduga pernah terjadi Abrasi	
3	80	566860 ; 380524	Lumpur	Berada dibelakang garis pantai tahun 2023 (ditunjukkan pada garis panah merah), delineasi berada didepan karena interpretasi vegetasi mangrove bukan Akresi	
4	130	561911 ; 379870	Lumpur	Berada dibelakang garis pantai tahun 2023 (ditunjukkan pada garis panah merah), delineasi berada didepan karena terdapat pemukiman terapung bukan Akresi	

5	134	561723 ; 380281	Lumpur	Berada dibelakang garis pantai tahun 2023 (ditunjukkan pada garis panah merah), sedimen yang ada merupakan sedimen dari pembukaan lahan di bagian darat.	
---	-----	--------------------	--------	--	--

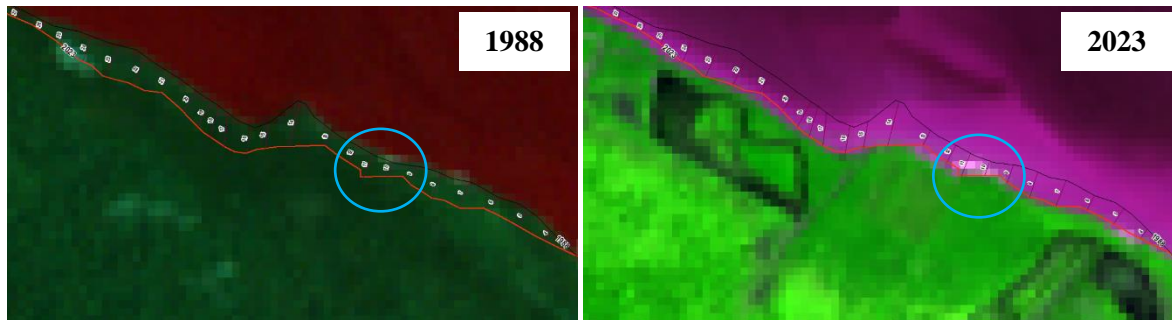
Berdasarkan peninjauan langsung yang dilakukan dapat dinyatakan bahwa pada bagian titik transect pada model garis pantai tahun 1988 yang dianggap pernah terjadi fenomena Abrasi memiliki titik yang berada jauh di depan garis pantai saat ini. Sedangkan titik transect yang berada di belakang garis pantai saat ini merupakan batas pantai yang telah diperkuat dengan struktur turap sebelum adanya perkembangan pemukiman penduduk, dan perluasan vegetasi Mangrove. Oleh sebab itu, kondisi pertambahan maju garis pantai bukanlah merupakan fenomena Akresi murni melainkan perluasan pemukiman yang berada di wilayah pesisir Juata Laut dan semakin suburnya vegetasi Mangrove di sepanjang garis pantai pelabuhan MKI. Mayoritas pada sedimen dengan jenis lumpur tidak terlihat adanya proses pengikisan garis pantai.

Fenomena Abrasi ditemukan pada bagian pantai yang memiliki sedimen berupa pasir. Pada transect 11 contohnya. Pada transect ini garis pantai pada tahun 1988 berada jauh di depan garis pantai tahun 2023, dan di antara posisi titik koordinat tersebut terdapat sedimentasi pasir yang cukup besar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kondisi Abrasi di transect 11

Kondisi pengamatan dan observasi langsung di lapangan ini dibandingkan dengan hasil interpretasi citra satelit yang digunakan pada tahun 1988 dan tahun 2023, yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk sedimentasi di transect 11 pada citra Landsat 1988 dan 2023

Posisi transect 11 pada citra Landsat tahun 1988 masih merupakan hutan vegetasi nipah dan bakau, dengan hampir seluruh garis pantai didelineasi pada batas antara laut dan vegetasi tumbuhan tersebut. Sedangkan pada citra Landsat tahun 2023 posisi transect 11 telah terbentuk sedimentasi dan seluruh garis pantai telah berpindah semakin mundur ke sisi daratan. Hal ini menunjukkan bahwa pada rentang tahun 1988 sampai dengan tahun 2023 telah terjadi fenomena perubahan garis pantai pada lokasi tersebut, yang sangat signifikan.

