

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN METODE NET SHORELINE MOVEMENT (NSM) DI TELUK MANADO SULAWESI UTARA

Deborah Makasahe¹, Victor Lempoy², Eunike Manalip³, Tiny Mananoma⁴

^{1,2,3,4} Program Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi

e-mail: ¹dmakasaehe@gmail.com, ²itoymichael58@gmail.com,

³eunikemanalip2002@gmail.com, ⁴tmananoma@yahoo.com

ABSTRAK

Perubahan garis pantai merupakan fenomena dinamis yang dipengaruhi oleh faktor alami maupun aktivitas manusia dan dapat berdampak terhadap kondisi lingkungan serta pemanfaatan wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai di Teluk Manado, Sulawesi Utara, selama periode 2015–2025 menggunakan metode Net Shoreline Movement (NSM) yang diintegrasikan dengan Digital Shoreline Analysis System (DSAS). Data yang digunakan berupa citra satelit Landsat 8 dan Landsat 9 tahun 2015, 2020, dan 2025 yang diperoleh dari United States Geological Survey (USGS). Tahapan penelitian meliputi pengolahan citra satelit, digitasi garis pantai, pembuatan baseline dan transek, serta analisis perubahan garis pantai menggunakan metode NSM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Teluk Manado mengalami perubahan garis pantai yang cukup signifikan dengan pola abrasi dan akresi yang bervariasi pada setiap segmen pantai. Nilai abrasi maksimum yang diperoleh mencapai -143,56 meter, sedangkan nilai akresi maksimum mencapai 95,05 meter. Sebaran abrasi lebih dominan dibandingkan akresi dan umumnya ditemukan pada kawasan pantai yang langsung berhadapan dengan Laut Sulawesi, sementara akresi banyak terjadi pada kawasan yang dipengaruhi oleh proses sedimentasi dan aktivitas reklamasi pantai. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode NSM mampu mengidentifikasi perubahan garis pantai secara efektif dan memberikan informasi spasial mengenai pola abrasi dan akresi di Teluk Manado. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam pengelolaan wilayah pesisir, mitigasi abrasi, serta perencanaan pembangunan kawasan pantai yang berkelanjutan.

Kata Kunci: DSAS, NSM, Perubahan Garis Pantai, Teluk Manado.

ABSTRACT

Changes in the coastline are a dynamic phenomenon influenced by natural factors as well as human activities and can impact the environmental conditions and use of coastal areas. This study aims to analyze changes in the coastline in Manado Bay, North Sulawesi, over the period 2015–2025 using the Net Shoreline Movement (NSM) method integrated with the Digital Shoreline Analysis System (DSAS). The data used consists of Landsat 8 and Landsat 9 satellite images from 2015, 2020, and 2025 obtained from the United States Geological Survey (USGS). The research stages include processing satellite images, digitizing the coastline, creating baselines and transects, and analyzing

coastline changes using the NSM method. The results show that Manado Bay experienced quite significant changes in the coastline with patterns of erosion and accretion varying in each coastal segment. The maximum erosion value obtained reached -143.56 meters, while the maximum accretion value reaches 95.05 meters. Abrasion is more widespread than accretion and is generally found on coastal areas directly facing the Sulawesi Sea, while accretion mostly occurs in areas influenced by sedimentation processes and coastal reclamation activities. The analysis results show that the NSM method can effectively identify coastline changes and provide spatial information about abrasion and accretion patterns in Manado Bay. This information can be used as a basis for coastal area management, abrasion mitigation, and planning for sustainable coastal development.

Keywords: *Coastline Changes, NSM, DSAS, Manado Bay.*

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan kawasan yang memiliki dinamika tinggi akibat interaksi antara proses oseanografi, geomorfologi, dan aktivitas manusia. Interaksi tersebut menyebabkan perubahan garis pantai yang berlangsung secara terus-menerus dalam bentuk abrasi maupun sedimentasi. Perubahan garis pantai menjadi salah satu indikator penting dalam menilai kondisi morfologi pesisir karena dapat menggambarkan tingkat kestabilan wilayah pantai serta dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan dan aktivitas masyarakat. Faktor-faktor alami seperti gelombang, arus, pasang surut, dan angin berperan dalam membentuk karakteristik garis pantai, sedangkan aktivitas manusia seperti reklamasi, pembangunan infrastruktur pesisir, dan pengembangan kawasan perkotaan dapat mempercepat terjadinya perubahan tersebut.

Teluk Manado merupakan salah satu kawasan pesisir strategis di Provinsi Sulawesi Utara yang memiliki fungsi penting sebagai pusat kegiatan ekonomi, pariwisata, transportasi, dan permukiman. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan wilayah pesisir di Teluk Manado menunjukkan peningkatan yang cukup pesat, ditandai dengan pembangunan kawasan reklamasi, infrastruktur pantai, serta meningkatnya aktivitas perkotaan di sepanjang pesisir. Kondisi tersebut berpotensi memengaruhi keseimbangan proses alami pantai dan menyebabkan perubahan garis pantai yang berbeda pada setiap lokasi. Perubahan yang terjadi secara berkelanjutan dapat menimbulkan berbagai dampak, seperti berkurangnya luas lahan pesisir, kerusakan ekosistem pantai, terganggunya aktivitas masyarakat pesisir, serta meningkatnya risiko abrasi.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan analisis perubahan garis pantai dilakukan secara lebih efektif dan efisien. Data citra satelit multi-temporal dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi perubahan posisi garis pantai dalam rentang waktu tertentu. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam analisis perubahan garis pantai adalah *Net Shoreline Movement* (NSM), yaitu metode yang menghitung jarak perpindahan garis pantai antara dua periode pengamatan. Metode ini diimplementasikan melalui perangkat lunak *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) yang mampu memberikan informasi spasial mengenai besarnya

