

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI TERHADAP REKLAMASI
PADA TAHUN 2014, 2019, DAN 2024 (STUDI KASUS : PANTAI UTARA
JAKARTA)**

(Skripsi)

Oleh

**BINTANG YONATHAN HASIAN
NPM. 2015071046**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI TERHADAP REKLAMASI
PADA TAHUN 2014, 2019, DAN 2024 (STUDI KASUS : PANTAI UTARA
JAKARTA)**

Oleh

**BINTANG YONATHAN HASIAN
NPM. 2015071046**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI TERHADAP REKLAMASI PADA TAHUN 2014, 2019, DAN 2024 (STUDI KASUS : PANTAI UTARA JAKARTA)

Oleh

BINTANG YONATHAN HASIAN

Pantai Utara Jakarta merupakan kawasan pesisir yang memiliki peran penting secara ekologis dan sosial-ekonomi, namun mengalami tekanan yang semakin meningkat akibat aktivitas manusia, khususnya kegiatan reklamasi. Aktivitas tersebut mengubah kondisi fisik wilayah pesisir dan berpotensi memengaruhi keseimbangan lingkungan pantai. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi garis pantai pada tahun 2014, 2019, dan 2024 serta menganalisis sejauh mana kegiatan reklamasi berpengaruh terhadap dinamika garis pantai di Pantai Utara Jakarta.

Metode penelitian menggunakan citra satelit Landsat 8 (2014, 2019, dan 2024) yang diolah melalui teknik penginderaan jauh. Garis pantai diekstraksi dengan metode *Normalized Difference Water Index* (NDWI), kemudian dianalisis perubahannya menggunakan pendekatan transek untuk melihat pergeseran posisi garis pantai dari waktu ke waktu. Validasi hasil dilakukan dengan data garis pantai dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan garis pantai yang signifikan pada tahun 2014, 2019, dan 2024, terutama pada area reklamasi yang semakin meluas. Analisis luas menunjukkan penambahan sebesar 84,28 hektar pada periode 2014–2019 dan 50,87 hektar pada periode 2019–2024, sehingga total perubahan luas mencapai 135,15 hektar. Berdasarkan nilai rata-rata *Net Shoreline Movement* (NSM), perubahan garis pantai ditandai oleh abrasi dengan rata-rata pergeseran sejauh 33,07 meter serta akresi dengan rata-rata penambahan sejauh 40,62 meter, yang menegaskan pengaruh nyata kegiatan reklamasi terhadap perubahan garis pantai di Pantai Utara Jakarta.

Kata kunci : Reklamasi, NDWI, Garis Pantai, Pantai Utara Jakarta.

ABSTRACT

Analysis of Shoreline Changes Due to Reclamation in 2014, 2019, and 2024 (Case Study: Northern Coast of Jakarta)

By

BINTANG YONATHAN HASIAN

The North Coast of Jakarta is a coastal area that plays an important ecological and socio-economic role but has experienced increasing pressure from human activities, particularly land reclamation. These activities alter the physical conditions of the coastal environment and potentially affect the balance of coastal ecosystems. Therefore, this study aims to examine the shoreline conditions in 2014, 2019, and 2024 and to analyze the extent to which reclamation activities influence shoreline dynamics along the North Coast of Jakarta. The research method utilizes Landsat 8 satellite imagery from 2014, 2019, and 2024, processed using remote sensing techniques. Shorelines were extracted using the Normalized Difference Water Index (NDWI) method and analyzed through a transect-based approach to assess shoreline position changes over time, with validation conducted using shoreline data from the Geospatial Information Agency (BIG). The results indicate significant shoreline changes during the study period, particularly in reclamation areas that expanded progressively. Area analysis shows an increase of 84.28 hectares during 2014–2019 and an additional 50.87 hectares during 2019–2024, resulting in a total area change of 135.15 hectares. Based on the average Net Shoreline Movement (NSM) values, shoreline changes are characterized by an average abrasion of 33.07 meters and accretion of 40.62 meters, confirming the significant influence of reclamation activities on shoreline changes along the North Coast of Jakarta.

Keyword : Shoreline, Reclamation, NDWI, Shoreline, Northern Coast of Jakarta.

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Analisis Perubahan Garis Pantai Terhadap
Reklamasi Pada Tahun 2014, 2019, dan 2024 (Studi
Kasus : Pantai Utara Jakarta)

Nama Mahasiswa : Bintang Yonathan Hasian

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071046

Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Ahmad Zakaria, M.T., PH.D.

NIP 196705141993031002

Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng.

NIP 199211042022032008

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.

NIP 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Ir. Ahmad Zakaria, M.T., PH.D.



Sekretaris

: Tika Christy Novianti, S.T., M.Eng.



Penguji Utama Bukan Pembimbing : Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU.

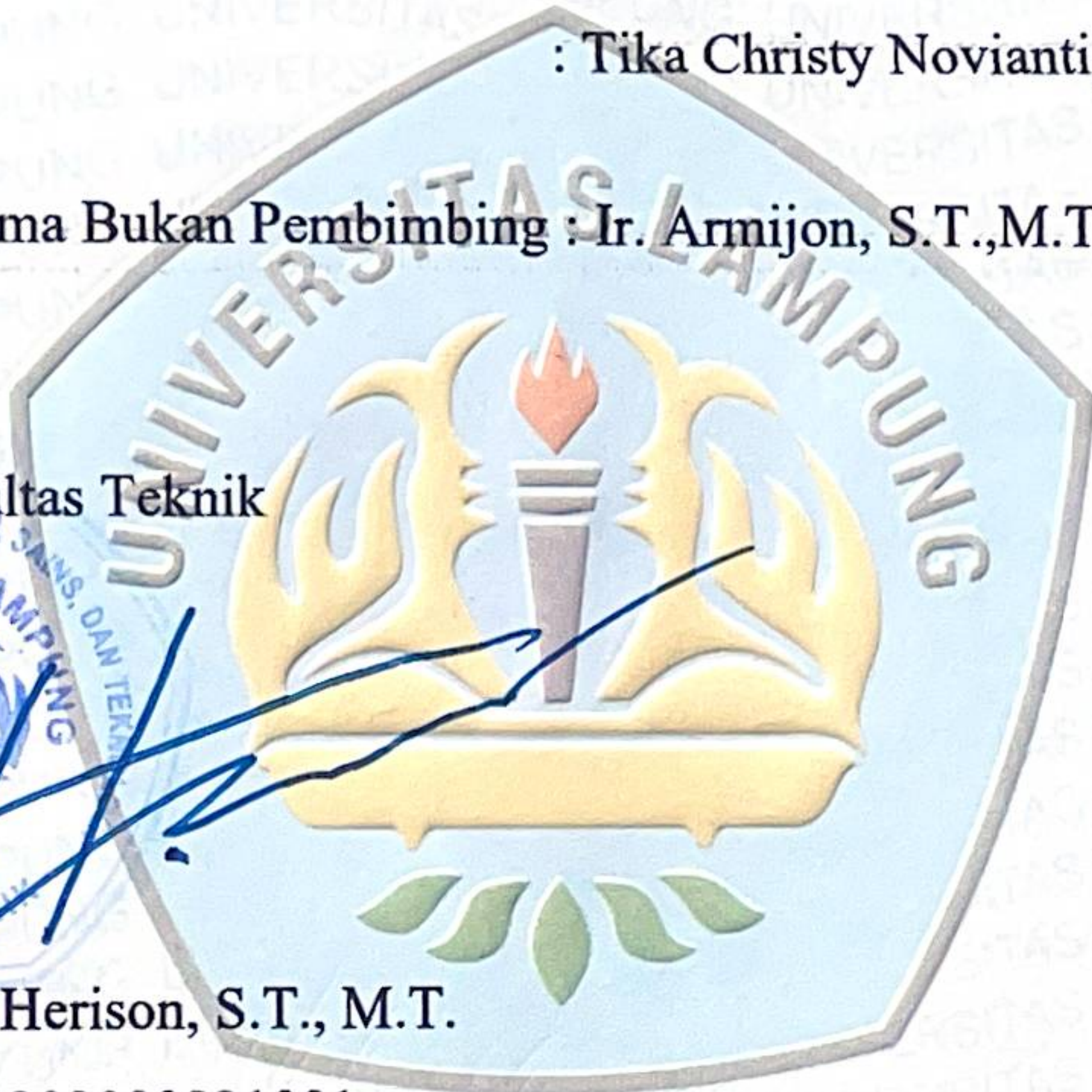


2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP 196910302000031001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 19 Desember 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bintang Yonathan Hasian
Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071046
Program Studi : Teknik Geodesi
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis di dalam Skripsi ini adalah hasil karya yang saya kerjakan sendiri. Berdasarkan pengetahuan dan informasi yang saya dapatkan. Skripsi ini berisikan material yang saya buat sendiri dan hasil rujukan dari beberapa sumber lain seperti buku dan jurnal yang telah dipublikasikan sebelumnya dengan kata lain bukanlah hasil plagiat dari karya orang lain. Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, maka saya bersedia menanggung segala akibat yang ada dan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 Februari 2026



Bintang Yonathan Hasian

2015071046

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 26 Juli 2002 yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Tunggul Tambunan dan Ibu Maslina Simangunsong. Pendidikan penulis diawali bersekolah di Taman Kanak-Kanak (TK) Santai Maria II pada tahun 2006 hingga 2008, Sekolah Dasar (SD) Strada St. Petrus pada tahun 2008 hingga 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Strada St. Fransiskus Xaverius I pada tahun 2014 hingga 2017, Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 80 Jakarta pada tahun 2017 hingga 2020. Kemudian, penulis melanjutkan Pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri pada tahun 2020 sebagai mahasiswa Prodi S1 Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Lembaga Kemahasiswaan menjadi Anggota Departemen Sosial Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGES) Universitas Lampung pada periode 2022/2023. Pada Januari 2023 penulis mengikuti Kemah Kerja (KK) dalam pembuatan “Peta Batas Dusun” yang bertempat di Dusun Sarirejo, Kelurahan Natar, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Pada bulan Juli 2023, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukanegeri, Kecamatan Bangun Rejo, Kabupaten Lampung Tengah. Di tahun yang sama pada bulan September, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Balai Besar Pengujian Minyak dan Gas Bumi Lemigas yang terletak di Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan. dengan tema : “Pembuatan Peta Kemiringan Lereng Untuk Penentuan Lokasi Pengeboran Cadangan Migas (Studi Kasus : Kab. Kutai Timur, Mahakam Ulu, Kartanegara)” . Kemudian pada bulan Juli 2024, penulis melaksanakan penelitian skripsi dengan judul “Analisis Perubahan Garis Pantai Terhadap Reklamasi Pada Tahun 2014, 2019, dan 2024 (Studi Kasus : Pantai Utara Jakarta)”.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang maha Esa atas berkatNya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Perubahan Garis Pantai Terhadap Reklamasi Pada Tahun 2014, 2019, dan 2024 (Studi Kasus : Pantai Utara Jakarta)**”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk meraih gelar tingkat sarjana (S1) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk pengembangan penulisan selanjutnya dan demi penyempurnaan penulisan skripsi ini. Harapan penulis penelitian ini dapat memberi manfaat dan berguna bagi penulis dan masyarakat luas serta dapat dipahami bagi siapapun yang membacanya.

Bandar Lampung, ... Februari 2026

Penulis

Bintang Yonathan Hasian

2015071046

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih, penyertaan, dan berkat-Nya yang luar biasa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tanpa pertolongan dan anugerah-Nya, penulis tidak akan mampu melalui seluruh proses penelitian hingga penulisan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada orang tua, kakak, dan adik tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, serta kasih yang tiada henti. Doa dan dukungan mereka merupakan kekuatan besar bagi penulis dalam menyelesaikan studi ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak/Ibu dosen yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini. Tidak lupa penulis berterima kasih kepada teman-teman angkatan 2020 yang telah memberikan semangat, bantuan, serta kebersamaan sejak awal perkuliahan hingga selesainya skripsi ini.

MOTTO

“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku.”

(Filipi 4:13)

“dan mengenakan manusia baru, yang telah diciptakan menurut kehendak Allah di dalam kebenaran dan kekudusan yang sesungguhnya.”

(Efesus 4:24)

“Still we rise”

(Lewis Hamilton)

”Man jadda wa jada”

Human clock is always in a rush, God’s Clock is always on time

(Mykhailo Mudryk)

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih, penyertaan, dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Perubahan Garis Pantai Terhadap Reklamasi Pada Tahun 2014, 2019, dan 2024 (Studi Kasus: Pantai Utara Jakarta)”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung. Pada proses penyusunan Skripsi ini penulis banyak mendapat dukungan, bantuan, bimbingan, doa dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Hi. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Skripsi program studi Teknik Geodesi Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., PH.D., selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu meluangkan waktunya disela kesibukan untuk senantiasa memberikan bimbingan, arahan, masukan dan semangat kepada penulis selama proses penyelesaian penelitian skripsi ini.
5. Ibu Tika Christy, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing Kedua yang selalu membantu mengarahkan dan menjelaskan kepada penulis selama proses bimbingan, membantu memberikan masukan – masukan yang membangun bagi penulis, serta senantiasa memberikan semangat dalam proses penyelesaian penelitian skripsi ini.