3.2. Hasil Analisis Perubahan Garis Pantai Setiap Tahun Data

Analisis perubahan garis pantai dihitung berdasarkan perubahan yang terjadi pada panjang transect yang tergambarkan melalui metode DSAS. Jumlah transect yang telah dimodelkan dengan metode DSAS adalah 134 transect, dengan hasil analisis perubahan garis pantai setiap rentang tahun ditunjukkan pada Tabel 6.

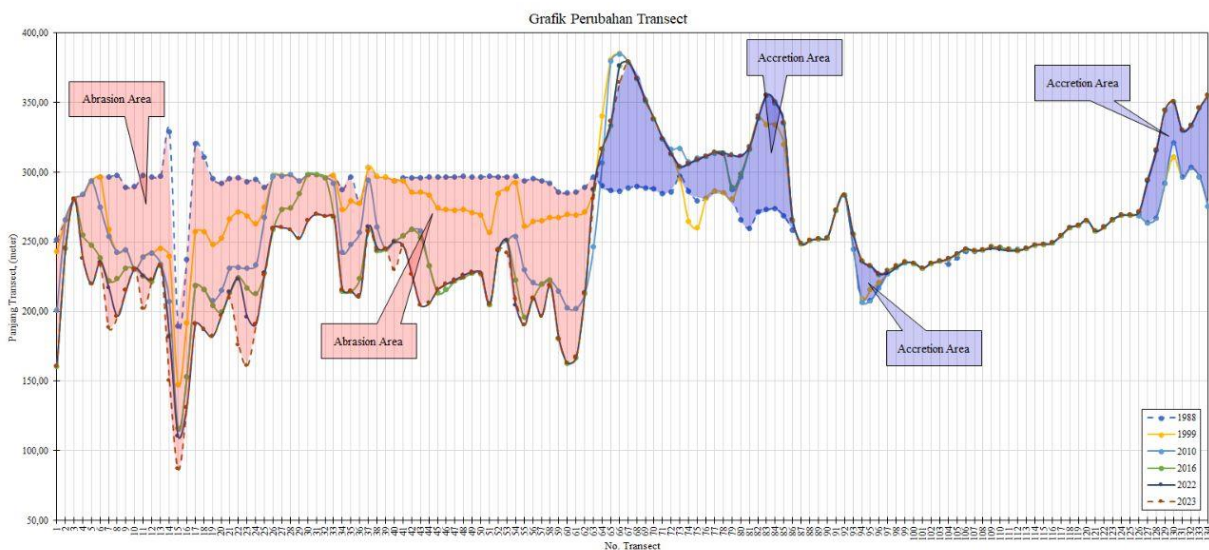
Tabel 6. Hasil analisis perubahan garis pantai pada rentang tahun data

No	Keterangan	Range of Year Data				
		1988 - 1999	1999 - 2010	2010 - 2016	2016 - 2022	2022 - 2023
1	Durasi waktu (Year)	11	11	6	6	1
2	Kodisi tetap (Transect)	61	55	41	56	78
3	Kondisi Abrasi (Transect)	49	58	60	48	33
4	Kondisi Akresi (Transect)	24	21	33	30	23
5	Persentase tetap (%)	45,52	41,04	30,60	41,79	58,21
6	Persentase Abrasi (%)	36,57	43,28	44,78	35,82	24,63
7	Persentase Akresi (%)	17,91	15,67	24,63	22,39	17,16
8	Rerata kondisi tetap (M/Tahun)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	Rerata kondisi Abrasi (M/Tahun)	-2,57	-2,88	-2,63	-2,05	-7,86
10	Rerata kondisi Akresi (M/Tahun)	3,59	1,19	2,49	0,32	0,84