perubahan garis pantai serta mengidentifikasi wilayah yang mengalami abrasi maupun sedimentasi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan metode NSM dan DSAS untuk menganalisis perubahan garis pantai di berbagai wilayah pesisir Indonesia maupun dunia. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi data citra satelit multi-temporal dan analisis DSAS mampu memberikan informasi yang akurat mengenai pola perubahan garis pantai serta tingkat abrasi dan sedimentasi yang terjadi. Namun, kajian mengenai perubahan garis pantai di kawasan Teluk Manado, khususnya pada wilayah pesisir yang membentang dari Pantai NDC Resort hingga Malalayang Beach Walk, masih relatif terbatas. Padahal kawasan ini merupakan wilayah yang mengalami perkembangan pesisir cukup intensif dan memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas ekonomi dan pariwisata Kota Manado.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan garis pantai di Teluk Manado menggunakan metode *Net Shoreline Movement* (NSM) berbasis data citra satelit Landsat multi-temporal yang diolah dengan perangkat lunak GIS dan DSAS. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis perubahan garis pantai pada segmen pesisir Teluk Manado dari Pantai NDC Resort hingga Malalayang Beach Walk dengan memanfaatkan data multi-temporal untuk mengidentifikasi pola abrasi dan sedimentasi yang terjadi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai dinamika garis pantai di Teluk Manado serta menjadi dasar pertimbangan dalam pengelolaan wilayah pesisir dan perencanaan pembangunan pantai yang berkelanjutan.

KAJIAN TEORI

Wilayah Pesisir dan Garis Pantai

Wilayah pesisir merupakan daerah transisi antara daratan dan lautan yang memiliki karakteristik dinamis akibat interaksi berbagai proses fisik, biologis, dan antropogenik. Menurut Bird (2008), wilayah pesisir merupakan zona yang selalu mengalami perubahan morfologi akibat pengaruh gelombang, arus, pasang surut, dan transport sedimen. Garis pantai didefinisikan sebagai batas pertemuan antara daratan dan lautan yang posisinya dapat berubah dari waktu ke waktu akibat proses abrasi maupun akresi (Boak & Turner, 2005).

Perubahan garis pantai menjadi salah satu indikator penting dalam pengelolaan wilayah pesisir karena dapat menunjukkan kondisi kestabilan pantai dan tingkat kerentanan terhadap erosi maupun sedimentasi. Menurut Komar (1998), perubahan garis pantai dipengaruhi oleh dinamika oseanografi seperti gelombang, arus laut, pasang surut, serta aktivitas manusia yang mengubah keseimbangan sedimen di wilayah pantai.

Abrasi Pantai

Abrasi merupakan proses pengikisan daratan pantai akibat energi gelombang, arus laut, dan pasang surut yang menyebabkan garis pantai bergerak ke arah daratan (Triatmodjo, 2006). Abrasi dapat mengakibatkan berkurangnya luas lahan pantai, kerusakan infrastruktur pesisir, serta terganggunya ekosistem pantai.

Sebaliknya, akresi merupakan proses bertambahnya daratan akibat pengendapan sedimen yang menyebabkan garis pantai bergerak ke arah laut (Dolan dkk, 1991). Akresi dapat terjadi akibat suplai sedimen dari sungai, transport sedimen sepanjang pantai (longshore sediment transport), maupun aktivitas reklamasi yang dilakukan manusia. Menurut Marfai (2011), abrasi dan akresi merupakan proses alami yang berlangsung secara terus-menerus pada kawasan pesisir, namun intensitasnya dapat meningkat akibat tekanan pembangunan dan perubahan penggunaan lahan di wilayah pantai.

Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Analisis Garis Pantai

Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan analisis perubahan garis pantai dilakukan secara lebih cepat dan efisien. Citra satelit multi-temporal dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan posisi garis pantai dalam rentang waktu tertentu (Lillesand dkk, 2015). Pemanfaatan citra Landsat dalam analisis perubahan garis pantai telah banyak digunakan karena memiliki cakupan wilayah yang luas, data historis yang panjang, serta dapat diakses secara gratis melalui USGS. Menurut Sihombing dkk (2017), kombinasi citra Landsat dan SIG mampu memberikan informasi spasial yang baik dalam pemantauan perubahan garis pantai.

Digital Shoreline Analysis System (DSAS).

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) merupakan ekstensi ArcGIS yang dikembangkan oleh United States Geological Survey (USGS) untuk menghitung perubahan garis pantai secara otomatis berdasarkan data garis pantai multi-temporal (Thieler dkk, 2003). Versi terbaru DSAS mampu menghasilkan berbagai parameter perubahan garis pantai seperti:

- Net Shoreline Movement (NSM)
- End Point Rate (EPR)
- Linear Regression Rate (LRR)
- Shoreline Change Envelope (SCE)

Menurut Himmelstoss dkk (2018), DSAS bekerja dengan membentuk *baseline* dan *transek* yang digunakan sebagai acuan pengukuran perubahan garis pantai pada setiap periode pengamatan. Keunggulan DSAS adalah mampu mengotomatisasi proses perhitungan sehingga lebih cepat dan konsisten dibandingkan metode manual.