6. Ir. Armijon, S.T.,M.T.,IPU., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat bermanfaat untuk penelitian skripsi ini.
7. Seluruh Dosen, Staff, dan Karyawan Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang telah memberikan bekal ilmu dan pengetahuan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian skripsi ini.
8. Kedua orang tua penulis Bapak Tunggul Tambunan dan Ibu Maslina Simangunsong, Adik, serta seluruh keluarga yang penulis sayangi dan cintai selamanya. Terimakasih telah senantiasa memberikan do'a, kasih sayang, motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman – teman Teknik Geodesi dan Survey Pemetaan Angkatan 2020. Terimakasih atas kebersamaan dan dukungannya selama masa perkuliahan.
10. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Chelsea F.C. yang secara tidak langsung mengajarkan arti kesabaran dan ketekunan, sehingga menjadi motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, .. Februari 2026

Bintang Yonathan Hasian

2015071046

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Reklamasi	9
2.3 Garis Pantai	10
2.4 Pasang Surut	11
2.5 Abrasi dan Akresi	14
2.6 Penginderaan Jauh	15
2.6.1 Citra Landsat 8	15
2.6.2 <i>Digital Shoreline Analysis System (DSAS)</i>	17
2.6.3 <i>Normalized Difference Water Index (NDWI)</i>	18
2.6.4 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	18
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Lokasi Penelitian	19
3.2 Tahapan Persiapan Penelitian.....	20
3.2.1 Alat dan Data Penelitian.....	21
3.3 Diagram Alir Pengolahan Data	21
3.4 Tahap Persiapan	22
3.5 Tahap Pengolahan	25
3.6 Tahap Analisis	33
3.7 Uji Validasi <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	35
3.7.1 Penentuan Titik Sampel Slovin	36
3.7.2 <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	37

3.8 Uji Validasi Terhadap Pasang Surut	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Hasil NDWI (<i>Normalized Difference Water Index</i>)	40
4.2 Hasil Pengolahan DSAS	44
4.2.1 NSM (<i>Net Shoreline Movement</i>).....	44
4.2.2 SCE (<i>Shoreline Change Envelope</i>)	47
4.3 Pasang surut air laut	49
4.4 Uji Validasi RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>)	52
4.5 Uji Validasi Pasang Surut.....	54
4.5.1 Pasang Surut Waktu Pengambilan Citra	55
4.5.2 Tabel Perhitungan Δ Pasut, Δ Pergeseran, dan Rasio	55
4.5.3 Rentang Pasang Surut Harian.....	56
4.5.4 Rasio Pergeseran	56
4.6 Analisis Perubahan Garis Pantai Terhadap Reklamasi	57
4.7 Pembahasan Hipotesis	60
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1 Simpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	5
2. Tipe Pasang Surut Berdasarkan Bilangan <i>Formzahl</i>	13
3. Spesifikasi Citra Landsat 8 Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	16
4. Data Penelitian	21
5. Data Pasang Surut Air Laut April 2014	23
6. Data Pasang Surut Air Laut Juli 2019.....	24
7. Data Pasang Surut Air Laut Oktober 2024	24
8. Hasil Perhitungan Pada DSAS	32
9. Luas Perubahan Tahun 2014 – 2024	35
10. Nilai Piksel NDWI 2014	41
11. Nilai Piksel NDWI 2019	42
12. Nilai Piksel NDWI 2024	43
13. Luas Wilayah Reklamasi.....	43
14. Hasil Perhitungan NSM Garis Pantai Pulau Reklamasi.....	44
15. Nilai Rata – Rata Perhitungan NSM	46
16. Hasil Perhitungan SCE Garis Pantai Pulau Reklamasi	47
17. Nilai Rata – Rata Perhitungan SCE	48
18. Validasi RMSE Pulau Reklamasi Data BIG	53
19. Pasang Surut Waktu Pengambilan Citra	55
20. Perhitungan Δ Pasut, Δ Pergeseran, dan Rasio	55
21. Rentang Pasut Harian (<i>Vertical Tidal Range</i>).....	56
22. Rasio Antara Pergeseran Inter-Annual dan Rentang Harian Pasut.....	56
23. Selisih Luas dan Perubahan Garis Pantai Pulau Reklamasi.....	57
24. Data Pasut April 2014	70

25. Data Pasut Juli 2019.....	71
26. Data Pasut Oktober 2024	72
27. Data NSM dan SCE	73
28. Data Uji Validasi.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Reklamasi	10
2. Garis pantai	10
3. Pasang Surut.....	12
4. Abrasi	14
5. Akresi	14
6. Ilustrasi Penginderaan Jauh.....	15
7. Lokasi Penelitian.....	20
8. Diagram Alir Penelitian	22
9. Citra Landsat-8 tahun 2014.....	25
10. Proses koreksi atmosferik pada citra.....	26
11. Proses NDWI	26
12. Rumus Con (<i>Condition</i>)	28
13. <i>Raster to Polygon</i>	28
14, <i>Feature to Line</i>	29
15. <i>New Feature Class</i>	30
16. Pengaturan <i>Baseline</i> dan <i>Shorline</i>	31
17. <i>Cast Transect</i>	31
18. Query Nilai NSM	34
19. Peta NDWI Citra Landsat Tahun 2014	40
20. Peta NDWI Citra Landsat Tahun 2019	41
21. Peta NDWI Citra Landsat Tahun 2024	42
22. Peta hasil perhitungan NSM pulau reklamasi	45
23. Peta hasil perhitungan SCE pulau reklamasi	48
24. Pasang surut april 2014	49
25. Grafik pasang surut april 2014.....	50
26. Pasang surut juli 2019	50
27. Grafik pasang surut juli 2019.....	51
28. Pasang surut oktober 2024	51
29. Grafik pasang surut oktober 2024.....	51
30. Peta Uji Validasi BIG Pulau Reklamasi.....	53
31. Peta Perubahan Garis Pantai Pulau Reklamasi	58

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan garis pantai yang panjang dan dinamis. Garis pantai merupakan batas antara daratan dan laut yang posisinya dapat berubah akibat proses alamiah maupun aktivitas manusia. Perubahan posisi garis pantai menjadi indikator penting dinamika wilayah pesisir karena garis pantai berfungsi sebagai batas fisik dan referensi spasial dalam pengelolaan wilayah pesisir dan laut.

Dengan berlakunya Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014, pengelolaan laut semakin terdesentralisasi. Hal ini membuat penetapan batas wilayah laut menjadi isu strategis yang krusial bagi setiap daerah, mengingat potensi sumber daya alam dan ruang yang sangat besar di dalamnya. Titik-titik dasar yang digunakan untuk menetapkan batas wilayah laut, sebagaimana diatur dalam Permendagri Nomor 141 Tahun 2017, bergantung pada garis pantai. Perubahan garis pantai dapat terjadi karena proses alamiah seperti abrasi dan sedimentasi, serta proses non-alamiah seperti penambangan pasir, reklamasi, dll (Adnyana dkk., 2009).

Reklamasi merupakan kegiatan penimbunan wilayah perairan untuk pembentukan daratan baru yang secara langsung mengubah konfigurasi pesisir dan posisi garis pantai. Di Pantai Utara Jakarta, reklamasi dilakukan sebagai upaya penambahan daratan untuk mendukung pengembangan kawasan perkotaan. Kegiatan ini secara langsung mengubah kondisi pesisir dan memicu pergeseran garis pantai dalam skala yang signifikan. Kebutuhan penambahan luas daratan juga dirasakan begitu mendesak bagi Jakarta (Hantono, 2019). Perubahan garis pantai dapat dianalisis secara spasial dan multitemporal menggunakan citra satelit, yang memungkinkan

pengukuran perubahan garis pantai secara objektif.

Reklamasi memiliki hubungan yang erat dengan perubahan garis pantai, terutama di wilayah pesisir seperti Pantai Utara Jakarta. Kegiatan reklamasi yang dilakukan untuk memperluas lahan sering kali mengubah morfologi pantai secara signifikan, baik melalui proses akresi maupun abrasi. Akresi terjadi ketika material sedimen yang dibawa oleh arus dan gelombang laut mengendap di area reklamasi, menyebabkan garis pantai maju ke arah laut. Sebaliknya, abrasi dapat terjadi di lokasi lain akibat energi gelombang yang mengikis daratan pantai. Kegiatan reklamasi tidak hanya mengubah garis pantai, tetapi juga mengganggu pola arus dan gelombang laut (Naufal dkk., 2023). Reklamasi di Pulau C dan Pulau D juga berdampak pada perubahan morfologi pesisir, yang tercermin dari pergeseran garis pantai secara signifikan. Perubahan ini berpotensi memengaruhi keseimbangan sedimen dan dinamika pesisir di kawasan sekitarnya, sehingga perlu dikaji secara spasial dan kuantitatif.

Perubahan garis pantai akibat reklamasi tidak hanya bersifat visual, tetapi juga memiliki implikasi spasial yang signifikan. Garis pantai berperan sebagai referensi utama dalam pemetaan wilayah pesisir dan penentuan batas pengelolaan laut, sehingga pergeseran posisinya perlu diketahui secara kuantitatif. Tanpa adanya analisis perubahan garis pantai, besaran dan pola pergeseran akibat reklamasi tidak dapat diidentifikasi secara pasti. Tanpa analisis kuantitatif, perubahan garis pantai akibat reklamasi berpotensi disalahartikan sebagai perubahan alami, sehingga dapat menimbulkan ketidakakuratan dalam pemahaman dinamika garis pantai di wilayah pesisir. Untuk meningkatkan keandalan hasil penelitian, analisis perubahan garis pantai dalam penelitian ini dilengkapi dengan proses validasi menggunakan data garis pantai otoritatif.

Sejumlah penelitian tentang perubahan garis pantai memang sudah banyak dilakukan, namun sebagian besar masih menitikberatkan pada faktor alami seperti abrasi dan sedimentasi, serta belum secara khusus mengkaji reklamasi sebagai penyebab utama secara multitemporal. Selain itu, pendekatan yang digunakan

umumnya belum menggabungkan analisis NDWI dan DSAS (NSM dan SCE) yang disertai koreksi pasang surut serta validasi menggunakan data garis pantai otoritatif dari BIG. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang dapat menilai secara kuantitatif pengaruh reklamasi terhadap perubahan garis pantai, khususnya di Pulau C dan Pulau D pada periode 2014–2019–2024.

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah adanya perubahan garis pantai yang signifikan di Pantai Utara Jakarta yang diduga kuat dipengaruhi oleh kegiatan reklamasi pada periode 2014, 2019, dan 2024. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian ini difokuskan untuk menjawab dua pertanyaan utama, yaitu (1) bagaimana kondisi garis pantai berdasarkan luas dan abrasi/akresi pada tahun 2014, 2019, dan 2024, serta (2) bagaimana pengaruh kegiatan reklamasi terhadap perubahan garis pantai di wilayah Pantai Utara Jakarta. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mampu menggambarkan secara spasial dan kuantitatif besarnya perubahan garis pantai serta hubungannya dengan dinamika pesisir di wilayah penelitian.

Penelitian ini difokuskan pada Pulau C dan Pulau D karena wilayah tersebut merupakan hasil reklamasi yang secara langsung membentuk garis pantai baru. Setelah reklamasi, garis pantai aktif Jakarta Utara secara fisik tidak lagi berada pada daratan utama Pulau Jawa, melainkan berpindah ke batas terluar pulau reklamasi. Oleh karena itu, analisis perubahan garis pantai pada wilayah reklamasi menjadi lebih representatif untuk mengkaji pengaruh reklamasi secara langsung tanpa dipengaruhi faktor alamiah kompleks yang dominan pada daratan utama.

1.2 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah sebelumnya, tujuan penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Mengetahui dan menganalisis perubahan garis pantai yang terjadi akibat reklamasi di Pantai Utara Jakarta pada tahun 2014, 2019, dan 2024.
2. Mengetahui pengaruh reklamasi terhadap perubahan garis Pantai Utara Jakarta.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ini adalah:

1. Lokasi penelitian di wilayah reklamasi Pulau C dan D Pantai Utara Jakarta.
2. Penelitian ini membahas tentang perubahan garis pantai yang terjadi akibat adanya reklamasi di daerah tersebut tahun 2014, 2019, dan 2024.
3. Citra yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah Citra Landsat 8 tahun 2014, 2019, dan 2024.
4. Pengamatan dilakukan secara multitemporal pada tahun 2014, 2019, dan 2024.
5. Data pasang surut yang akan digunakan yaitu tahun 2014, 2019, dan 2024.
6. Metode analisis perubahan garis pantai menggunakan DSAS.
7. Pengolahan data pasang surut menggunakan Microsoft Excel dengan metode *Admiralty*.
8. Penelitian ini fokus pada analisis perubahan garis pantai menggunakan metode NDWI.
9. *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *Shoreline Change Envelope* (SCE) adalah metode yang digunakan dalam analisis perubahan garis pantai dengan *add-in Digital Shoreline Analysis System* (DSAS).