Berdasarkan Tabel 6, maka dapat diketahui bahwa setiap rentang data citra satelit yang telah diolah dengan Metode DSAS menunjukkan terjadinya fenomena Abrasi dan Akresi, namun terdapat pula garis pantai yang tidak mengalami perubahan. Seperti pada rentang tahun 1988-1999, selama 11 tahun teridentifikasi 36,57% transect menunjukkan fenomena Abrasi dengan rerata pengurangan garis pantai setiap tahunnya adalah 2,57 meter/tahun yang sifatnya tidak kontinyu. Sedangkan terdapat pula 17,91% transect menunjukkan fenomena Akresi dengan penambahan garis pantai rerata adalah 3,59 meter/tahun yang sifatnya tidak kontinyu dan merupakan penambahan pemukiman penduduk serta perluasan vegetasi Mangrove.

Pada rentang tahun 1999-2010, selama 11 tahun selanjutnya pola kejadian berubah yang ditunjukkan dengan perubahan jumlah persentase kejadian Abrasi dan Akresi, dimana terjadi 43,28% transect menunjukkan terjadinya Abrasi dan 15,67% transect menunjukkan terjadinya Akresi. Pola kontinyu perubahan terjadi hingga rentang kejadian di tahun 2010-2016. Pada rentang tahun 2016-2022 persentase transect yang menunjukkan adanya Abrasi mengalami penurunan begitu juga pada rentang tahun 2022-2023. Hal ini terjadi juga pada transect yang menunjukkan adanya Akresi. Hasil pola perubahan ditunjukkan pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa di sepanjang garis pantai yang menjadi tinjauan dalam penelitian ini telah mengalami fenomena Abrasi dan Akresi. Fenomena Abrasi banyak terjadi pada transect – transect awal yaitu pada transect 1 sampai dengan 63. Sedangkan sisanya mengalami



Gambar 5. Grafik hasil perbedaan garis pantai berdasarkan panjang model transect fenomena Akresi, namun berdasarkan validasi yang dilakukan di lapangan bahwasannya penambahan garis pantai bukanlah fenomena Akresi melainkan perluasan pemukiman dan vegetasi Mangrove, oleh sebab itu hal tersebut diabaikan dalam penelitian ini. Analisa ini dituangkan berdasarkan hasil pengukuran transect garis pantai pada tahun 1988 dan garis pantai tahun 2023. Pada rentang waktu 35 tahun dari 134 transect yang dimodelkan dengan Metode DSAS terdapat 46,27% menunjukkan fenomena Abrasi, 21,64% garis pantai tidak mengalami perubahan dan 32,09% garis pantai mengalami penambahan akibat dari adanya perluasan pemukiman terapung dan semakin padatnya pertumbuhan vegetasi Mangrove.

Kemunduran garis pantai terjadi pada transect 1 sampai dengan 63, dengan nilai rerata kemunduran garis pantai mencapai -75,73 meter selama kurun waktu 35 tahun yang dihitung mulai tahun 1988 sampai dengan 2023. Berdasarkan hal tersebut maka dapat diketahui bahwa kemunduran garis pantai yang terjadi adalah -2,16 meter/tahun. Penentuan perubahan garis pantai per tahun ini diperlukan untuk mengetahui tingkat kerusakan garis pantai yang terjadi. Berdasarkan surat edaran Menteri Pekerjaan Umum No.08/SE/M/2010 tentang pemberlakuan pedoman penilaian kerusakan pantai dan prioritas penanganannya terdapat tolak ukur penilaian kerusakan pantai akibat dari perubahan garis pantai yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tolok ukur penilaian tingkat kerusakan pantai dari perubahan garis pantai

No	Tingkat kerusakan	Tolok ukur penilaian	Bobot kerusakan
1	Ringan	Garis pantai maju mundur, tetapi masih stabil dinamis	50
2	Sedang	Pantai mundur < 1 meter/tahun	100
3	Berat	Pantai mundur 1 meter/tahun sampai dengan 2 meter/tahun	150
4	Amat Berat	Pantai mundur 2 meter/tahun sampai dengan 3 meter/tahun	200
6	Amat Sangat Berat	Pantai mundur > 3 meter/tahun	250

Sumber: Pedoman penilaian kerusakan pantai dan prioritas penanganannya (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