Metode Net Shoreline Movement (NSM)

Net Shoreline Movement (NSM) merupakan salah satu metode analisis perubahan garis pantai yang menghitung jarak perpindahan garis pantai antara periode awal dan periode akhir pengamatan (Himmelstoss dkk, 2018). Metode NSM banyak digunakan karena sederhana dan efektif dalam mengidentifikasi besarnya perubahan garis pantai antar dua periode pengamatan (Sasmito dkk, 2021).

Kerangka Acuan

Kerangka pemikiran penelitian ini dimulai dari adanya perubahan garis pantai di Teluk Manado akibat faktor alami dan aktivitas manusia. Untuk mengetahui perubahan

tersebut digunakan data citra satelit Landsat multi-temporal yang diolah menggunakan SIG dan DSAS. Tahapan penelitian meliputi:

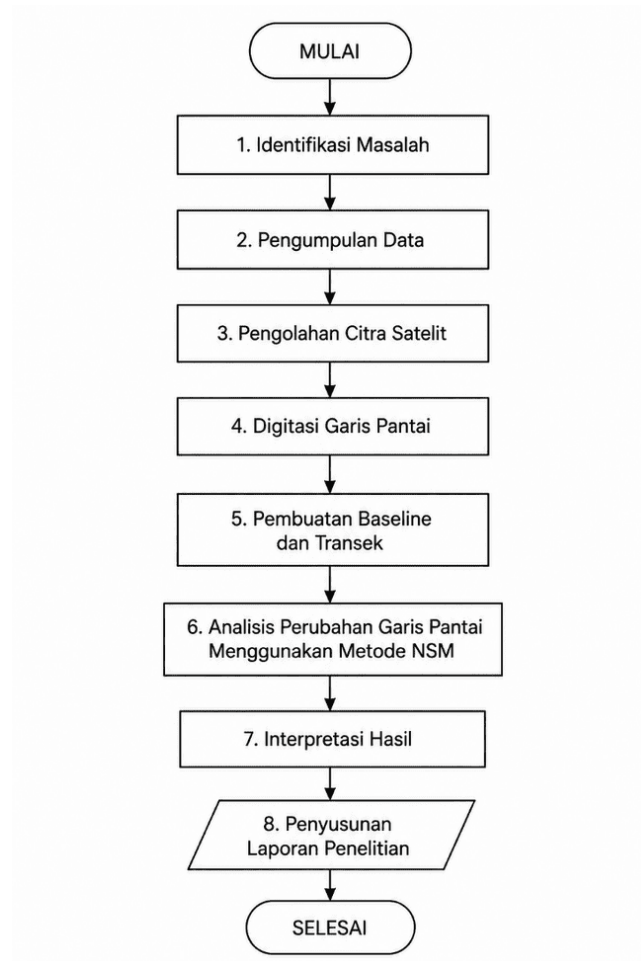
1. Pengumpulan data citra satelit
2. Digitasi garis pantai
3. Pembuatan baseline dan transek
4. Analisis perubahan garis pantai menggunakan metode NSM
5. Identifikasi abrasi dan sedimentasi

Hasil analisis diharapkan dapat memberikan informasi mengenai dinamika garis pantai di Teluk Manado sebagai dasar pengelolaan wilayah pesisir.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif berbasis analisis spasial dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) untuk menganalisis perubahan garis pantai di Teluk Manado. Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang meliputi pengumpulan data, pengolahan citra satelit, analisis perubahan garis pantai, dan penyusunan laporan penelitian. Data yang digunakan terdiri atas data primer berupa hasil digitasi garis pantai dari citra satelit

Landsat multi-temporal serta data sekunder berupa peta administrasi wilayah, literatur ilmiah, jurnal penelitian, dan data pendukung kondisi pesisir. Data citra Landsat diperoleh dari United States Geological Survey (USGS), sedangkan data pendukung lainnya berasal dari instansi pemerintah terkait dan berbagai sumber literatur ilmiah. Tahap pengolahan data diawali dengan pemilihan citra berdasarkan kualitas visual dan tingkat tutupan awan yang rendah, kemudian dilakukan koreksi geometrik, pemotongan area penelitian (cropping), interpretasi visual, dan digitasi garis pantai untuk memperoleh batas daratan dan perairan pada setiap tahun pengamatan. Selanjutnya dilakukan pembuatan baseline yang sejajar dengan garis pantai dan transek yang tegak lurus terhadap garis pantai sebagai acuan pengukuran perubahan garis pantai. Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan metode Net Shoreline Movement (NSM) pada DSAS dengan membandingkan posisi garis pantai terlama dan terbaru pada setiap transek. Nilai NSM dihitung menggunakan persamaan $NSM = Sbaru - Slama$, di mana Sbaru merupakan posisi garis pantai terbaru dan Slama merupakan posisi garis pantai terlama. Nilai NSM positif menunjukkan terjadinya sedimentasi atau akresi, sedangkan nilai negatif menunjukkan terjadinya abrasi. Hasil analisis kemudian digunakan untuk mengidentifikasi besarnya perubahan garis pantai serta sebaran wilayah yang mengalami abrasi dan sedimentasi di kawasan Teluk Manado. Bagan Alir Penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari beberapa langkah berikut:

a. Pengumpulan Data

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan:

- Citra Landsat multi-temporal
- Peta administrasi wilayah
- Literatur pendukung penelitian