1.4 Hipotesis

Kegiatan reklamasi yang masif di Pantai Utara Jakarta pada tahun 2014, 2019, dan 2024 menyebabkan perubahan garis pantai yang signifikan, ditandai dengan terjadinya akresi pada area reklamasi serta abrasi pada wilayah sekitarnya. Perubahan garis pantai di wilayah penelitian juga diduga memiliki hubungan yang kuat dengan intensitas kegiatan reklamasi, sehingga semakin besar aktivitas reklamasi yang dilakukan, semakin besar pula nilai pergeseran garis pantai yang terdeteksi melalui analisis DSAS dan NDWI.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berkaitan dengan pengelolaan batas wilayah laut dapat dijadikan sebagai panduan atau referensi untuk melakukan penelitian ini.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Penulis & Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian
1	(Aniendra, 2020)	Analisis Perubahan Garis Pantai dan Hubunganya dengan <i>Land Subsidence</i> Menggunakan Aplikasi <i>Digital Shoreline Analysis System</i> (DSAS) (Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kota Semarang)	DSAS dan analisis <i>land subsidence</i>	Menunjukkan keterkaitan antara perubahan garis pantai dan penurunan muka tanah; DSAS efektif memetakan pola abrasi dan akresi.
2	(Wicaksono dkk., 2020)	Analisis Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode <i>Net Shoreline Movement</i> (NSM) Dengan <i>Add-In Digital Shoreline Analysis System</i>	DSAS (NSM)	Memberikan gambaran kuantitatif laju perubahan garis pantai; NSM efektif mendeteksi pergeseran garis pantai.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Penulis & Tahun	Judul	Metode	Hasil Penelitian
3	(Istiqomah dkk., 2016)	(DSAS) (Studi Kasus : Pesisir Barat Kabupaten Pandeglang)		
		Pemantauan	DSAS	Mengidentifikasi pola abrasi dan akresi signifikan akibat dinamika sedimen dan aktivitas manusia.
		Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi <i>Digital Shoreline Analysis System</i> (DSAS)	multitemporal	
4	(Arifin dkk., 2020)	(Studi Kasus: Pesisir Kabupaten Demak)		
		Analisis Pengaruh Perubahan Garis Pantai Terhadap Batas Pengelolaan Wilayah Laut Daerah Provinsi DKI Jakarta	DSAS dan analisis administrasi wilayah laut	Menunjukkan bahwa perubahan garis pantai memengaruhi batas pengelolaan wilayah laut dan menimbulkan ketidaksesuaian dengan batas administrasi.
5	(Damanik dkk., 2019)	Analisis Pengaruh Perubahan Garis Pantai Terhadap Pengelolaan Wilayah Laut Daerah Kabupaten dan Kota Pekalongan	DSAS dan analisis batas wilayah laut	Menemukan pergeseran garis pantai yang berimplikasi pada batas pengelolaan laut dan penataan ruang wilayah laut daerah.

Penelitian terdahulu diatas dapat dikatakan relevan dan dapat dijadikan acuan dalam penelitian selanjutnya, tetapi setiap penelitian memiliki persamaan dan perbedaan masing-masing diantaranya yaitu :

Penelitian-penelitian sebelumnya, seperti Aniendra (2020), umumnya berfokus pada perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh faktor alami seperti abrasi, akresi, dan terutama *land subsidence*, serta menggunakan metode thresholding dan DSAS tanpa meninjau pengaruh kegiatan pembangunan pesisir secara spesifik. Namun, penelitian ini mengisi kekosongan tersebut dengan secara langsung menganalisis dampak reklamasi terhadap perubahan garis pantai di Pantai Utara Jakarta pada tahun 2014, 2019, dan 2024. Perbedaan ini menjadikan penelitian ini lebih spesifik karena memusatkan kajian pada perubahan pesisir akibat aktivitas manusia berskala besar (reklamasi), menggunakan metode NDWI yang lebih akurat dalam ekstraksi batas darat-laut, menggabungkan dua indikator DSAS (NSM dan SCE), serta dilengkapi uji validasi dengan data BIG dan pasang surut sehingga menghasilkan analisis yang lebih komprehensif dan presisi dibanding penelitian sebelumnya.

Penelitian Wicaksono dkk., (2020) menganalisis laju perubahan garis pantai di pesisir Pandeglang menggunakan citra Landsat 5 dan 8, algoritma BILKO untuk ekstraksi garis pantai, serta DSAS (NSM) untuk menghitung abrasi–akresi, dan juga menambahkan analisis perubahan tutupan lahan. Namun, penelitian tersebut hanya memotret perubahan garis pantai yang bersifat alami, dipengaruhi oleh dinamika sedimen, gelombang, serta perubahan tutupan lahan, tanpa mempertimbangkan faktor pembangunan pesisir. Berbeda dengan itu, penelitian ini secara khusus mengisi celah penelitian dengan mengkaji pengaruh reklamasi Pulau C dan D terhadap perubahan garis pantai di Pantai Utara Jakarta pada tahun 2014–2019–2024, menggunakan metode ekstraksi NDWI, analisis DSAS (NSM dan SCE), serta validasi tambahan dengan data BIG, pasang surut, dan RMSE. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi baru karena berfokus pada perubahan garis pantai akibat aktivitas reklamasi berskala besar, bukan perubahan alami seperti pada penelitian sebelumnya.

Penelitian Istiqomah dkk., (2016) sebelumnya umumnya berfokus pada analisis perubahan garis pantai akibat proses alamiah seperti abrasi, akresi, dinamika sedimen, maupun *land subsidence*, serta belum secara spesifik mengkaji pengaruh

langsung kegiatan reklamasi terhadap perubahan garis pantai. Selain itu, sebagian besar penelitian hanya menggunakan metode DSAS tanpa mengombinasikannya dengan ekstraksi garis pantai berbasis NDWI, serta belum dilengkapi dengan uji validasi menggunakan data resmi garis pantai BIG sebagai pembanding. Berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan secara khusus menganalisis hubungan antara kegiatan reklamasi di Pantai Utara Jakarta pada tahun 2014, 2019, dan 2024 terhadap perubahan garis pantai, menggunakan kombinasi metode NDWI dan DSAS untuk meningkatkan akurasi delineasi, serta menambahkan tahap validasi spasial dan pasang surut sebagai penguatan hasil analisis. Dengan demikian, penelitian ini mengisi kekosongan kajian yang belum banyak membahas pengaruh reklamasi secara kuantitatif dan multitemporal terhadap dinamika garis pantai di kawasan pesisir yang mengalami perubahan morfologi secara cepat.

Penelitian Arifin dkk., (2020) sebelumnya mengenai perubahan garis pantai di wilayah DKI Jakarta umumnya berfokus pada penyebab perubahan yang bersifat alamiah maupun campuran antropogenik—seperti abrasi, akresi, sedimentasi, dan penambangan pasir—serta dampaknya terhadap batas wilayah laut, seperti ditunjukkan pada penelitian Arifin dkk., (2020) yang menelaah pengaruh perubahan garis pantai tahun 2009–2019 terhadap batas pengelolaan wilayah laut menggunakan citra Landsat dan pendekatan kartometrik. Namun, penelitian tersebut belum secara spesifik mengkaji perubahan garis pantai yang dipicu langsung oleh aktivitas reklamasi besar-besaran, belum menggunakan kombinasi metode ekstraksi garis pantai berbasis NDWI dan analisis kuantitatif DSAS, serta belum menyertakan validasi garis pantai menggunakan data resmi BIG. Berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan memberikan fokus pada pengaruh reklamasi di Pantai Utara Jakarta pada tahun 2014, 2019, dan 2024 terhadap dinamika garis pantai, memanfaatkan integrasi metode NDWI dan DSAS untuk meningkatkan ketelitian analisis spasial, serta menambahkan tahap validasi terhadap data BIG dan pasang surut sehingga menghasilkan kajian yang lebih komprehensif dan akurat terkait perubahan garis pantai akibat reklamasi.

Penelitian sebelumnya Damanik dkk., (2019) berfokus pada perubahan garis pantai akibat abrasi dan akresi untuk melihat dampaknya terhadap batas pengelolaan wilayah laut menggunakan metode BILKO, AGSO, serta penarikan garis batas ekuidistant. Namun, penelitian tersebut belum mengkaji perubahan garis pantai yang dipicu secara langsung oleh aktivitas reklamasi berskala besar dan tidak menilai dinamika morfologi pantai dalam konteks ekspansi daratan buatan. Selain itu, penelitian tersebut juga tidak mengombinasikan metode ekstraksi garis pantai berbasis NDWI dengan analisis kuantitatif DSAS untuk menghitung pergeseran garis pantai secara spasial multitemporal, maupun melakukan uji validasi menggunakan data otoritatif BIG. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan meneliti secara khusus pengaruh reklamasi terhadap perubahan garis pantai di Pantai Utara Jakarta pada 2014, 2019, dan 2024, menggunakan NDWI, DSAS, serta validasi BIG sehingga memberikan analisis yang lebih terarah pada dampak reklamasi dan lebih kuat dari sisi verifikasi data.

2.2 Reklamasi

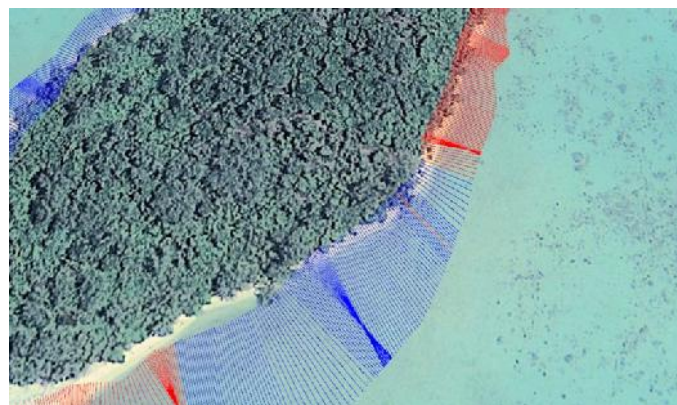
Secara harfiah reklamasi berasal dari kata *reclamation* yaitu memperoleh tanah sehingga reklamasi pantai merupakan usaha memperluas atau menambah wilayah daratan pada daerah pesisir dan perairan dengan cara menimbun kawasan perairan tersebut menjadi daratan atau pulau baru (Hantono, 2019). Kebutuhan penambahan luas daratan juga dirasakan begitu mendesak bagi Jakarta. Wilayahnya yang berbatasan langsung dengan laut menjadikan reklamasi pantai merupakan solusi yang dianggap cukup tepat karena tidak harus melakukan diplomasi politik ke pemerintah daerah lain (Evita dkk., 2019). Walaupun ada dampak negatif, pemerintah tetap melanjutkan proyek reklamasi pantai. Pemerintah DKI Jakarta telah memberikan izin dan pembangunan pulau baru terus berjalan.



Gambar 1. Reklamasi (Geosinindo, 2022).

2.3 Garis Pantai

Garis pantai, yang merupakan batas antara laut dan daratan, sangat dipengaruhi oleh pasang surut dan berbagai faktor lain seperti perubahan iklim dan aktivitas manusia seperti pembangunan di kawasan pantai. Perubahan garis pantai sangat penting diperhatikan dalam mengelola wilayah pesisir. Kita perlu memantau terus-menerus untuk mengetahui perubahannya dan merencanakan pencegahan bencana (Halder dkk., 2022).



Gambar 2. Garis pantai (Putra, 2020).

Garis Pantai juga salah satu aspek dalam pembuatan peta lingkungan pantai Indonesia dan peta lingkungan laut Indonesia. Panjang garis pantai ini diukur di sekitar seluruh pantai dalam wilayah suatu negara. Wilayah pesisir adalah wilayah yang sangat dinamik, begitu juga dengan garis pantainya. Faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya perubahan garis pantai adalah:

1) Faktor Hidro-Oseanografi

Garis pantai adalah tempat di mana laut bertemu daratan saat air laut pasang paling tinggi. Perubahan garis pantai bisa terjadi karena pengaruh angin, arus, dan pasang surut yang menyebabkan abrasi atau sedimentasi (Opa, 2011).

2) Faktor Antropogenik

Aktivitas manusia seperti pengambilan pasir dan pembangunan di kawasan pesisir yang tidak sesuai aturan dapat mengganggu keseimbangan aliran pasir di sepanjang pantai, sehingga menyebabkan kerusakan garis pantai (Shuhendry, 2004).

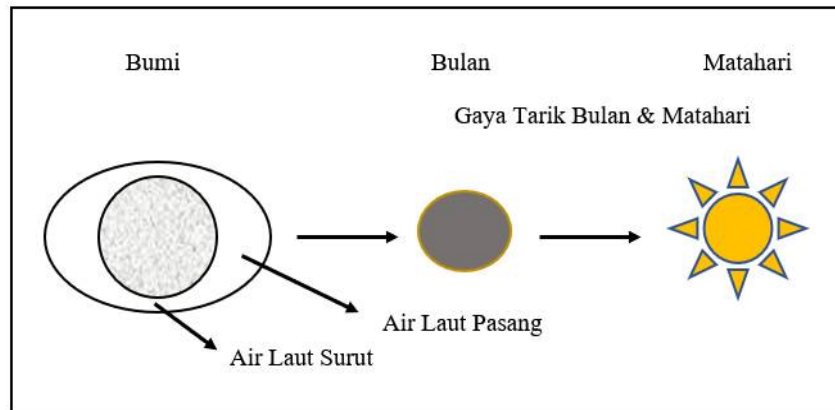
Dalam penelitian ini, salah satu data yang digunakan adalah data garis pantai dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data ini diunduh melalui portal resmi milik BIG, yaitu Geoportal BIG. Dataset tersebut memiliki skala pemetaan 1:25.000 dan merepresentasikan kondisi garis pantai pada tahun 2021.

Data garis pantai dari BIG ini digunakan sebagai data pembanding (*existing*) dalam proses uji validasi terhadap garis pantai hasil pengolahan citra Landsat 8 yang telah dianalisis menggunakan metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Lokasi studi pada penelitian ini berada di wilayah pesisir Pantai Utara Jakarta, sehingga hanya data garis pantai dari area tersebut yang diambil dari dataset BIG untuk keperluan analisis. Data garis pantai dipilih karena merupakan produk resmi dari lembaga pemerintah yang memiliki otoritas dalam penyediaan data geospasial nasional, serta telah melalui proses verifikasi dan validasi sesuai standar pemetaan.

2.4 Pasang Surut

Pasang surut adalah hasil interaksi gaya gravitasi antara bumi, matahari, dan bulan yang menyebabkan perubahan periodik tinggi rendahnya muka air laut. Naik turunnya permukaan air laut terjadi secara teratur dalam siklus waktu tertentu. Pola pasang surut ini dipengaruhi oleh kondisi geografis suatu wilayah, seperti bentuk pantai dan kedalaman laut. Berdasarkan perbedaan kondisi tersebut, pasang surut dapat dibedakan menjadi beberapa jenis. Analisis data pasang surut menggunakan

metode *Admiralty* memungkinkan kita mengidentifikasi jenis pasang surut di suatu daerah (Triatmodjo, 2008).