Berdasarkan nilai perubahan garis pantai yang mengalami Abrasi yaitu pada transect 1 sampai dengan 63, dimana terjadi kemunduran garis pantai rata-rata 2,16 meter/tahun, maka masuk dalam tolok ukur ke-4 yaitu Pantai mundur 2 meter/tahun sampai dengan 3 meter/tahun. Oleh sebab itu, maka dapat dinyatakan bahwa, Abrasi yang terjadi mulai dari transect 1 sampai dengan 63 masuk dalam tingkat kerusakan Amat Berat dengan bobot kerusakan bernilai 200. Selanjutnya, untuk dapat mengetahui apakah garis pantai yang terbentang dari transect 1 sampai 63 ini memiliki prioritas untuk ditangani, maka terlebih dahulu perlu untuk diketahui nilai koefisien bobot tingkat kepentingan berdasarkan jenis pemanfaatan ruang.

Berdasarkan peta pemanfaatan ruang yang terlampir dalam dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Tarakan Tahun 2021-2041, bahwasannya lokasi yang mengalami kemunduran garis pantai tersebut merupakan Kawasan Ekosistem Mangrove, Kawasan peruntukan industri, dan Kawasan pariwisata (Pemerintah Kota Tarakan, 2021), namun hal ini belum terealisasi. Saat ini garis pantai yang mengalami Abrasi masih merupakan kawasan vegetasi tumbuhan Nipah, dan Mangrove. Berdasarkan hal tersebut maka skala kepentingan wilayah yang mengalami kemunduran garis pantai tersebut masuk dalam kondisi tidak ada kepentingan tertentu dan tidak berdampak, dengan nilai koefisien tingkat kepentingan adalah 0,50. Sehingga, dapat diketahui nilai bobot akhir yaitu 100, dimana nilai bobot ini masuk dalam rentang bobot 75 sampai dengan 150 yang masuk dalam kategori prioritas D (kurang diutamakan) untuk dilakukan penanganan maupun perlindungan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).

3.3. Hasil Analisis Prediksi Perubahan Garis Pantai Jangka Panjang

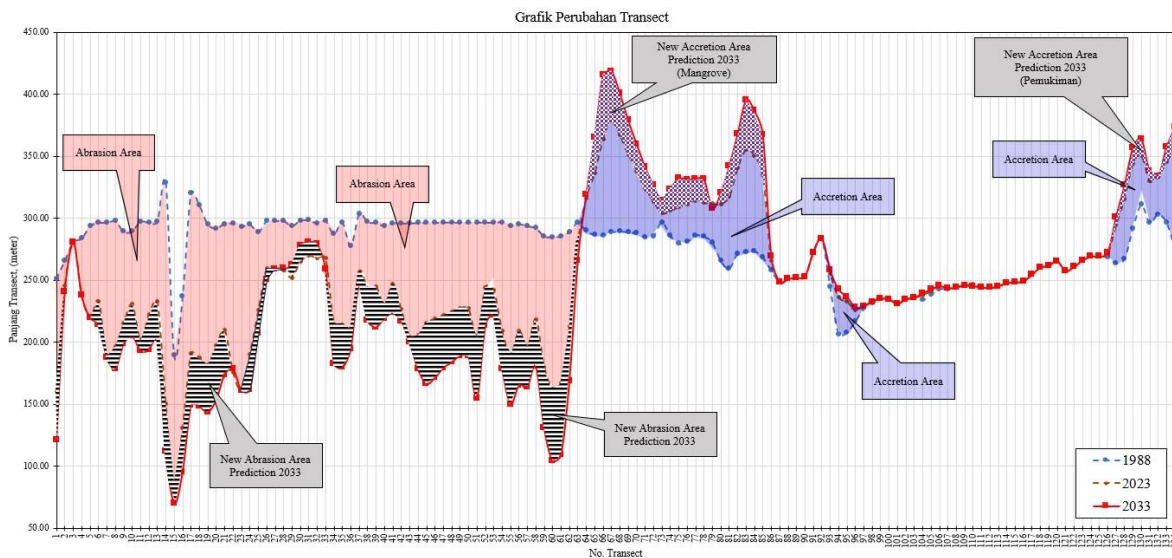
Analisis prediksi perubahan garis pantai jangka panjang merupakan peramalan kondisi perubahan garis pantai pada tahun yang akan datang. Pada penelitian ini prediksi dilakukan dengan menggunakan Metode LRR (*Linear Regression Rate*) pada kurun waktu 10 tahun yang akan datang. 134 transect yang dihasilkan dari pemodelan garis pantai dengan Metode DSAS dianalisis dengan metode LRR sehingga mendapatkan persamaan kuadrat dari hubungan setiap perubahannya. Adapun hasil persamaan kuadrat yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 8 namun tidak secara keseluruhan ditampilkan karena keterbatasan pada penulisan laporan.