Citra satelit dipilih berdasarkan kualitas citra yang baik dan minim tutupan awan.

b. Pengolahan Citra Satelit

Tahapan pengolahan citra meliputi:

1. Koreksi geometrik
2. Pemotongan area penelitian (*cropping*)
3. Interpretasi visual garis pantai
4. Digitasi garis pantai

Digitasi dilakukan untuk memperoleh batas antara daratan dan lautan pada masing-masing tahun pengamatan.

c. Pembuatan Baseline dan Transek

Setelah digitasi garis pantai selesai, dilakukan pembuatan:

- Baseline
- Transek

Baseline dibuat sejajar dengan garis pantai sebagai acuan pengukuran perubahan garis pantai. Transek dibuat tegak lurus terhadap garis pantai dengan jarak tertentu.

d. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode NSM

Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan metode *Net Shoreline Movement* (NSM) pada DSAS.

Konsep perhitungan NSM dapat dilihat pada persamaan 1.

$$NSM = S_{baru} - S_{lama} \quad (1)$$

Keterangan:

- NSM = nilai perubahan garis pantai
- S_{baru} = posisi garis pantai terbaru
- S_{lama} = posisi garis pantai terlama

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) dengan membandingkan garis pantai multi-temporal, menghitung perubahan garis pantai menggunakan metode Net Shoreline Movement (NSM), serta mengidentifikasi wilayah yang mengalami abrasi dan sedimentasi. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk peta, grafik, tabel, dan deskripsi untuk menggambarkan dinamika perubahan garis pantai di Teluk Manado. Output penelitian meliputi peta perubahan garis pantai, nilai perubahan berdasarkan metode NSM, identifikasi wilayah abrasi dan sedimentasi, serta informasi dinamika pesisir yang diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengelolaan wilayah pesisir dan upaya mitigasi abrasi di Teluk Manado.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Koordinat umum Teluk Manado berada sekitar:

- 1°28'–1°31' LU
- 124°47'–124°50' BT



Gambar 1. Teluk Manado

Secara geografis, Teluk Manado membentang di wilayah pesisir:

- Kecamatan Wenang,
- Sario,
- Malalayang,
- Tuminting,
- hingga sebagian kawasan Bunaken.

Hasil Pengolahan Citra Satelit

Penelitian ini menggunakan citra satelit Landsat multi-temporal untuk menganalisis perubahan garis pantai di Teluk Manado. Data citra diperoleh dari *United States Geological Survey*. Landsat yang digunakan 8/9.

Tabel 1. Fungsi Citra

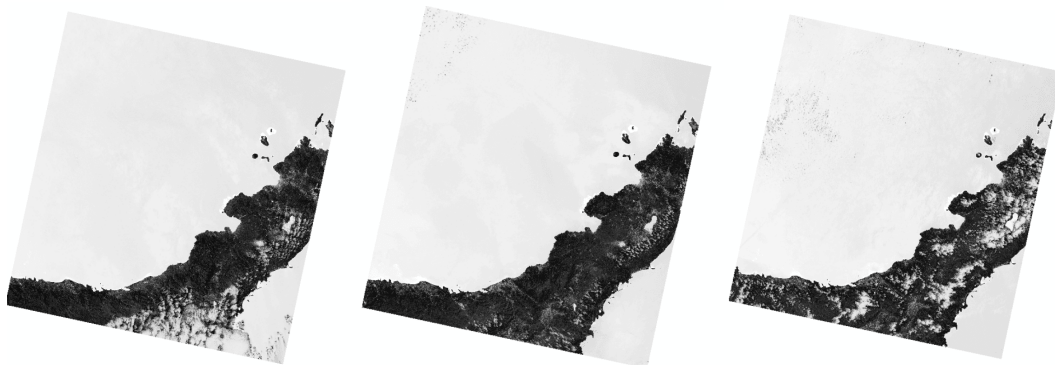
Band	Nama	Fungsi
B3	Green	Deteksi air
B5	NIR	Memisahkan darat dan laut

Resolusi spasial citra Landsat yang digunakan yaitu 30 meter sehingga cukup baik untuk analisis perubahan garis pantai skala regional. Tabel data citra yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahun Citra

No	Tahun Citra	Jenis Landsat	Resolusi	Kondisi Citra
1	2015	Landsat 8	30 m	Baik
2	2020	Landsat 8	30 m	Baik
3	2025	Landsat 9	30 m	Baik

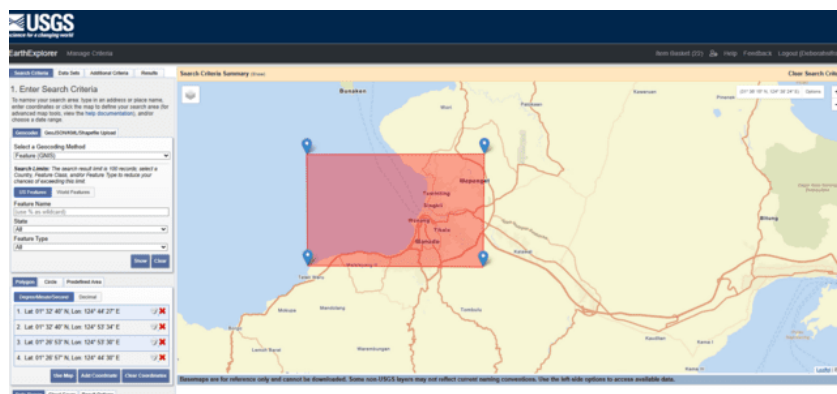
Citra dipilih berdasarkan tingkat tutupan awan 0 sampai 10% sehingga memudahkan proses interpretasi garis Pantai.