Gambar 3. Pasang Surut (Suprianto, 2023)



Gambar 4. Fenomena pasang surut (Tysara & Adelin, 2023)

Penelitian ini memanfaatkan data pasang surut harian dari website resmi *Sea Level UNESCO* untuk rentang waktu 2014, 2019, dan 2024. Data mentah ini kemudian diproses dan dianalisis menggunakan metode *Admiralty* guna mengekstrak komponen-komponen harmonik pasang surut di wilayah studi. Hasil analisis harmonik ini selanjutnya akan berperan sebagai parameter dalam mengidentifikasi perubahan garis pantai yang terjadi. Data yang diperoleh dari *Sea Level UNESCO* kemudian diolah lebih lanjut menggunakan perangkat lunak Excel yang telah dilengkapi dengan perhitungan *Admiralty*. Metode perhitungan *Admiralty* sendiri memanfaatkan analisis komponen-komponen harmonik yang berasal dari data pasang surut untuk melakukan prediksi ketinggian muka air laut di lokasi penelitian.

Setelah perhitungan *admiralty* dilakukan, maka didapatkan nilai amplitudo yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai bilangan *formzahl*. Bilangan *formzahl* memiliki range tertentu untuk menentukan tipe pasang surut suatu wilayah yang dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Tipe Pasang Surut Berdasarkan Bilangan *Formzahl*

Nilai <i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut	Keterangan
$0,00 < F \leq 0,25$	Setengah Harian (<i>Semidiurnal</i> / Ganda)	➤ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut ➤ Bentuk gelombang simetris
$0,025 < F \leq 1,50$	Campuran dengan tipe ganda lebih menonjol (Condong ganda)	➤ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut ➤ Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong <i>semidiurnal</i>
$1,50 < F \leq 3,00$	Campuran dengan tipe tunggal lebih menonjol (Condong tunggal)	➤ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut ➤ Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong diurnal
$F > 3,00$	Harian (Tunggal)	➤ Dalam sehari terjadi sekali pasang dan sekali surut

Menurut Wibisono (2005) dalam (Surinati, 2007) menyatakan bahwasannya terdapat tiga tipe dasar pasang surut yang dibedakan berdasarkan periode dan keteraturannya.

- a. *Diurnal tides*, atau pasang surut harian tunggal adalah fenomena pasang surut di mana permukaan air laut hanya mencapai titik tertinggi (pasang) dan terendah (surut) satu kali dalam periode waktu sekitar 24 jam.
- b. *Semidiurnal tides*, merupakan jenis pasang surut di mana permukaan air laut mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam kurun waktu sekitar 24 jam.

- c. *Mixed tides*, jenis pasang surut yang merupakan gabungan antara pasang surut harian tunggal dan harian ganda. Jadi, dalam satu hari, bisa terjadi dua kali pasang-surut atau hanya sekali pasang-surut.

2.5 Abrasi dan Akresi

Garis pantai mengalami perubahan dinamis akibat berbagai proses alam dan aktivitas manusia. Proses alami seperti pergerakan sedimen, arus laut, dan gelombang secara terus-menerus mengubah bentuk pantai. Fenomena abrasi (pengikisan) dan akresi (penambahan) merupakan contoh perubahan garis pantai yang disebabkan oleh faktor-faktor tersebut. Selain itu, aktivitas manusia seperti pembangunan di kawasan pantai juga turut mempengaruhi perubahan garis pantai (Arief dkk., 2011).



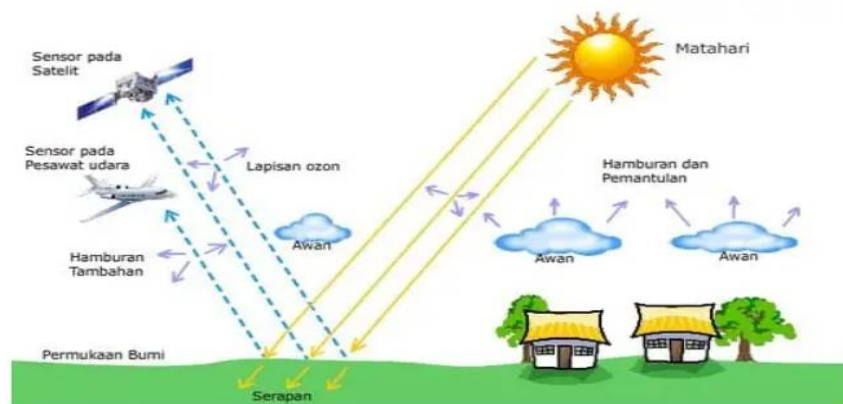
Gambar 5. Abrasi (Ningsih dkk., 2025).



Gambar 6. Akresi (Media Tata Ruang, 2021)

2.6 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh ialah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisa data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah, atau gejala yang dikaji (Lillesand dkk., 2016).



Gambar 7. Ilustrasi Penginderaan Jauh (Kurniawan, 2021).

Pengumpulan data dalam penginderaan jauh dilakukan dari jarak jauh dengan menggunakan sensor buatan. Dengan melakukan analisis terhadap data yang terkumpul ini dapat diperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau gejala yang dikaji. Karena pengindraannya dilakukan dari jarak jauh, diperlukan tenaga penghubung yang membawa data tentang obyek ke sensor. Data tersebut dapat dikumpulkan dan direkam dengan tiga cara, yakni dengan berdasarkan atas variasi : (1) distribusi daya (*force*), (2) distribusi gelombang bunyi, dan (3) distribusi tenaga elektromagnetik. Objek, daerah, atau gejala di permukaan bumi dapat dikenali pada hasil rekamannya karena masing-masing mempunyai karakteristik tersendiri dalam interaksinya terhadap daya, gelombang bunyi, atau tenaga elektromagnetik (Handayani dan Setiyadi, 2003).

2.6.1 Citra Landsat 8

Satelit Landsat 8 memiliki sensor utama hasil pengembangan sensor sebelumnya, yaitu Sensor Operational Land Imager (OLI) terdiri dari 9 band dan Thermal Infrared Sensor (TIRS) terdiri dari 2 band. OLI dan TIRS akan merekam dan

menghasilkan citra berkualitas tinggi. Sensor OLI memiliki 7 band seperti sensor satelit sebelumnya dan 2 band baru. Kedua band yang baru digunakan pada sensor satelit Landsat 8 ini, yaitu *Deep Blue Coastal/Aerosol Band* serta *Shortwave-Infrared Cirrus Band*. Komposisi dari saluran gelombang (band) citra perlu diperhatikan untuk mengetahui karakteristik tata guna lahan di daerah penelitian (Tabel 3).

Tabel 3. Spesifikasi Citra Landsat 8 Yang Digunakan Dalam Penelitian (Loyd, 2013)

Band	Resolusi (m)	Bandwidth (μm)	Kegunaan
1 - <i>Coastal aerosol</i>	30	0,43 - 0,45	Deteksi pesisir dan air laut
2 - <i>Blue</i>	30	0,45 - 0,51	Pemetaan batimetri; membedakan soil dari vegetasi
3 - <i>Green</i>	30	0,53 - 0,59	Deteksi ketahanan vegetasi
4 - <i>Red</i>	30	0,64 - 0,67	Membedakan jenis vegetasi
5 - <i>Near Infrared</i>	30	0,85 - 0,88	Deteksi biomassa dan garis pantai
6 - <i>SWIR 1</i>	30	1,57 - 1,65	Deteksi kelembaban soil & tumbuhan
7 - <i>SWIR 2</i>	30	2,11 - 2,29	Deteksi kelembaban soil & tumbuhan
8 - <i>Panchromatic</i>	15	0,50 - 0,68	Mempertajam citra
9 - <i>Cirrus</i>	30	1,36 - 1,38	Deteksi awan cirrus
10 - <i>TIRS 1</i>	100	10,60 - 11,19	Deteksi panas/sebaran temperatur
11 - <i>TIRS 2</i>	100	11,50 - 12,51	Deteksi panas/sebaran temperatur

Meskipun citra Landsat memiliki resolusi spasial 30 meter, data ini tetap layak digunakan untuk menganalisis perubahan garis pantai, terutama pada wilayah yang mengalami perubahan berskala besar seperti kawasan reklamasi di Pantai Utara Jakarta. Citra Landsat memiliki keunggulan dalam kontinuitas temporal sejak tahun 1980-an, ketersediaan data gratis, serta konsistensi sensor yang memungkinkan analisis multitemporal tanpa bias antar sensor. Berbagai penelitian juga

menunjukkan bahwa resolusi menengah (10–30 m) sudah cukup akurat untuk mendeteksi perubahan garis pantai dalam skala regional, khususnya bila perubahan yang diamati mencapai puluhan hingga ratusan meter akibat aktivitas manusia seperti reklamasi (Xu, 2018). Selain itu, metode pengolahan seperti *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dan analisis transek menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) mampu meningkatkan ketelitian ekstraksi batas darat-laut melebihi batas nominal piksel. Dengan demikian, citra Landsat 8 dapat dijadikan sumber data yang representatif untuk mendeteksi tren perubahan garis pantai secara umum, sekaligus sebagai tahap awal sebelum dilakukan validasi lebih lanjut dengan data resolusi tinggi atau survei lapangan.

2.6.2 *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) adalah suatu perangkat lunak tambahan yang bekerja pada perangkat lunak GIS yang dikembangkan oleh ESRI dan USGS yang dapat diperoleh secara gratis. *Digital Shoreline Analysis System* digunakan untuk menghitung perubahan posisi garis pantai, DSAS juga dapat digunakan untuk setiap perubahan batas lain dengan rentang waktu yang jelas. Perhitungan perubahan garis pantai, DSAS menggunakan titik sebagai acuan pengukuran, dimana titik dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat oleh pengguna dengan garis-garis pantai berdasarkan waktu.

DSAS dapat melakukan perhitungan berikut ini :

- a. SCE (*Shoreline Change Envelope*) adalah cara untuk mengukur seberapa jauh garis pantai berubah secara keseluruhan. Metode ini memperhitungkan semua posisi garis pantai yang ada, tanpa melihat kapan perubahan itu terjadi (Thieler dkk., 2009).
- b. NSM (*Net Shoreline Movement*) adalah mengukur jarak perubahan garis pantai antara garis pantai yang terlama dengan garis pantai terbaru (Wicaksono dkk, 2020).

$$\text{Rumus NSM} = T2 - T1 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

T2 = Posisi garis pantai pada waktu T2

T1 = Posisi garis pantai pada waktu T1

2.6.3 Normalized Difference Water Index (NDWI)

Metode *Normalized Difference Water Index* (NDWI) merupakan metode yang digunakan untuk membandingkan tingkat kebasahan pada citra satelit, metode NDWI menggunakan *band 3 (Green)* digunakan untuk menilai kekuatan tanaman dan tubuh air dan *band 5 (NIR)* untuk menekankan kandungan biomassa (Hernoza dkk., 2020).

NDWI dirumuskan sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{Band3(Green) - Band5(NIR)}{Band3(Green) + Band5(NIR)} \dots\dots\dots(2)$$

2.6.4 Root Mean Square Error (RMSE)

Root mean square error (RMSE) sering digunakan dalam ilmu iklim, saat meramalkan kejadian di masa depan, dan dalam menganalisis hubungan antara berbagai variabel (Ismunarti dkk., 2020). Angka RMSE menunjukkan seberapa besar perbedaan antara nilai yang kita perkirakan dengan nilai yang sebenarnya terjadi. Semakin kecil nilai RMSE, semakin akurat prediksi kita. RMSE dihitung berdasarkan persamaan :

$$\Delta X_i = X_{model,i} - X_{existing,i}, \Delta Y_i = Y_{model,i} - Y_{existing,i} \dots\dots\dots(3)$$

Selanjutnya, nilai kuadratnya dijumlahkan secara spasial :

$$Error_i^2 = (\Delta X_i)^2 + (\Delta Y_i)^2$$

Keterangan

ΔX_i = Selisih Koordinat X untuk titik ke-1

ΔY_i = Selisih Koordinat Y untuk titik ke-1

$X_{model,i}$ = Koordinat X dari hasil pengolahan/model

$X_{existing,i}$ = Koordinat Y dari hasil data acuan

$Y_{model,i}$ = Koordinat Y dari hasil pengolahan/model

$Y_{existing,i}$ = Koordinat Y dari acuan

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

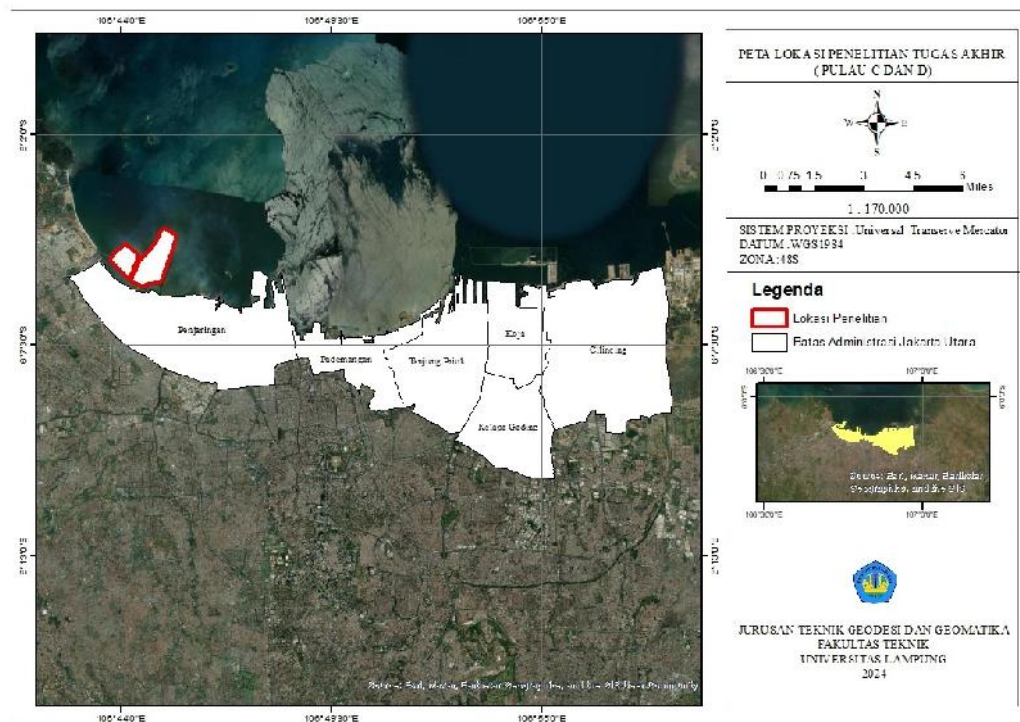
Lokasi penelitian berada di Provinsi DKI Jakarta. Kota Jakarta Utara memiliki luas wilayah sebesar 147,21 km², dengan jumlah penduduk di Jakarta Utara sekitar 1.815.606 jiwa, dan jumlah penduduk yang mengalami pertumbuhan 0,54% pertahunnya (BPS, 2024). Daerah penelitian berlokasi di Pulau C dan Pulau D, yaitu pulau hasil reklamasi di Teluk Jakarta yang berada di wilayah Jakarta Utara, tepatnya di sebelah utara Pantai Indah Kapuk dan berbatasan langsung dengan Laut Jawa.