Tabel 8. Hasil analisis prediksi perubahan garis pantai 10 tahun kedepan

No Transect	Persamaan LRR	RMSE	Panjang Transect (Meter) Tahun prediksi (2033)			Panjang Transect Tahun 2023	Kondisi
			Min	Median	Max		
1	$-3,2498X + 6727,90$	8,40	112,66	121,06	129,46	160,60	Abrasi
2	$-0,7017X + 1667,20$	4,79	235,85	240,64	245,44	245,30	Abrasi
3	$0,0012X + 278,45$	0,02	280,87	280,89	280,91	280,90	Abrasi
4	$-1,2889X + 2858,20$	9,02	228,85	237,87	246,88	238,09	Abrasi
....
134	$2,7203X + -5156,60$	18,58	355,19	373,77	392,35	355,49	Akresi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada hasil prediksi perubahan garis pantai di 10 tahun yang akan datang ditemukan bahwa jumlah transect yang menunjukkan kejadian Abrasi adalah sebanyak 76 transect atau 56,72% dari 134 garis transect, sedangkan transect yang menunjukkan fenomena Akresi adalah 58 transect atau 43,28% dari 134 garis transect. Visualisasi perubahan garis pantai hasil prediksi ini ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada Gambar 6 yang merupakan visualisasi hasil prediksi perubahan garis pantai untuk 10 tahun kedepan dapat diketahui bahwa diperkirakan akan terjadi penambahan pada kondisi bergesernya garis pantai ke sisi daratan atau Abrasi. Kejadian ini diperkirakan akan terjadi pada transect 1 sampai dengan 64, dimana mayoritas sedimen daerah tersebut merupakan pasir. Rerata laju kemunduran garis pantai untuk 10 tahun yang akan datang adalah 0,74 Meter/tahun. Kondisi berkurangnya garis pantai ini diperkirakan disebabkan oleh alam baik akibat Arus maupun Gelombang, namun hal ini perlu untuk dikonfirmasi pada penelitian selanjutnya. Selain kondisi alam diperkirakan pula perubahan kemunduran garis pantai pada lokasi ini juga dapat disebabkan oleh adanya aktivitas masyarakat yang melakukan penebangan vegetasi Mangrove dan Nipah. Hal ini diperkuat oleh ditemukannya sisa penebangan Mangrove dan Nipah disepanjang pantai antara posisi transect 1 dan transect 64, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Grafik hasil prediksi perubahan garis pantai untuk 10 tahun kedepan

Sedangkan untuk kondisi prediksi kejadian Akresi terbagi pada dua wilayah. Pada 43,28% kejadian Akresi yang diprediksi akan terjadi pada wilayah pertama adalah pada transect 65 sampai dengan transect 85 yang merupakan kumpulan vegetasi Mangrove dengan tanah dasar berupa lumpur. Diperkirakan pada wilayah ini akan terjadi penambahan luas vegetasi Mangrove karena tidak bersinggungan oleh kegiatan Masyarakat, dan diperkirakan laju pertumbuhan vegetasi Mangrove ke



Gambar 7. Aktivitas masyarakat melakukan penebangan vegetasi Mangrove

arah laut adalah 2,40 Meter/tahun. Sedangkan pada wilayah kedua adalah pada transect 126 sampai dengan transect 134 yang merupakan pemukiman masyarakat di daerah Juata Laut dengan tanah dasar berupa lumpur. Diperkirakan pada wilayah ini akan terjadi penambahan luas pemukiman ke arah laut namun tidak signifikan dengan laju pertumbuhan 0,19 Meter/tahun.