Gambar 2. Tahun citra 2015, 2020, dan 2025

Tabel 3. Tabel mendata

No	Tahun	Satelit	Path/Row	Tanggal Akuisisi	Tutupan Awan
1	2015	Landsat 8	112/059	09 Agustus 2015	3.17%
2	2020	Landsat 8	112/059	10 November 2020	3.33%
2	2025	Landsat 9	112/059	15 Oktober 2025	10%



Gambar 3. Screenshot USGS Earth Explorer

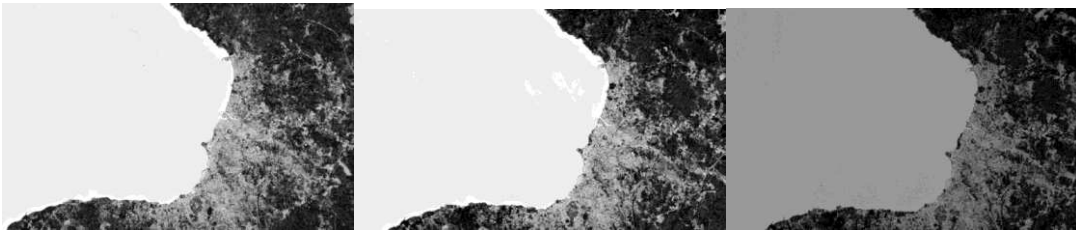
Hasil Pengolahan Citra

Pengolahan citra dilakukan menggunakan perangkat lunak SIG dengan beberapa tahapan yaitu:

1. Koreksi geometrik

2. Cropping area penelitian
3. Komposit band
4. Interpretasi visual
5. Digitasi garis pantai

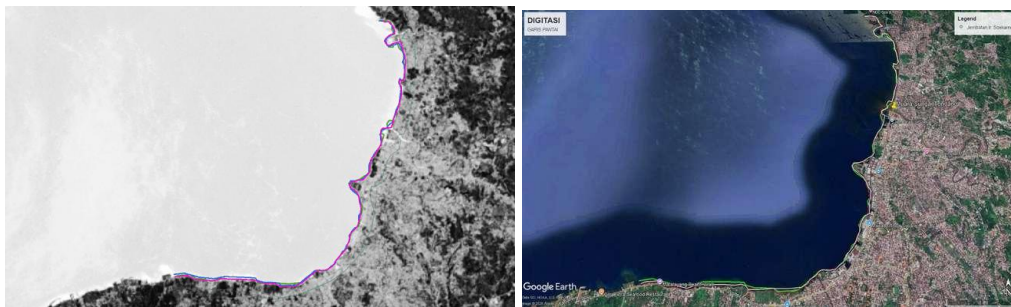
Digitasi garis pantai dilakukan pada masing-masing citra tahun pengamatan. Proses digitasi dilakukan dengan mengidentifikasi batas antara daratan dan lautan pada citra satelit (dapat dilihat pada gambar 4).



Gambar 4. Hasil cropping citra tahun 2015, 2020 dan 2025

Hasil Digitasi Garis Pantai

Digitasi garis pantai tahun 2015 dilakukan dengan mengidentifikasi batas daratan dan lautan pada citra Landsat 8. Garis pantai hasil digitasi menunjukkan kondisi awal wilayah pesisir sebelum terjadi perkembangan pesisir yang lebih intensif. (garis berwarna hijau). Hasil digitasi tahun 2020 (garis warna merah) menunjukkan adanya beberapa perubahan posisi garis pantai dibandingkan tahun 2015. Pada beberapa lokasi terlihat adanya penambahan daratan akibat reklamasi dan sedimentasi. Digitasi garis pantai tahun 2025 (garis warna kuning) menunjukkan perubahan garis pantai yang lebih jelas terutama pada kawasan pesisir perkotaan dan reklamasi.



Gambar 5. Overlay shoreline dan google earth shoreline 2015–2020–2025

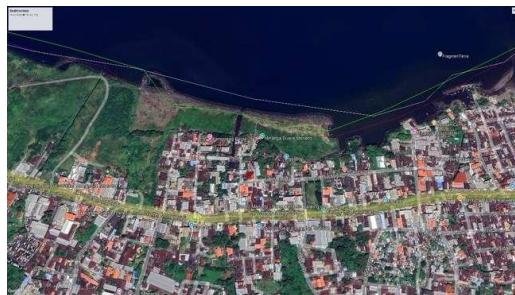
Hasil digitasi menunjukkan bahwa terjadi perubahan posisi garis pantai pada beberapa lokasi di Teluk Manado. Perubahan tersebut berupa:

- Mundurnya garis pantai akibat abrasi
- Majunya garis pantai akibat sedimentasi dan reklamasi

Secara visual, perubahan paling signifikan terlihat pada kawasan pesisir yang mengalami aktivitas pembangunan dan reklamasi.