Sebelum reklamasi dimulai pada tahun 2014, area ini merupakan perairan laut dangkal. Setelah proses penimbunan, wilayah tersebut berubah menjadi daratan buatan yang kini memiliki infrastruktur dan permukaan lahan stabil. Bagian utara Pulau C dan D berbatasan dengan Laut Jawa, bagian selatan dengan Pantai Indah Kapuk, bagian barat dengan Muara Kamal, dan bagian timur dengan Pulau G. Saat ini, Pulau C dan D menjadi contoh nyata perubahan garis pantai akibat reklamasi di kawasan pesisir Jakarta.

Luas wilayah hasil reklamasi di Pantai Utara Jakarta menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2014, luas daratan hasil reklamasi tercatat sebesar 322,78 hektar, kemudian meningkat menjadi 413,77 hektar pada tahun 2019, dan kembali bertambah hingga mencapai 457,93 hektar pada tahun 2024. Peningkatan luasan daratan tersebut menunjukkan adanya aktivitas reklamasi yang berkelanjutan di wilayah pesisir utara Jakarta selama kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Perubahan ini juga mengindikasikan bahwa proses pembangunan di

kawasan pesisir memiliki pengaruh signifikan terhadap dinamika garis pantai di area penelitian.

Sebagai langkah selanjutnya, diperlukan data dan peralatan pendukung untuk mengidentifikasi serta menganalisis perubahan garis pantai tersebut secara lebih akurat, sebagaimana dijelaskan pada subbab berikutnya.



Gambar 8. Lokasi Penelitian

3.2 Tahapan Persiapan Penelitian

Tahap persiapan pada penelitian ini bertujuan agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan disertai dengan perencanaan yang baik. Persiapan yang diperlukan meliputi :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui penelitian serta memahami metode yang akan dipakai. Pada penelitian ini studi literatur yang digunakan dengan referensi penelitian terdahulu dan jenis penelitian yang berkaitan dengan masalah dalam penelitian ini.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Melakukan persiapan terhadap alat dan bahan yang akan dipakai dalam penelitian ini.

3.2.1 Alat dan Data Penelitian

Alat penelitian yang digunakan untuk keperluan penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu:

1. Perangkat keras (*Hardware*)
 - a. System manufacturer: MSI gf63 9rc
 - b. Sistem Operasi: Windows 11 64-bit
 - c. *Processor*: Intel CORE i7- 9th Gen
 - d. RAM: 8GB DDR4
2. Perangkat lunak (*software*)
 - a. *Microsoft Office Word* 2016 digunakan untuk penyusunan laporan.
 - b. *Microsoft Office Excel* 2016 untuk menghitung nilai pasut dan perhitungan data lainnya
 - c. Perangkat lunak GIS untuk digitasi *on-screen* dan pengolahan dengan *add-ons* DSAS serta layout hasil.

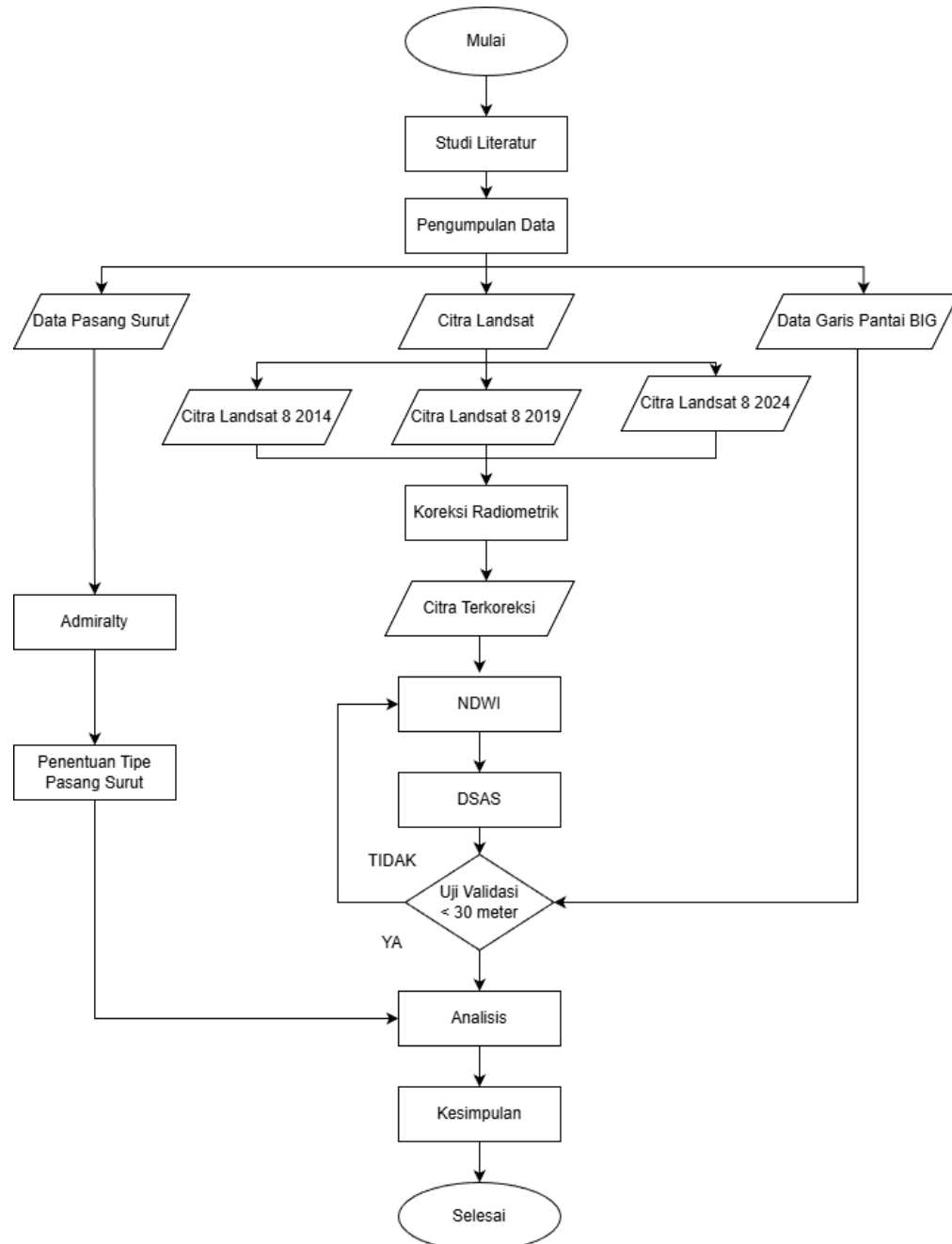
Bahan yang diperlukan dalam penelitian sebagai berikut:

Tabel 4. Data Penelitian

No	Data	Format	Sumber & Tahun
1.	Pasang Surut	Word/Excel	BIG (2014, 2019, 2024)
2.	Citra Satelit Landsat 8	Tiff	USGS (2014, 2019, 2024)
4	Peta Garis Pantai	SHP	BIG 2021

3.3 Diagram Alir Pengolahan Data

Penelitian Analisis Pengaruh Pembangunan Reklamasi Terhadap Perubahan Garis Pantai Provinsi DKI Jakarta Pada Tahun 2014, 2019, dan 2024 dengan tahapan seperti dijabarkan dalam diagram alir berikut.



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

3.4 Tahap Persiapan

Dalam penelitian ini, tahap persiapan adalah tahap pertama. Pada tahap ini, dibagi menjadi 2 prosedur, yakni studi literatur dan pengumpulan data.

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap yang sangat penting karena menjadi dasar teori dan metode penelitian. Melalui kegiatan ini, peneliti akan memahami konsep-konsep perubahan garis pantai, metode analisis yang relevan (seperti NDWI dan DSAS yang akan digunakan), serta penelitian terdahulu di lokasi atau dengan pendekatan serupa. Studi literatur membantu dalam merumuskan hipotesis, menentukan variabel penelitian, dan memilih metode analisis yang tepat.

3.4.2 Pengumpulan data

Tahap ini memastikan ketersediaan data yang dibutuhkan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Setiap jenis data memiliki peran spesifik:

- a. Data Pasang Surut : Data ini penting untuk mengoreksi posisi garis pantai yang terekam dalam citra satelit. Garis pantai dapat bervariasi tergantung pada kondisi pasang surut saat pengambilan citra. Informasi pasang surut membantu dalam standarisasi dan perbandingan garis pantai dari waktu ke waktu.

Tabel 5. Data Pasang Surut Air Laut April 2014

<i>Time (UTC)</i>	<i>pr2(m)</i>	<i>prs(m)</i>	<i>rad(m)</i>
4/1/2014 0:00	0,646	0,934	6,951
4/1/2014 1:00	0,622	0,918	6,926
4/1/2014 2:00	0,629	0,927	6,94
4/1/2014 3:00	0,652	0,937	6,957
4/1/2014 4:00	0,628	0,919	6,935
4/1/2014 5:00	0,626	0,918	6,927
4/1/2014 6:00	0,582	0,871	6,865
4/1/2014 7:00	0,585	0,889	6,848
4/1/2014 8:00	0,606	0,895	6,872
4/1/2014 9:00	0,639	0,934	6,917
4/1/2014 10:00	0,682	0,972	6,979

Tabel 6. Data Pasang Surut Air Laut Juli 2019

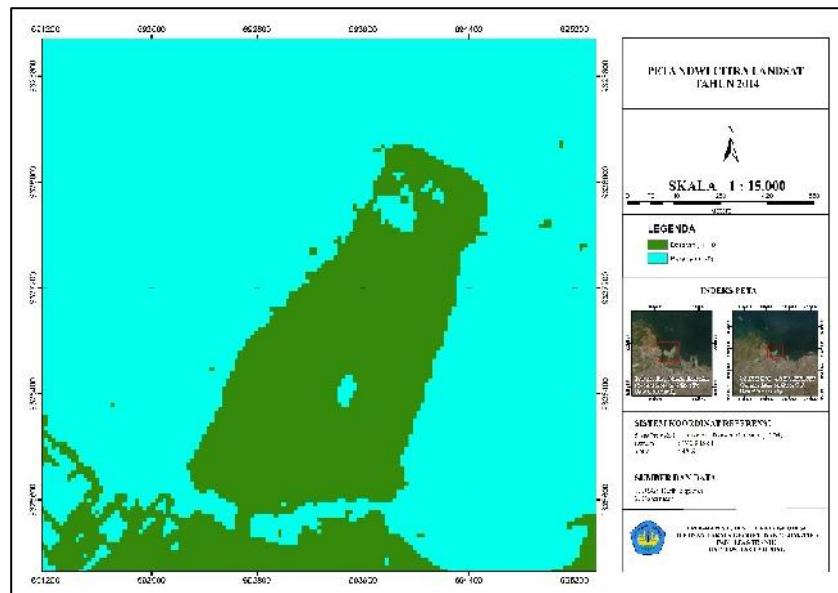
<i>Time (UTC)</i>	<i>pr2(m)</i>	<i>prs(m)</i>	<i>rad(m)</i>
7/1/2019 0:00	-0,085	0,644	6,529
7/1/2019 1:00	-0,047	0,684	6,572
7/1/2019 2:00	0,063	0,788	6,666
7/1/2019 3:00	0,106	0,838	6,712
7/1/2019 4:00	0,159	0,887	6,766
7/1/2019 5:00	0,237	0,963	6,845
7/1/2019 6:00	0,276	1,005	6,882
7/1/2019 7:00	0,328	1,063	6,933
7/1/2019 8:00	0,366	1,099	6,979
7/1/2019 9:00	0,428	1,159	7,029
7/1/2019 10:00	0,511	1,235	7,107

Tabel 7. Data Pasang Surut Air Laut Oktober 2024

<i>Time (UTC)</i>	<i>pr2(m)</i>	<i>prs(m)</i>	<i>rad(m)</i>
10/1/2024 0:00	-4,352	1,071	6,92
10/1/2024 1:00	-4,352	1,202	7,043
10/1/2024 2:00	-4,352	1,219	7,079
10/1/2024 3:00	-4,354	1,204	7,072
10/1/2024 4:00	-4,353	1,215	7,079
10/1/2024 5:00	-4,354	1,238	7,107
10/1/2024 6:00	-4,353	1,158	7,042
10/1/2024 7:00	-4,353	1,149	7,035
10/1/2024 8:00	-4,353	1,129	7,019
10/1/2024 9:00	-4,353	1,152	7,035
10/1/2024 10:00	-4,353	1,125	6,999

- b. Citra Landsat (2014, 2019, 2024) : Citra satelit Landsat dipilih karena resolusi spasial dan spektralnya yang cukup baik untuk analisis perubahan garis pantai dalam skala regional. Pengambilan citra pada beberapa waktu yang berbeda

memungkinkan analisis perubahan dari tahun 2014, 2019, dan 2024.