Pada Gambar 7 di atas menunjukkan adanya aktivitas masyarakat yang melakukan penebangan vegetasi Mangrove pada posisi pantai antara transect 1 sampai dengan transect 64. Hal ini diduga yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai menjadi berkurang, terlebih lagi jenis sedimen atau tanah permukaan merupakan pasir yang mudah tergerus oleh Arus dan Gelombang. Vegetasi Mangrove di daerah pantai akan mampu untuk mereduksi tinggi dan energi gelombang, sehingga dampak Abrasi akan dapat dikurangi (Kamil dkk., 2021).

Secara keseluruhan hasil prediksi ini dapat dijadikan acuan untuk menetapkan arah kebijakan penanganan pada kondisi perubahan garis pantai di sisi Utara Pulau Tarakan, namun hasil prediksi ini perlu untuk dilakukan validasi pada 10 tahun yang akan datang yaitu pada tahun 2033. Hal ini perlu untuk dilakukan untuk dapat mengetahui valid atau tidaknya prediksi perubahan garis pantai yang dianalisis dengan Metode LRR.

4. Kesimpulan

Berdasarkan studi yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu, telah terjadi perubahan garis pantai di sekitar pantai sisi Utara Pulau Tarakan yang diidentifikasi dengan menggunakan Metode DSAS. Laju perubahan garis pantai ke sisi daratan pada kurun waktu 32 tahun adalah 2,16 Meter/tahun dengan prediksi pada tahun 2033 laju perubahan garis pantai ke sisi daratan akan bertambah menjadi 0,74 Meter/tahun. Hal ini akan terjadi pada pantai dengan jenis sedimen pasir. Sedangkan perubahan majunya garis pantai ke arah laut akan terjadi pada daerah vegetasi Mangrove dan pemukiman Masyarakat dengan jenis sedimen lumpur dan prediksi laju perubahan 2,40 Meter/tahun untuk kawasan vegetasi Mangrove dan 0,19 Meter/tahun untuk wilayah pemukiman masyarakat.

Ucapan Terima Kasih

Atas terselesainya penelitian ini maka diucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Borneo Tarakan atas pendanaan penelitian dan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan atas dukungan yang diberikan.

Daftar Pustaka

- Al-Saadi, R. (2020). *What's the acceptable value of Root Mean Square Error (RMSE), Sum of Squares due to error (SSE) and Adjusted R-square?* <https://www.researchgate.net/post/Whats-the-acceptable-value-of-Root-Mean-Square-Error-RMSE-Sum-of-Squares-due-to-error-SSE-and-Adjusted-R-square/5fe40fb5502a5927c97f8283/citation/download>
- Badan Informasi Geospasial. (2021a). *Peraturan Badan Informasi Geospasial nomor 18 tahun 2021 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial.*
- Badan Informasi Geospasial. (2021b). *Petunjuk Teknis Penentuan Garis Pantai Pasang Tertinggi Indikatif.* Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkungan Pantai.
- Badarusman, B., Soraya Batubara, U. F., & Nasution, S. (2018). Analisis Terminal Peti Kemas dan Kapal serta Arus Peti Kemas Pelabuhan Tarakan. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik (JMBTL)*, 5(1), 51–60.
- Bakri, M. D., Mansur, A. Z., & Bunga, S. (2020). Analisis Kinerja Bongkar Muat di Pelabuhan Tengkyu II Tarakan. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 204–215.