Gambar 6. Area abrasi Kecamatan Tuminting



Gambar 7. Area Sedimentasi Pantai Minanga Kecamatan Malalayang

Pembuatan Baseline dan Transek

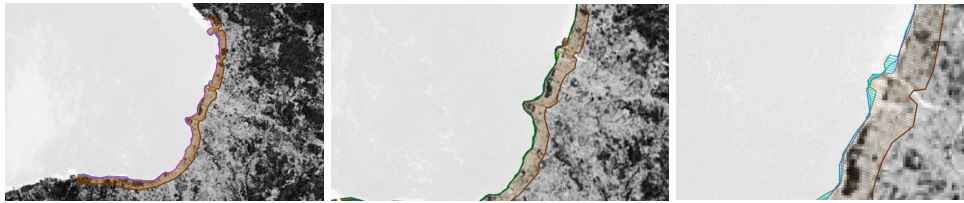
Baseline dibuat sejajar dengan garis pantai sebagai garis acuan dalam perhitungan perubahan garis pantai menggunakan Digital Shoreline Analysis System. Pembuatan baseline dilakukan dengan mempertimbangkan bentuk garis pantai agar seluruh transek dapat memotong shoreline secara optimal.



Gambar 8. Layer Baseline

Transek dibuat tegak lurus terhadap garis pantai untuk mengukur perubahan garis pantai pada setiap segmen. Parameter transek:

- Jarak transek: 50 meter
- Panjang transek: 20000 meter
- Arah transek: tegak lurus Pantai



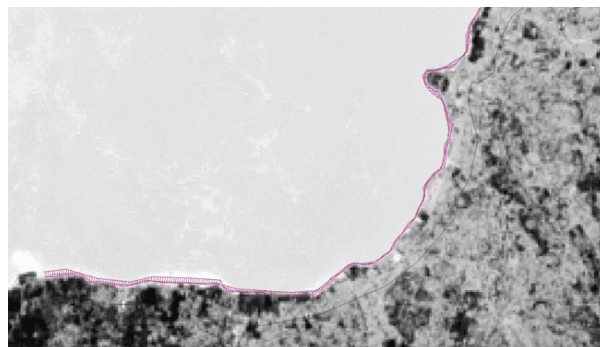
Gambar 9. Peta Transek, Detail 1, dan Detail 2

Hasil Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode NSM

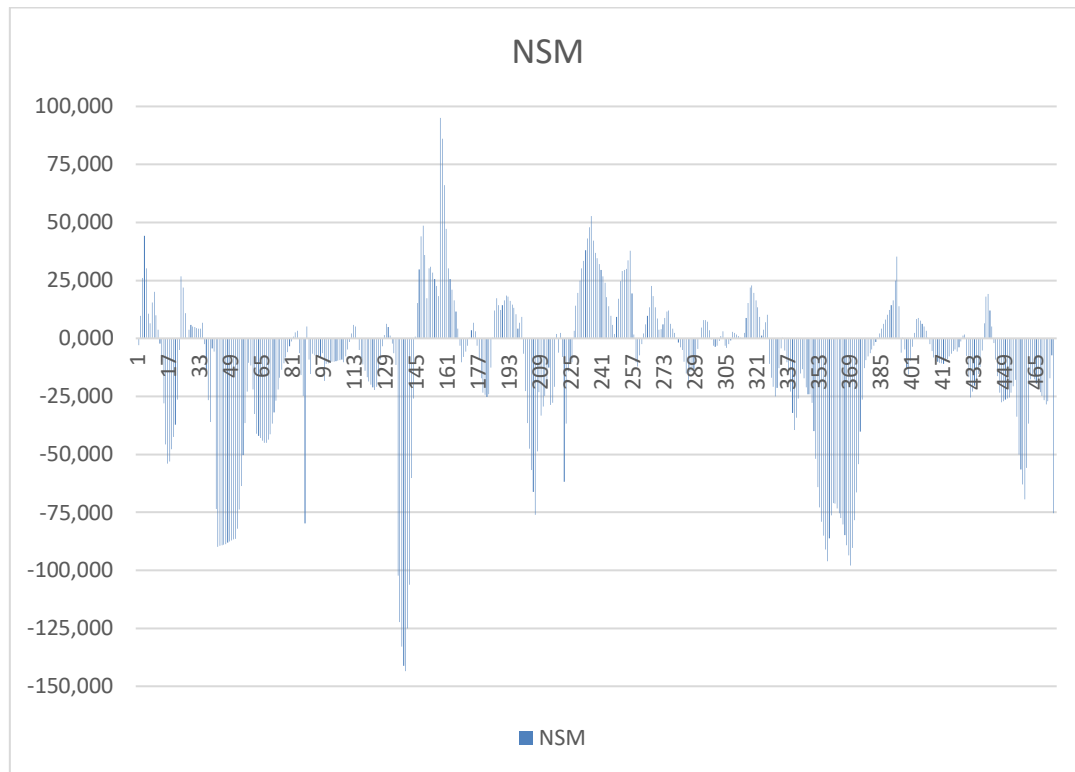
Analisis perubahan garis pantai dilakukan menggunakan metode *Net Shoreline Movement* (NSM).