Gambar 10. Citra Landsat-8 tahun 2014

3.5 Tahap Pengolahan

a. Koreksi Atmosferik (*Dos*)

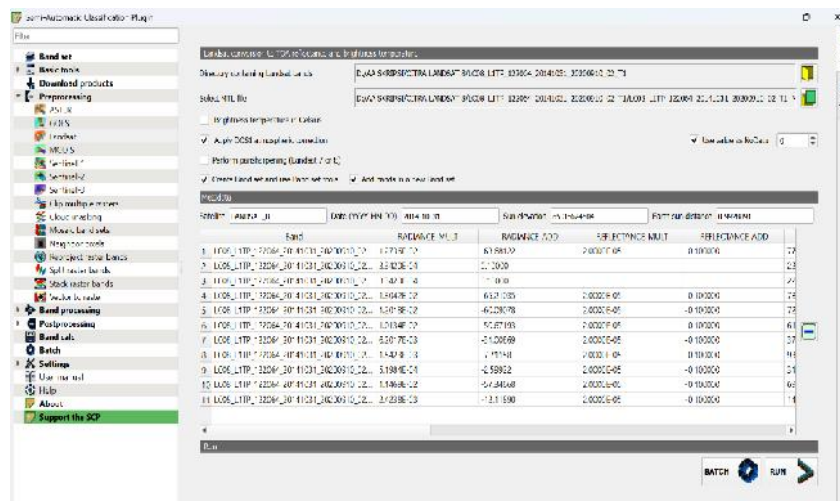
Tahap ini bertujuan untuk memperbaiki distorsi atau kesalahan pada nilai piksel citra satelit yang disebabkan oleh faktor-faktor atmosferik dan sensor. Metode *Dark Object Subtraction (Dos)* adalah salah satu teknik koreksi atmosferik yang umum digunakan untuk mengurangi efek hamburan atmosfer. Hasil dari tahap ini adalah citra yang nilai kecerahannya lebih mendekati nilai reflektansi permukaan bumi yang sebenarnya.

$$LSurface = LTOA - LPath \dots \dots \dots (4)$$

LSurface = Radiansi atau reflektansi permukaan yang sudah terkoreksi

LTOA = Radiansi atau reflektansi di atas atmosfer (*Top-of-Atmosphere*)

LPath = Radiansi hamburan atmosfer atau "*path radiance*"



Gambar 11. Proses koreksi atmosferik pada citra

a. Klasifikasi Badan Air (NDWI): *Normalized Difference Water Index*

(NDWI) adalah indeks spektral yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan area perairan dalam citra satelit. Indeks ini memanfaatkan perbedaan reflektansi antara air dan daratan pada panjang gelombang hijau dan inframerah dekat. Hasil dari klasifikasi NDWI adalah peta yang memisahkan area perairan dari area non-perairan.



Gambar 12. Proses NDWI

Metode *Normalized Difference Water Index* (NDWI) digunakan untuk membedakan antara daerah perairan dan non perairan berdasarkan nilai spektral dari citra satelit. Citra satelit seperti Landsat 8 dapat membedakan area perairan dan non-perairan berdasarkan nilai reflektansi spektral yang direkam oleh sensor pada

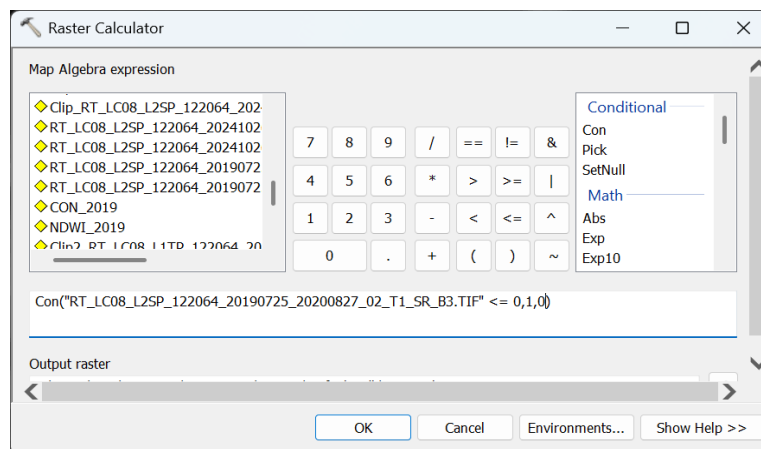
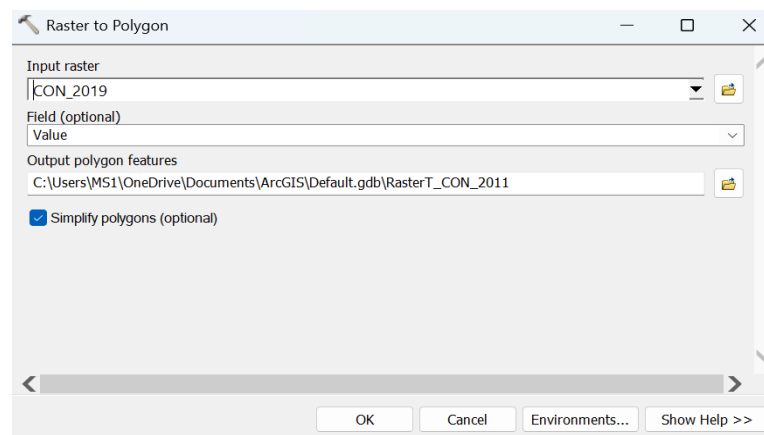
setiap panjang gelombang. Setiap jenis permukaan bumi memiliki karakteristik pantulan energi yang berbeda terhadap spektrum elektromagnetik. Daerah perairan memiliki reflektansi sangat rendah pada band merah (*Band 4*) dan terutama pada band inframerah dekat (*NIR, Band 5*) karena air menyerap sebagian besar energi pada panjang gelombang tersebut. Oleh karena itu, piksel yang mewakili perairan umumnya tampak gelap dan memiliki nilai digital (DN) rendah.

Sebaliknya, daerah non-perairan seperti vegetasi atau tanah terbuka menunjukkan reflektansi tinggi pada band NIR karena daun dan permukaan daratan memantulkan banyak energi pada panjang gelombang tersebut. Piksel dari area daratan atau vegetasi cenderung tampak lebih terang dan memiliki nilai DN yang lebih tinggi dibandingkan perairan.

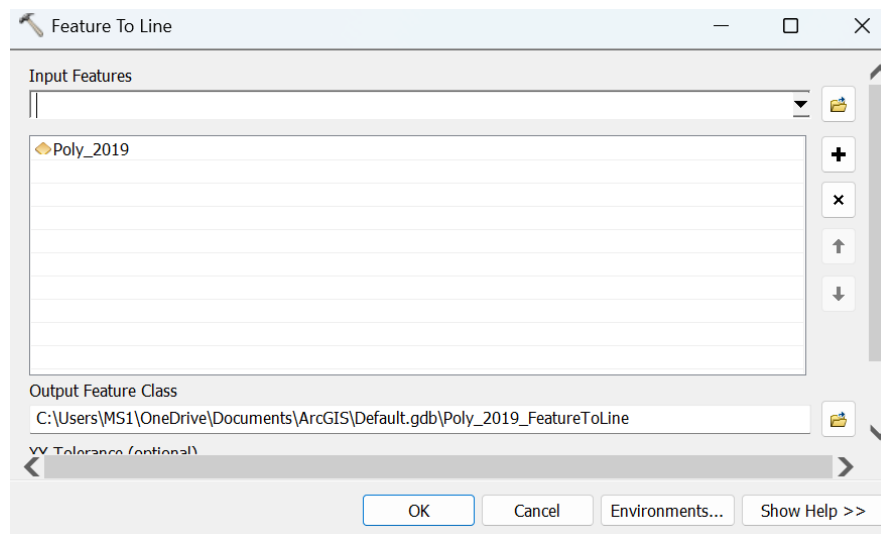
Perbedaan karakteristik reflektansi inilah yang dimanfaatkan dalam metode NDWI untuk memisahkan area air dan daratan. Secara umum, nilai NDWI positif (0 hingga +1) menunjukkan area perairan, sedangkan nilai negatif (-1 hingga 0) menunjukkan area non-perairan. Dengan demikian, perbedaan nilai spektral antar band menjadi dasar utama dalam proses identifikasi dan klasifikasi batas antara darat dan laut pada analisis perubahan garis pantai. (Ouattara dkk., 2025)

b. Pendefinisian darat dan air

Pada penelitian ini akan menggunakan nilai NDWI sebagai dasar untuk membedakan antara perairan dan daratan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, nilai NDWI 1 umumnya menunjukkan perairan, sedangkan nilai 0 menunjukkan daratan. Penelitian ini menetapkan sebuah *threshold* (nilai ambang batas) untuk memisahkan kedua kelas ini.

Gambar 13. Rumus Con (*Condition*)Gambar 14. *Raster to Polygon*

Hasil dari *Raster Calculator* NDWI adalah citra di mana nilai piksel menunjukkan indeks potensi air. Untuk menganalisis perubahan garis pantai, Anda perlu mengidentifikasi batas yang jelas antara air dan non-air. Proses konversi ke poligon, terutama setelah *thresholding*, memungkinkan Anda untuk mendefinisikan batas ini sebagai garis vektor yang tepat.



Gambar 15, *Feature to Line*

Untuk menggunakan data hasil klasifikasi air dalam format poligon di DSAS, Anda perlu mengekstrak batas poligon tersebut menjadi format garis (*polyline*). Proses ini akan menghasilkan garis yang merepresentasikan garis pantai pada waktu tertentu.

c. DSAS (*Digital Shoreline Analysis*)

(DSAS) *Digital Shoreline Analysis System* adalah perangkat lunak untuk menganalisis perubahan posisi garis pantai dari waktu ke waktu. DSAS membutuhkan input berupa vektor garis pantai dari berbagai periode waktu (dalam kasus ini diekstrak dari Citra Landsat 2014, 2019, dan 2024). DSAS akan menghitung berbagai statistik perubahan garis pantai, seperti tingkat abrasi dan akresi. Tahap pertama dari metode DSAS adalah pembuatan *Baseline* yang merupakan garis referensi yang digunakan DSAS untuk membuat transek dan mengukur perubahan garis pantai. *Shoreline* adalah area pertemuan antara daratan dan laut, yang dikenal sebagai garis pantai. *Baseline* dan *shoreline* dibuat untuk menghitung perubahan yang terjadi dari garis awal (*baseline*) guna menganalisis perubahan garis pantai selama 10 tahun terakhir atau perubahan *shoreline*.

New Feature Class

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
SHAPE_Length	Double
ID	Long Integer
DSAS_Group	Long Integer
DSAS_Search	Double

Click any field to see its properties.

Field Properties

Alias	DSAS_Search	
Allow NULL values	Yes	
Default Value		

Gambar 16. *New Feature Class*

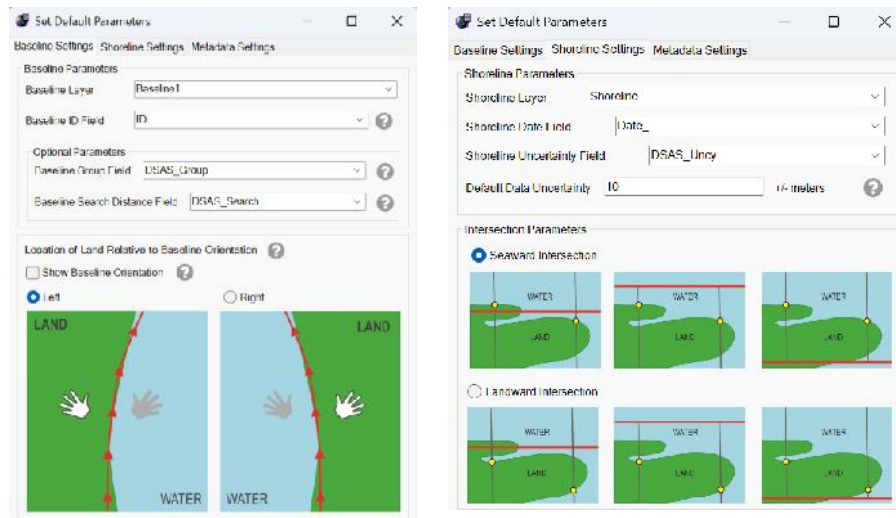
Dalam metode DSAS, *field* pada *feature class* garis pantai berfungsi utama untuk mengidentifikasi garis pantai secara unik, menyimpan informasi lokasi geografisnya, dan yang terpenting, mencantumkan tanggal atau tahun akuisisi yang krusial bagi DSAS untuk melakukan analisis perubahan garis pantai dari waktu ke waktu. Lalu gabungkan 3 garis pantai yang sudah dibuat menjadi polyline. Selanjutnya adalah masuk ke menu *Attribute Automater* untuk mempermudah dan mempercepat proses pengisian atau pembaruan atribut yang diperlukan dalam *feature class* garis pantai dan *baseline*. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk secara otomatis mengisi nilai pada *field-field* penting seperti tanggal (*DSAS_DATE*) dan nilai ketidakpastian (*DSAS_UNCY*) berdasarkan pola atau aturan tertentu, sehingga mengurangi kesalahan manual dan meningkatkan efisiensi dalam persiapan data sebelum analisis perubahan garis pantai dijalankan.

d. Penentuan perubahan garis pantai

Setelah dianalisis menggunakan DSAS, data abrasi dan akresi akan digabungkan (*overlay*) dengan *geodatabase* "Shoreline" yang telah tersedia. Tujuan dari proses integrasi ini adalah untuk memberikan nilai bobot pada data sehingga perhitungan perubahan garis pantai selama 10 tahun terakhir menjadi lebih presisi. Proses ini terdiri atas sejumlah langkah.