- Bakri, M. D., Utomo, E., & Nawir, D. (2023). Linear Regression Analysis on predicting the level of damage and changes in Amal Baru Beach Tarakan City Indonesia. *SINERGI*, 27(1), 133. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2023.1.015>
- BPS Kota Tarakan. (2022a). *Kecamatan Tarakan Timur Dalam Angka* (Vol. 1).
- BPS Kota Tarakan. (2022b). *Kota Tarakan Dalam Angka 2022* (Vol. 1).
- Cham, D. D., Son, N. T., Minh, N. Q., Thanh, N. T., & Dung, T. T. (2020). An analysis of shoreline changes using combined multitemporal remote sensing and digital evaluation model. *Civil Engineering Journal*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091448>
- Farahdita, W. L., Soenardjo, N., & Suryono, C. A. (2021). Teknologi Drone untuk Estimasi Stok Karbon di Area Mangrove Pulau Kemujan, Karimunjawa. *Journal of Marine Research*, 10(2), 281–290. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.30466>
- Hardianto, A., Dewi, P. U., Feriansyah, T., Sari, N. F. S., & Rifiana, N. S. (2021). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 dan 2019 (Area Studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 2(1), 8–15. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.38>
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2021). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide Open-File Report 2021-1091*.
- Isdianto, A., Asyari, I. M., Haykal, M. F., Adibah, F., Irsyad, M. J., & Supriyadi. (2020). Analysis of shoreline change in supporting coastal ecosystem resilience. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 168–181.
- Istiqomah, F., Sasmito, B., & Amarrohman, F. J. (2016). Pemantauan perubahan garis pantai menggunakan aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) studi kasus: Pesisir Kabupaten Demak. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 78–89. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/10559>
- Kahtijah, S., Utomo, E., & Hermansyah, M. (2022). Kajian Karakteristik Gelombang Pecah di Pantai Amal Baru Kota Tarakan. *Civil Engineering Scientific Journal*, 1(1), 75–85.
- Kamil, E. A., Takaijudin, H., & Hashim, A. M. (2021). Mangroves as coastal bio-shield: A review of mangroves performance in wave attenuation. *Civil Engineering Journal*, 7(11), 1964–1981. <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091772>
- Kasim, J. S. (2003). *Implementasi Otonomi Daerah di Kota Tarakan (Sebuah Gagasan, Wawasan, Terapan dan Renungan)* (Vol. 1). PT. Media Otda.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). *Pedoman Penilaian Kerusakan Pantai dan Prioritas Penanganannya*.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KM 222 Tahun 2021 Tentang Rencana Induk Pelabuhan Tarakan/Malundung Provinsi Kalimantan Utara*.
- Mendoza, R. (2019). *What's the acceptable value of Root Mean Square Error (RMSE), Sum of Squares due to error (SSE) and Adjusted R-square?* <https://www.researchgate.net/post/Whats-the-acceptable-value-of-Root-Mean-Square-Error-RMSE-Sum-of-Squares-due-to-error-SSE-and-Adjusted-R-square/5d4446124921ee88ca506d54/citation/download>
- Mohammed, O. (2019). *What's the acceptable value of Root Mean Square Error (RMSE), Sum of Squares due to error (SSE) and Adjusted R-square?* <https://www.researchgate.net/post/Whats-the-acceptable-value-of-Root-Mean-Square-Error-RMSE-Sum-of-Squares-due-to-error-SSE-and-Adjusted-R-square/5df8c3f4aa1f09a89108d9ee/citation/download>
- Muliati, Y. (2020). *Rekayasa Pantai* (1 ed.). Itenas.
- Mulyadi, A., Hamidy, R., Musrifin, M., Efriyeldi, E., & Jhonnerie, R. (2022). Tiga dekade laju perubahan garis pantai di Kota Dumai. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 9(1), 25. <https://doi.org/10.31258/dli.9.1.p.25-31>
- Octaviana, D. A., Rochaddi, B., Atmodjo, W., Subardjo, P., Zainuri, M., Yusuf, M., & Rifai, A. (2020). Analisis Abrasi dan Akresi di muara sungai Kali Bodri, Kabupaten Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2).
- Pemerintah Kota Tarakan. (2021). *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Tarakan Tahun 2021-2041* (3). Peraturan Daerah.

- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 45 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Informasi Geospasial*.
- Putra, A. S., Maulana, E., Rahmadana, A. D. W., Wulan, T. R., Mahendra, I. W. W. Y., & Putra, M. D. (2016). Uji akurasi foto udara dengan menggunakan data UAV pada kawasan padat pemukiman penduduk (Studi kasus: Kawasan Padat Sayidan, Daerah Istimewa Yogyakarta). *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 278–286. <http://sinasinderaja.lapan.go.id>
- Rahma, I. Y., Amalia, A. R., Maulana, I. S., Hilal, M. S., Aulya, Z. S., Nandi, & Ridwana, R. (2020). Analisis komparasi metode pemetaan ekosistem mangrove menggunakan penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geografi : Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 17(2), 49–55. <https://doi.org/10.15294/jg.v17i2.24417>
- Suharyo, O. S., & Hidayah, Z. (2019). Utilization of high resolution satellite images for identification of characteristics of northern Surabaya coast. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 12(1), 89–96. <https://doi.org/10.21107/jk.v12i1.5084>
- Triatmodjo, B. (2014). *Perencanaan Bangunan Pantai* (3 ed.). Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2016). *Teknik Pantai* (8 ed.). Beta Offset.
- Utomo, E., Ahmad Syarif, I., Henny Barocah, A., Reni, & Saipul Sadam, M. (2023). Studi daerah rawan longsor pada kawasan pemukiman kampung bugis Kota Tarakan dengan penerapan metode fotogrametri. *Civil Engineering Scientific Journal*.
- Utomo, E., & Andari, N. M. T. (2022). Penyusunan peta wilayah Desa Apung Kabupaten Bulungan dengan memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 dan pengukuran koordinat berbasis aplikasi Android. *ICOMES: Indonesian Journal of Community Empowerment and Service*, 2(2), 107–114. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/icomес/index>
- Utomo, E., Bakri, M. D., & Widiyanti, A. F. (2022). Penyusunan peta wilayah berdasarkan citra Sentinel-2B dan Pemodelan luas DAS pada jaringan sungai Desa Antutan Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara. *ICOMES: Indonesian Journal of Community Empowerment and Service*, 2(2), 63–69. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/icomес/index>
- Utomo, E., Fadila, A. N., & Pratama, M. (2022). Penggambaran Peta wilayah Desa Periuk Kabupaten Tana Tidung dengan Analisis Luas Bangunan Penduduk berdasarkan Teknik Digitasi On-Screen. *Indonesian Journal of Community Empowerment and Service*, 2(2), 83–88. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/icomес/index>
- Utomo, E., Syarif, I. A., & Maharani, A. I. (2022). Pemanfaatan citra Google Earth untuk pembuatan peta wilayah Desa Sempayang dan Analisis perbandingan hasil luas penggunaan lahan pemukiman berdasarkan Metode Supervised dan Unsupervised Classification. *ICOMES: Indonesian Journal of Community Empowerment and Service*, 2(2), 70–77. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/icomес/index>
- Wiayati, C. S. W. (2009). Comparison of several methods of the measurement error estimation. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 1(3), 182–197.
- Wulan, T. R., Ambarwulan, W., Putra, A. S., Maulana, E., Maulia, N., Putra, M. D., Wahyuningsih, D. S., Ibrahim, F., & Raharjo, T. (2016). Uji akurasi data UAV (Unmanned Aerial Vehicle) di kawasan Pantai Pelangi, Parangtritis, Kretek, Kabupaten Bantul. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan*, 27, 232–240. <http://www.dji.com/product/phantom-3-pro/info>
- Yanti, N. R., Rusnam, & Ekaputra, E. G. (2017). Analisis debit pada DAS air dingin menggunakan model swat. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 21(2), 127–137.
- Yulius, Putra, N. K. K., Rochaddi, B., & Ramdhan, M. (2020). Abrasion and Accretion based on longshore sediment transport and shoreline change calculations: a case study in Cemara Besar Island, Karimunjawa. *Jurnal Segara*, 16(3), 197–208. <https://doi.org/10.15578/segara.v16i3.9309>