object identifier	geometry	TransactID	BaselineID	GroupID	TransOrder	Azimuth	ShrCount	TCD	NSM	EPB	EPBanc	SHAPE_Length	Ket
1 Polyline	1	1	1	1	1	230.81	1	30	-0.89	-0.58	-2.83	2.885723	Abres
2 Polyline	2	1	1	1	2	229.51	2	60	-2.89	-0.58	-2.83	9.753272	Abres
3 Polyline	3	1	1	1	3	228.26	2	90	9.75	1.95	2.83	26.913332	Abres
4 Polyline	4	1	1	1	4	227.97	3	120	26.01	2.6	1.41	44.236458	Abres
5 Polyline	5	1	1	1	5	225.93	3	150	44.24	4.42	1.41	36.229445	Abres
6 Polyline	6	1	1	1	6	226.16	3	180	36.22	3.62	1.41	14.132562	Abres
7 Polyline	7	1	1	1	7	226.63	3	210	15.68	1.27	1.41	6.443945	Abres
8 Polyline	8	1	1	1	8	227.88	3	240	6.44	0.64	1.41	15.478801	Abres
9 Polyline	9	1	1	1	9	227.5	3	270	15.48	1.55	1.41	25.344764	Abres
10 Polyline	10	1	1	1	10	227.91	3	300	20	2	1.41	18.236243	Abres
11 Polyline	11	1	1	1	11	228.29	3	330	18.02	1	1.41	11.194907	Abres
12 Polyline	12	1	1	1	12	228.66	3	360	3.82	0.38	1.41	6.535689	Abres
13 Polyline	13	1	1	1	13	229.05	3	390	-2.25	-0.23	1.41	10.031531	Abres
14 Polyline	14	1	1	1	14	229.9	3	420	-10.03	-1	1.41	27.996472	Abres
15 Polyline	15	1	1	1	15	230.72	3	450	-27.99	-2.8	1.41	48.753148	Abres
16 Polyline	16	1	1	1	16	231.5	3	480	-48.75	-4.58	1.41	53.98221	Abres
17 Polyline	17	1	1	1	17	232.28	3	510	-53.98	-5.4	1.41	53.166378	Abres
18 Polyline	18	1	1	1	18	232.89	3	540	-53.17	-5.32	1.41	47.830988	Abres
19 Polyline	19	1	1	1	19	233.7	3	570	-47.83	-4.78	1.41	42.544154	Abres
20 Polyline	20	1	1	1	20	234.38	3	600	-42.54	-4.25	1.41	37.304473	Abres
21 Polyline	21	1	1	1	21	235.94	3	630	-37.3	-3.73	1.41	45.518336	Abres
22 Polyline	22	1	1	1	22	235.67	3	660	-36.5	-2.85	1.41	266.485939	Abres
23 Polyline	23	1	1	1	23	236.32	3	690	-4.9	-0.49	1.41	47.578969	Abres
24 Polyline	24	1	1	1	24	236.94	3	720	26.65	2.66	1.41	22.783815	Abres
25 Polyline	25	1	1	1	25	237.55	3	750	21.96	2.2	1.41	18.88096	Abres
26 Polyline	26	1	1	1	26	238.13	3	780	18.92	1.89	1.41	14.948831	Abres
27 Polyline	27	1	1	1	27	238.7	3	810	5.13	0.51	1.41	10.988158	Abres
28 Polyline	28	1	1	1	28	239.25	3	840	3.75	0.38	1.41	8.804305	Abres
29 Polyline	29	1	1	1	29	239.78	3	870	5.76	0.58	1.41	9.395703	Abres
30 Polyline	30	1	1	1	30	240.3	3	900	5.21	0.52	1.41	9.862519	Abres
31 Polyline	31	1	1	1	31	240.8	3	930	4.77	0.48	1.41	10.219869	Abres
32 Polyline	32	1	1	1	32	241.28	3	960	4.44	0.44	1.41	10.448729	Abres
33 Polyline	33	1	1	1	33	241.75	3	990	4.21	0.42	1.41	10.575270	Abres
34 Polyline	34	1	1	1	34	242.21	3	1020	4.09	0.41	1.41	7.756424	Abres
35 Polyline	35	1	1	1	35	242.66	3	1050	4.73	0.47	1.41	7.207994	Abres
36 Polyline	36	1	1	1	36	243.08	3	1080	-2.44	-0.24	1.41	20.891308	Abres
37 Polyline	37	1	1	1	37	243.5	3	1110	-14.31	-1.43	1.41	29.581351	Abres
38 Polyline	38	1	1	1	38	243.91	3	1140	-26.63	-2.66	1.41	36.23869	Abres
39 Polyline	39	1	1	1	39	244.33	3	1170	-36.01	-3.6	1.41	259.383587	Abres
40 Polyline	40	1	1	1	40	244.75	3	1200	-4.41	-0.44	1.41		

Gambar 10. Tabel Hasil NSM



Gambar 11. Hasil Generate Transek



Gambar 12. Grafik Nilai NSM



Gambar 13. Peta Hasil NSM

Sebaran Abrasi

Wilayah abrasi umumnya berada pada area yang langsung menerima energi gelombang laut. Abrasi menyebabkan garis pantai bergerak ke arah daratan sehingga mengurangi luas wilayah pesisir. Beberapa daerah yang mengalami Abrasi seperti pada gambar yaitu Daerah Tuminting.



Gambar 14. Daerah mengalami Abrasi dan tinjauan lapangan 1

Sebaran Akresi

Akresi merupakan proses bertambahnya daratan pantai akibat pengendapan material sedimen yang menyebabkan garis pantai bergerak ke arah laut. Berdasarkan hasil analisis NSM, beberapa segmen pantai di Teluk Manado menunjukkan nilai NSM positif yang mengindikasikan terjadinya akresi. Kondisi ini diduga dipengaruhi oleh proses sedimentasi alami serta aktivitas reklamasi pada kawasan pesisir.