1. Set Default Parameters

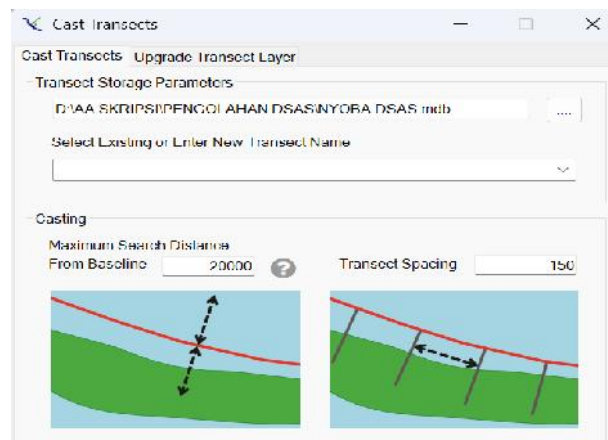
Untuk mengoperasikan program DSAS, konfigurasi parameter yang akurat sangat diperlukan. Parameter *baseline* dan garis pantai (*shoreline*) merupakan dua atribut krusial. Kesalahan dalam pengaturan parameter ini akan menghambat pemrosesan data oleh program dan menggagalkan pembentukan keluaran yang diharapkan.



Gambar 17. Pengaturan *Baseline* dan *Shorline*

2. Cast Transect

Dalam studi ini, interval antar transek ditetapkan sebesar 150 meter. Jarak ini akan membagi garis pantai menjadi segmen-segmen yang seragam, masing-masing sepanjang 150 meter. Setiap transek yang terbentuk memiliki dua dimensi utama: lebar (jarak antar transek) dan panjang (jarak dari garis awal pengukuran (*baseline*) hingga garis pantai tahun 2024), yang merepresentasikan besarnya perubahan garis pantai.

Gambar 17. *Cast Transect*

3. Calculate Rates

Setelah menentukan parameter, langkah selanjutnya adalah memilih metode analisis yang akan digunakan. DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) menyediakan beberapa metode, namun dalam penelitian ini akan terfokus pada dua metode utama yaitu NSM dan SCE. Dalam metode DSAS, NSM (*Net Shoreline Movement*) berfungsi untuk mengukur total jarak perubahan garis pantai antara garis pantai tertua dan terbaru pada setiap transek, memberikan gambaran keseluruhan mengenai besarnya erosi atau akresi selama periode waktu analisis. Sementara itu, SCE (*Shoreline Change Envelope*) mengidentifikasi jangkauan spasial dari seluruh posisi garis pantai yang terdeteksi pada setiap transek, menunjukkan area terluas yang pernah dicakup oleh perubahan garis pantai tanpa memberikan informasi mengenai tren atau tingkat perubahannya.

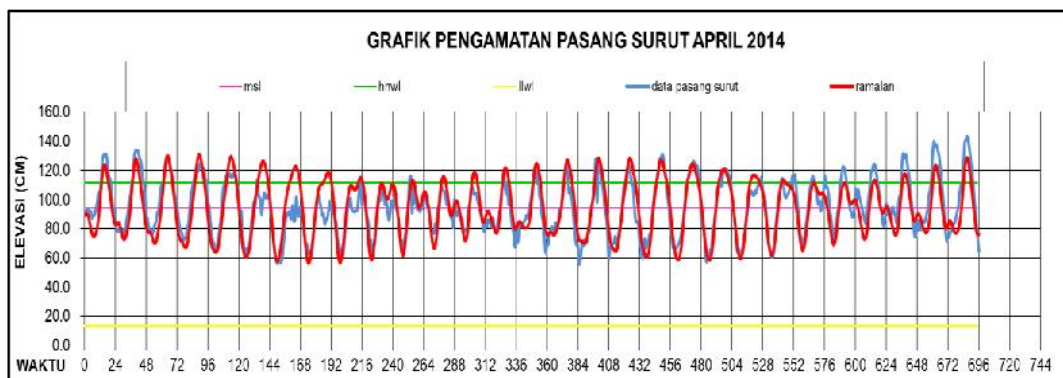
Tabel 8. Hasil Perhitungan Pada DSAS

object identifier *	TCD	SHAPE_Length	SCE (m)	NSM (m)
1	0	1581,042	21,49	-21,49
2	150	1597,364	125,21	-125,21
3	300	1623,507	188,68	-188,68
4	450	1479,265	2885,39	2877,58
5	600	1396,702	2708,13	2708,13
6	750	1423,115	84,61	-84,61
7	900	1288,12	56,27	-56,27
8	1050	1282,529	83,37	-83,37
9	1200	1139,483	5,35	-5,35
10	1350	1094,047	1777,19	-1777,19

e. Pasang surut air laut

Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari laman *Sea Level UNESCO* untuk tahun 2014, 2019, dan 2024. Data berupa tinggi muka air laut harian dengan interval pencatatan satu jam. Data tersebut kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel* dengan perhitungan metode *Admiralty*. Pengolahan dilakukan untuk memprediksi tinggi muka air laut pada waktu perekaman citra Landsat. Melalui metode *Admiralty*, diperoleh nilai elevasi muka air laut serta pola pasang surut harian di lokasi penelitian.

Dalam penelitian ini, data pasang surut tidak digunakan untuk menghitung perubahan garis pantai secara langsung, tetapi untuk mengetahui kondisi muka air laut saat citra diambil, apakah berada pada kondisi pasang atau surut. Informasi ini digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam interpretasi posisi garis pantai, sehingga pergeseran garis pantai yang terdeteksi tidak dipengaruhi oleh perbedaan kondisi pasang surut sesaat. Hasil pengolahan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik pasang surut untuk mempermudah identifikasi waktu pasang tertinggi dan surut terendah pada masing-masing tahun pengamatan.



Gambar 19. Pasang surut april 2014

3.6 Tahap Analisis

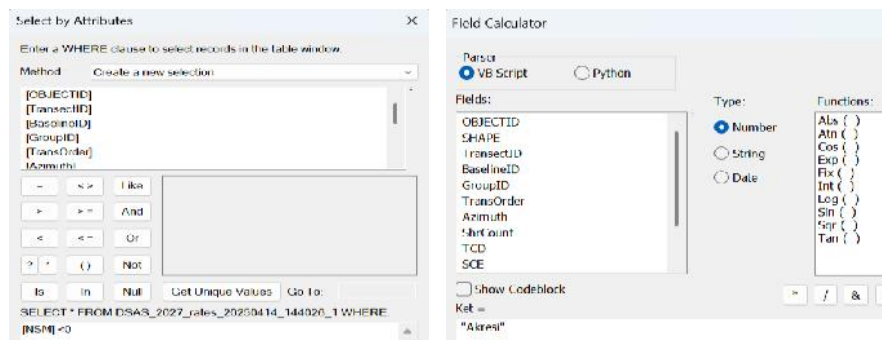
Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yakni perubahan garis pantai selama sepuluh tahun terakhir.

1. Perubahan Garis Pantai

Metode DSAS diterapkan untuk mengkuantifikasi besarnya perubahan yang terjadi pada setiap garis pantai yang dianalisis. Hasil dari pengolahan data ini selanjutnya dianalisis untuk menghasilkan peta perubahan garis pantai serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab perubahan tersebut melalui serangkaian tahapan sistematis.

a. Query Nilai NSM

Tujuan utama dari perhitungan NSM adalah untuk mengategorikan wilayah pantai berdasarkan tren perubahannya. Wilayah dengan nilai NSM negatif (<0) mengalami pengendapan sedimen/akresi, sementara wilayah dengan nilai NSM positif (>0) mengalami pengikisan pantai/abrasi.



Gambar 20. Query Nilai NSM

b. Konversi *line* menjadi *polygon*

Analisis perubahan luasan garis pantai dilakukan dengan terlebih dahulu mengkonversi data garis pantai tahun 2014, 2019, dan 2024 menjadi format poligon. Proses konversi ini melibatkan penambahan garis penghubung antar titik ujung garis pantai. Poligon-poligon yang terbentuk kemudian dimanfaatkan untuk menghitung luas area pantai pada setiap periode waktu pengamatan. Dengan membandingkan luas poligon pada tahun yang berbeda, daerah yang mengalami abrasi maupun akresi dapat diidentifikasi luasannya.

c. *Overlay union*

Operasi *overlay union* diaplikasikan pada data poligon garis pantai yang telah

diubah formatnya untuk membentuk sebuah lapisan data baru yang menyatukan semua poligon dari berbagai periode waktu. Hasil dari proses ini adalah terbentuknya poligon-poligon baru yang merepresentasikan area gabungan dari poligon yang saling beririsan. Demi kemudahan analisis, setiap poligon hasil penggabungan dilengkapi dengan atribut 'Tahun' yang menyimpan informasi tahun pengamatannya, memungkinkan *query data overlay* untuk mengidentifikasi dinamika perubahan garis pantai.

d. *Query* dan analisis data

Analisis atribut dilakukan terhadap poligon hasil *overlay*. Poligon yang memiliki data untuk tahun 2014 dan 2024 mengidentifikasi wilayah akresi, yaitu penambahan luas daratan. Sebaliknya, poligon dengan nilai 0 menunjukkan wilayah akresi atau penambahan luas daratan. Namun, interpretasi ini krusial untuk dikaitkan dengan posisi garis *baseline*. Jika *baseline* berada di laut, maka poligon berisi data tahun mengindikasikan abrasi, dan poligon bernilai 0 mengindikasikan abrasi.

e. Luas perubahan daratan

Perhitungan besarnya perubahan luas daratan akibat pergeseran garis pantai akan dilakukan melalui fitur *field calculator* pada perangkat lunak SIG. Sebuah kolom baru dengan nama 'Luas Perubahan' akan dibuat untuk menyimpan nilai selisih luas antara poligon garis pantai tahun 2024 dan 2014, dengan satuan hektar.

Tabel 9. Luas Perubahan Tahun 2014 – 2024

FID *	Shape *	Tahun	Keterangan	Luasan
1	<i>Polygon</i>	2014	Akresi	39.22576
2	<i>Polygon</i>	2024	Akresi	169.0231

3.7 Uji Validasi *Root Mean Square Error* (RMSE)

Uji validasi garis pantai dilakukan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui tingkat ketelitian hasil digitasi garis pantai terhadap data pembandingan atau titik validasi yang diperoleh dari BIG. Metode RMSE digunakan

untuk menghitung rata-rata penyimpangan kuadrat antara posisi hasil pengolahan dengan posisi sebenarnya, sehingga nilai RMSE dapat menggambarkan besarnya kesalahan spasial pada hasil delineasi garis pantai.

3.7.1 Penentuan Titik Sampel *Slovin*

Penentuan jumlah titik uji validasi dilakukan menggunakan Metode *Slovin*. Metode ini digunakan untuk menentukan ukuran sampel ketika jumlah populasi diketahui, namun variasi datanya belum diketahui secara pasti. Rumus *Slovin* digunakan untuk memperoleh jumlah sampel yang representatif dari populasi dengan tingkat kesalahan tertentu, yaitu sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \dots\dots\dots (5)$$

dengan keterangan :

n = jumlah sampel,

N = jumlah populasi, dan

e = tingkat kesalahan (*margin of error*)

Sumber : (Bobbitt, 2023)

Pada penelitian ini, populasi (N) ditentukan berdasarkan panjang garis pantai hasil digitasi, yang kemudian dibagi dengan interval dasar (dmin) untuk memperoleh jumlah unit populasi yang mewakili seluruh garis pantai. Interval dasar ditetapkan sebesar 150 meter, menyesuaikan dengan jarak antar transek yang digunakan dalam analisis perubahan garis pantai. Nilai populasi dihitung dengan rumus:

$$N = \frac{L}{dmin} \dots\dots\dots (6)$$

dengan L = panjang total garis pantai (meter) dan dmin = jarak minimum antar titik sampling. Berdasarkan panjang garis pantai sebesar 16.422 meter, maka jumlah populasi diperoleh sebesar:

$$N = \frac{16.422}{150} = 109,48 = 110$$

Selanjutnya, ukuran sampel dihitung menggunakan rumus *Slovin* dengan tingkat kesalahan $e = 0,10$ (10%), sehingga:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{110}{1 + 110(0,10)^2} \\
 &= \frac{110}{1 + 110 (0,01)} \\
 &= \frac{110}{1 + 1,10} \\
 &= \frac{110}{2,10} \\
 &= 52,38
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tersebut dibulatkan ke atas menjadi 53 titik uji validasi. Interval penempatan titik validasi kemudian dihitung berdasarkan panjang total garis pantai dan jumlah sampel yang diperoleh, yaitu:

$$Interval = \frac{16.422}{53} = 309,9 \text{ meter}$$

Dengan demikian, titik validasi ditempatkan secara sistematis dengan jarak antar titik sekitar 310 meter, dimulai dari titik acak pertama di sepanjang garis pantai. Pendekatan sistematis dengan *random start* dipilih untuk memastikan sebaran titik validasi merata dan representatif di seluruh segmen garis pantai (Wagenaar, 2004). Metode Slovin dipilih karena sederhana, efisien, dan dapat menyesuaikan jumlah sampel dengan tingkat presisi yang diinginkan serta keterbatasan waktu dan sumber daya lapangan.