Gambar 15. Daerah mengalami Akresi

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Net Shoreline Movement (NSM), diketahui bahwa garis pantai di Teluk Manado mengalami perubahan yang cukup signifikan selama periode pengamatan tahun 2015–2025. Perubahan tersebut ditunjukkan oleh adanya nilai NSM positif yang mengindikasikan akresi serta nilai NSM negatif yang menunjukkan abrasi. Hasil pengolahan DSAS menunjukkan bahwa sebagian besar transek mengalami abrasi dengan tingkat perubahan yang bervariasi. Nilai abrasi terbesar tercatat pada beberapa transek yang mencapai lebih dari 100 meter, sedangkan nilai akresi terbesar mencapai lebih dari 90 meter. Kondisi ini menunjukkan bahwa dinamika pesisir Teluk Manado berlangsung secara aktif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor alami maupun aktivitas manusia. Secara spasial, wilayah yang mengalami abrasi umumnya berada pada kawasan pantai yang langsung berhadapan dengan Laut Sulawesi sehingga

menerima energi gelombang yang relatif besar. Gelombang dan arus laut yang bekerja secara terus-menerus menyebabkan terjadinya pengikisan material pantai sehingga garis pantai bergerak ke arah daratan.

Sebaliknya, wilayah yang mengalami akresi banyak ditemukan pada kawasan yang dipengaruhi oleh pengendapan sedimen dan aktivitas reklamasi. Penambahan material sedimen menyebabkan garis pantai bergerak ke arah laut sehingga terjadi penambahan luas daratan pada beberapa segmen pantai.

Faktor Penyebab Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai yang terjadi di Teluk Manado dipengaruhi oleh kombinasi faktor alami dan faktor antropogenik. Faktor alami yang berpengaruh terhadap perubahan garis pantai meliputi:

- Gelombang laut yang menyebabkan erosi pada bagian pantai tertentu.
- Arus laut yang mengangkut dan mendistribusikan sedimen sepanjang garis pantai.
- Pasang surut yang memengaruhi posisi garis pantai secara periodik.
- Sedimentasi dari aliran sungai yang bermuara ke Teluk Manado.

Sedangkan Faktor antropogenik yang memengaruhi perubahan garis pantai meliputi:

- Reklamasi pantai.
- Pembangunan infrastruktur pesisir.
- Aktivitas pelabuhan dan kawasan perdagangan.
- Perubahan tata guna lahan pada kawasan pesisir.

Aktivitas pembangunan pesisir dapat mengubah keseimbangan transport sedimen sehingga pada beberapa lokasi terjadi akresi, sedangkan pada lokasi lainnya terjadi abrasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis perubahan garis pantai menggunakan metode *Net Shoreline Movement* (NSM) di Teluk Manado, Sulawesi Utara, dapat disimpulkan bahwa selama periode 2015–2025 telah terjadi perubahan garis pantai yang cukup signifikan berupa abrasi dan akresi pada berbagai segmen pantai. Hasil analisis menunjukkan bahwa abrasi lebih dominan dibandingkan akresi, terutama pada kawasan pantai yang langsung berhadapan dengan Laut Sulawesi, sedangkan akresi banyak terjadi pada wilayah yang dipengaruhi oleh proses sedimentasi dan aktivitas reklamasi. Penggunaan citra satelit Landsat multi-temporal yang dipadukan dengan aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) terbukti mampu mengidentifikasi dan memetakan perubahan garis pantai secara efektif sehingga dapat memberikan informasi spasial yang akurat mengenai dinamika pesisir Teluk Manado. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, disarankan agar pemantauan perubahan garis pantai di Teluk Manado dilakukan secara berkala dengan memanfaatkan citra satelit resolusi lebih tinggi dan didukung oleh data hidrodinamika seperti gelombang, arus, pasang surut, serta transport sedimen untuk meningkatkan ketelitian analisis. Selain itu, pemerintah daerah

dan pemangku kepentingan perlu memperhatikan aspek lingkungan dalam setiap kegiatan pembangunan dan reklamasi pesisir serta menerapkan upaya mitigasi pada kawasan yang mengalami abrasi agar pengelolaan wilayah pesisir Teluk Manado dapat berlangsung secara berkelanjutan dan memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat maupun lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, E. C. (2008). *Coastal geomorphology: an introduction*. John Wiley & Sons.
- Boak, E. H., & Turner, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: a review. *Journal of coastal research*, 21(4), 688-703.
- Dolan, R., Fenster, M. S., & Holme, S. J. (1991). Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of coastal research*, 723-744.
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2018). Digital shoreline analysis system (DSAS) version 5.0 user guide. *USGS Report*, 18.
- Komar, P. D. (1998). *Beach processes and sedimentation* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Marfai, M. A. (2011). The hazards of coastal erosion in Central Java, Indonesia: An overview. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 7(3), 1-9.
- Sasmito, B., Pratomo, B. D., & Bashit, N. (2021). Pemantauan perubahan garis pantai menggunakan metode Net Shoreline Movement (NSM) di wilayah Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta. In *Prosiding Forum Ilmiah Tahunan (FIT)-Ikatan Surveyor Indonesia (ISI)* (Vol. 1, pp. 269-275). Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Sihombing, M., Agussalim, A., & Affandi, A. K. (2017). Perubahan garis pantai menggunakan citra landsat multi temporal di daerah Pesisir Sungai Bungin Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Maspuri Journal*, 9(1), 25-32.
- Thieler, E. R., Martin, D., & Ergul, A. (2003). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 2.0: An ArcView extension for calculating shoreline change. *USGS Report*, 16.
- Triatmodjo, B. (2006). *Perencanaan bangunan pantai*. Beta Offset.