3.7.2 Root Mean Square Error (RMSE)

Hasil perhitungan titik sampel RMSE adalah 53 titik sampel. Setiap titik digunakan untuk menghitung perbedaan koordinat X dan Y dengan rumus:

$$\Delta X_i = X_{model,i} - X_{existing,i}, \Delta Y_i = Y_{model,i} - Y_{existing,i} \dots \dots \dots (7)$$

Selanjutnya, nilai kuadratnya dijumlahkan secara spasial:

$$Error_i^2 = (\Delta X_i)^2 + (\Delta Y_i)^2 \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

ΔX_i = Selisih Koordinat X untuk titik ke-1

ΔY_i = Selisih Koordinat Y untuk titik ke-1

$X_{model,i}$ = Koordinat X dari hasil pengolahan/model

$X_{existing,i}$ = Koordinat Y dari hasil data acuan

$Y_{model,i}$ = Koordinat Y dari hasil pengolahan/model

$Y_{existing,i}$ = Koordinat Y dari acuan

Dalam konteks penginderaan jauh dan pemetaan geospasial, RMSE sering digunakan untuk mengukur sejauh mana lokasi garis pantai model mendekati kebenaran lapangan. Nilai RMSE yang rendah menunjukkan kesesuaian spasial yang tinggi, sedangkan nilai yang tinggi mengindikasikan adanya penyimpangan signifikan. Karena RMSE merupakan akar dari rata-rata kuadrat selisih, metrik ini sangat sensitif terhadap outlier dan menyajikan gambaran robust terhadap kesalahan ekstrem, sehingga cocok untuk evaluasi akurasi citra satelit dan peta digital.

3.8 Uji Validasi Terhadap Pasang Surut

Uji validasi dilakukan untuk memastikan bahwa perubahan garis pantai pada citra satelit tahun 2014, 2019, dan 2024 bukan disebabkan oleh perbedaan kondisi pasang surut saat pengambilan citra. Validasi dilakukan dengan membandingkan nilai pasang surut pada pukul 10.00 UTC untuk setiap tahun, berdasarkan data tide gauge Kolinamil Jakarta. Analisis meliputi penentuan kondisi pasut saat citra direkam, perhitungan selisih pasut (Δ Pasut) dan selisih pergeseran garis pantai (Δ Pergeseran), serta perbandingan rasio keduanya untuk menilai seberapa besar pengaruh pasut terhadap perubahan garis pantai.. (Falahudin dkk., 2020).

Selain itu, nilai rentang pasut harian (*Vertical Tidal Range*) dihitung dari selisih pasut maksimum dan minimum pada hari yang sama. Rasio antara Δ Pergeseran dan Rentang Harian ini digunakan sebagai indikator tambahan: apabila nilai rasio jauh lebih besar dari 1, maka dapat disimpulkan bahwa perubahan garis pantai tidak

semata-mata disebabkan oleh pasang surut, melainkan oleh faktor lain se reklamasi atau abrasi-akresi alami (Purnamasari dkk., 2022).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai “Analisis Perubahan Garis Pantai Terhadap Reklamasi Pada Tahun 2014, 2019, dan 2024 (Studi Kasus : Pantai Utara Jakarta)”, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kondisi garis pantai di Pantai Utara Jakarta pada tahun 2014, 2019, dan 2024 mengalami perubahan yang cukup signifikan. Pada tahun 2014 luas wilayah tercatat sebesar 322,79 hektar, meningkat menjadi 407,07 hektar pada tahun 2019, dan kembali bertambah menjadi 457,94 hektar pada tahun 2024. Secara keseluruhan terjadi penambahan luas sebesar 135,15 hektar selama periode 2014–2024. Hasil analisis DSAS menggunakan parameter *Net Shoreline Movement* (NSM) menunjukkan rata-rata abrasi sebesar 33,07 meter dan akresi sebesar 40,62 meter, yang menandakan bahwa perubahan garis pantai didominasi oleh proses akresi akibat kegiatan reklamasi.
2. Kegiatan reklamasi terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan garis pantai. Proses reklamasi telah menyebabkan terbentuknya daratan baru yang mendorong terjadinya akresi buatan, sehingga mengubah dinamika alami garis pantai. Hal ini berdampak pada perubahan morfologi pantai, pergeseran batas laut-darat, serta berkurangnya ekosistem pesisir alami di sekitar lokasi reklamasi. Hasil uji validasi menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) antara data pengolahan DSAS (Landsat 8) dan data pembandingan dari BIG menunjukkan nilai rata-rata RMSE sebesar 16,14 meter. Nilai ini menandakan bahwa tingkat keakuratan data pengolahan cukup baik dan dapat dipercaya untuk menggambarkan perubahan garis pantai yang terjadi. Dengan demikian, reklamasi memiliki pengaruh nyata terhadap perubahan garis pantai, baik secara fisik maupun ekologis.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan citra satelit resolusi tinggi seperti *Sentinel-2* atau *PlanetScope* agar ketelitian spasial dan temporal menjadi lebih baik. Selain itu, frekuensi pemantauan dapat ditingkatkan (misalnya tahunan atau semesteran) sehingga perubahan jangka pendek maupun musiman dapat teridentifikasi lebih jelas. Sebagai penguatan hasil analisis, kegiatan validasi lapangan secara langsung juga dapat dilakukan secara terarah guna memberikan konfirmasi tambahan terhadap interpretasi citra yang telah diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. G. P. S., Arsana, I. M. A., dan Sumaryo. 2009. *Delimitasi batas maritim antara Provinsi Bali dan Provinsi Nusa Tenggara Barat: Sebuah kajian teknis*. Prosiding Seminar Nasional: Revitalisasi Data dan Informasi Keruangan (Geospasial) untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Potensi Sumber Daya Daerah.
- Aniendra, A. 2020. *Analisis perubahan garis pantai dan hubungannya dengan land subsidence menggunakan aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Studi kasus: wilayah pesisir Kota Semarang)*. Jurnal Geodesi Undip, 9(4). <https://doi.org/10.14710/jgundip.2020.26027>.
- Arief, M., Winarso, G., & Prayogo, T. 2011. Kajian perubahan garis pantai menggunakan data satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 8.
- Arifin, M., Awaluddin, M., & Yuwono, B. D. 2020. *Analisis pengaruh perubahan garis pantai terhadap batas pengelolaan wilayah laut daerah Provinsi DKI Jakarta*. Jurnal Geodesi Undip, 9(3).
- Bobbitt, Z. 2023. What is Slovin's Formula? (Definition & Example). *Slovin's Formula Definition*. BPS Provinsi DKI Jakarta. (2024). *Provinsi DKI Jakarta dalam angka*.
- Damanik, M. R. S., Awaluddin, M., & Nugraha, A. L. 2019. *Analisis pengaruh perubahan garis pantai terhadap pengelolaan wilayah laut daerah Kabupaten dan Kota Pekalongan*. Jurnal Geodesi Undip, 8(4).

- Evita, L., Rofiq, H., & Prasetyo, K. F. 2019. Penyuluhan hukum penyelesaian sengketa lingkungan kepada siswa SMK Muhammadiyah 1 Jakarta. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 81–86.
- Falahudin, M., Irawan, D. E., & Pratama, A. R. 2020. Analisis perubahan garis pantai akibat pasang surut dan dampaknya terhadap pemetaan wilayah pesisir. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2), 101–110.
- Gaol, H. L., Helmi, M., & Satriadi, A. 2025. Analisis perubahan garis pantai wilayah pesisir menggunakan metode DSAS di Pantai Tirang, Tugurejo Kota Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 7(1), 21–31. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v7i1.25459>
- Halder, B., Ameen, A. M. S., Bandyopadhyay, J., Khedher, K. M., & Yaseen, Z. M. 2022. The impact of climate change on land degradation along with shoreline migration in Ghoramara Island, India. *Physics and Chemistry of the Earth*.
- Handayani, D., & Setiyadi, A. 2003. Remote sensing penginderaan jauh. *Jurnal Edisi Mei*, 7(2), 113–120.
- Hantono, D. 2019. Pasar informal dan wajah kota di Indonesia. In *Antologi Kota Indonesia* (pp. 131–144).
- Hernoza, F., Susilo, B., & Erlansari, A. 2020. Pemetaan daerah rawan banjir menggunakan penginderaan jauh dengan metode NDVI, NDWI, dan SAW (Studi kasus: Kota Bengkulu). *Jurnal Rekursif*, 9(2), 144–152.
- Ismunarti, D. H., Zainuri, M., Sugianto, D. N., & Saputra, S. W. 2020. Pengujian reliabilitas instrumen terhadap variabel kontinu untuk pengukuran konsentrasi klorofil-a perairan. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.14710/buloma.v9i1.23924>
- Istiqomah, F., Awaluddin, M., & Sasmito, B. 2016. *Pemantauan perubahan garis pantai menggunakan aplikasi Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Studi kasus: pesisir Kabupaten Demak)*. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1). <https://doi.org/10.14710/jgundip.2016.10559>

- Kirby, K., Ferguson, S., Rennie, C. D., Cousineau, J., & Nistor, I. 2024. *Identification of the best method for detecting surface water in Sentinel-2 multispectral satellite imagery. Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 36, 101367. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101367>
- Kurniawan, A. 2021. *Pengertian penginderaan jauh menurut para ahli*. <https://www.gurupendidikan.co.id/komponen-penginderaan-jauh/>
- Tysara, L., & Adelin, F. 2023, 28 Juni. *Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pasang surut air laut, begini metode perhitungannya*. Liputan6.com. Diakses dari <https://www.liputan6.com/hot/read/5310249/faktor-faktor-yang-menyebabkan-terjadinya-pasang-surut-air-laut-begini-metode-perhitungannya>
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. 1996. *Remote sensing and image interpretation* (7th ed.).
- Loyd, C. 2013. *Landsat 8 Bands*. NASA Landsat Science. Diambil dari <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands>
- Media Tata Ruang. 2021, 7 November. *Lahan akresi yang dilupakan punya potensi konflik besar*. Diakses dari <https://mediatataruang.com/2021/11/07/lahan-akresi-yang-dilupakan-punya-potensi-konflik-besar/>
- Naufal, A., Mahinsha, I., Helmi, M., & Ismanto, A. 2023. Analisis dampak rencana perluasan reklamasi akibat perubahan karakteristik arus dan gelombang di perairan Kota Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 5(3), 165–175. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v5i3.16575>
- Opa, E. T. 2011 . Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara. *Jurnal perikanan dan kelautan tropis*, 7(3), 109-114.
- Ouattara, I., Yao, K. A. F., Ouédraogo, M., Coulibaly, L., Koffi, K. M., Dao, A., & Kamagaté, B. 2025. Geomorphological monitoring of the Sassandra River in relation to the Buyo and Soubré hydroelectric dams in Côte d’Ivoire. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 13, 52–63. <https://doi.org/10.12691/aees-13-3-1>

- Purnamasari, D., Syafrizal, & Mahardika, H. 2022. Validasi garis pantai terhadap data pasang surut untuk kebutuhan pemetaan wilayah pesisir. *Jurnal Teknik Pantai*, 14(1), 45–54.
- Putra, N. K. K. 2020. *Statistik perubahan garis pantai*. Medium. <https://medium.com/echolocation-blog/statistik-perubahan-garis-pantai-b226c164ac9c>
- Shuhendry. 2004. *Abrasi pantai di wilayah pesisir Kota Bengkulu (Analisis faktor penyebab dan konsep penanggulangannya)* [Tesis].
- Suprianto, A. 2023. Pengujian ketelitian sensor ultrasonik untuk pengamatan pasang surut laut secara otomatis (studi kasus: Teluk Betung, Bandar Lampung) [Skripsi]. Institut Teknologi Sumatera. https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2307210001/23116097_4_030012
- Surinati, D. 2007. Pasang surut dan energinya. *Oseana*, 15–22.
- Team Geosinindo. 2022. Apa itu reklamasi? Mengenal definisi, metode, serta penerapannya. *Geosinindo*. <https://www.geosinindo.co.id/post/apa-itu-reklamasi-mengenal-definisi-metode-serta-penerapannya>
- Thieler, E. R., Himmelstoss, E. A., Zichichi, J. L., & Ergul, A. 2009. *The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0: An ArcGIS extension for calculating shoreline change*. <https://doi.org/10.3133/ofr20081278>
- Triatmodjo, B. 2008. *Teknik pantai*. Beta Offset.
- Wagenaar, T. C. 2004. Survey design. In *Encyclopedia of Social Measurement* (Vol. 3, pp. V3-715–V3-721). <https://doi.org/10.1016/b0-12-369398-5/00078-5>
- Wicaksono, A. D., Awaluddin, M., & Bashit, N. 2020. Analisis laju perubahan garis pantai menggunakan metode Net Shoreline Movement (NSM) dengan add-in Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2), 21–31.

Xu, N. 2018. Detecting coastline change with all available Landsat data over 1986–2015: A case study for the State of Texas, USA. *Atmosphere*, 9(3).
<https://doi.org/10.3390/atmos9030107>