

# KOMPARASI EKSTRAKSI GARIS PANTAI MENGGUNAKAN GOOGLE EARTH ENGINE DAN ARCGIS

## Studi Kasus di Jakarta Utara

*(Comparison of Shoreline Extraction using Google Earth Engine and ArcGIS  
A Case Study in Jakarta Utara)*

**Muhammad Saiful Ruuhulhaq<sup>1</sup>, Fikri Algifahri<sup>2</sup>, Ghea Redana Pitaloka<sup>2</sup>, Saskia Syafinda Fyndiani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Amcolabora Institute

<sup>2</sup>Indonesian Educational University

Jl. Boulevard Grand Depok City No 36, Depok

E-mail: [msaiful@amcolabora.or.id](mailto:msaiful@amcolabora.or.id)

*Diterima: 10 Februari 2025; Direvisi : 12 Maret 2025; Disetujui untuk Dipublikasikan : 19 Mei 2025*

### ABSTRAK

Garis pantai adalah batas dinamis antara daratan dan perairan yang akan terus berubah akibat adanya faktor alam dan juga aktivitas manusia, fenomena perubahan garis pantai ini sendiri memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem pesisir dan juga kehidupan masyarakat sekitarnya. Penelitian ini membandingkan metode identifikasi garis pantai menggunakan Google Earth Engine dan software lain dengan studi kasus di pesisir Jakarta Utara. Data yang digunakan adalah citra Landsat 9 yang memiliki resolusi spektral dan temporal tinggi untuk analisis wilayah pesisir. Algoritma seperti NDVI, MNDWI, dan Otsu Thresholding diterapkan untuk membedakan daratan dan perairan, sementara hasilnya divalidasi menggunakan data dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Hasil menunjukkan bahwa hasil pengolahan pada platform GEE unggul dalam efisiensi dan cakupan temporal, meskipun memiliki keterbatasan resolusi spasial, sedangkan ArcGIS menghasilkan garis pantai yang lebih rinci namun memerlukan proses semi-manual.

**Kata kunci:** Ekstraksi, Garis Pantai, Landsat 9, *Machine Learning*, Penginderaan Jauh

### ABSTRACT

*The shoreline is a dynamic boundary between land and water that will continue to change due to natural factors and also human activities, the phenomenon of shoreline change itself has a significant impact on coastal ecosystems and also the lives of surrounding communities. This research compares shoreline identification methods using Google Earth Engine and other software with a case study on the coast of North Jakarta. The data used is Landsat 9 imagery which has high spectral and temporal resolution for coastal area analysis. Algorithms such as NDVI, MNDWI, and Otsu Thresholding were applied to distinguish land and water, while the results were validated using data from the Geospatial Information Agency (BIG). The results showed that the processing results on the GEE platform excelled in efficiency and temporal coverage, despite its spatial resolution limitations, while ArcGIS produced more detailed coastlines but required semi-manual processing.*

**Keywords:** *Extraction, Shoreline, Landsat 9, Machine Learning, Remote Sensing*

### PENDAHULUAN

Garis pantai didefinisikan sebagai batas antara daratan dan badan air yang terus berubah akibat dinamika proses alami maupun aktivitas manusia. Karakteristik garis pantai dipengaruhi oleh faktor geologi, hidrodinamika, dan ekosistem pesisir, seperti mangrove dan terumbu karang (Trenhaile, 2023). Perubahan garis pantai, termasuk erosi dan sedimentasi, seringkali disebabkan oleh perubahan iklim global, kenaikan muka air laut, dan pembangunan infrastruktur pesisir (Mahua, Kasim, & Pasingi, 2024). Perubahan garis pantai ini memiliki dampak signifikan terhadap ekosistem pesisir, kehidupan sosial ekonomi masyarakat, dan keberlanjutan wilayah pesisir. Indonesia, dengan garis pantai sepanjang lebih dari 95.000 kilometer,

memiliki tantangan besar dalam pemantauan perubahan garis pantainya, terutama mengingat peran penting wilayah pesisir dalam mendukung ekonomi dan ekosistem negara ini (Badan Informasi Geospasial, 2023)

Penginderaan jauh menjadi salah satu metode dalam pemantauan perubahan garis pantai. Dengan kemampuan untuk menyediakan data spasial dalam skala besar dan temporal yang tinggi, penginderaan jauh memungkinkan analisis yang lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional seperti survei lapangan. Data satelit seperti Landsat dan Sentinel telah banyak digunakan untuk mengekstraksi garis pantai dengan memanfaatkan spektrum elektromagnetik yang berbeda untuk membedakan daratan dan air.

Tantangan teknis seperti pengaruh awan, resolusi spasial terbatas, dan kompleksitas algoritma sering menjadi kendala dalam analisis data ini (Pardo-Pascual et al., 2024). Citra satelit seperti Landsat dan Sentinel-2 sangat bermanfaat untuk memantau garis pantai karena menyediakan data multispektral dalam cakupan spasial dan temporal yang luas. Indeks air seperti NDWI (Normalized Difference Water Index) dan MNDWI (Modified NDWI) sering digunakan untuk membedakan antara air dan daratan (Xu, 2006). Selain itu, data resolusi tinggi seperti dari Planet Scope juga memberikan hasil yang lebih rinci, meskipun biayanya lebih mahal.

GEE adalah platform berbasis cloud yang dirancang untuk analisis data geospasial secara efisien. Fungsi utama GEE meliputi akses ke berbagai dataset satelit global, kemampuan pemrosesan data dalam skala besar, dan integrasi dengan berbagai algoritma analisis citra (Gorelick et al., 2017). Kelebihan utama GEE adalah skalabilitasnya, biaya yang rendah, dan kemudahan penggunaannya melalui antarmuka berbasis JavaScript dan Python API. Keterbatasan GEE adalah terkoneksi pada koneksi internet, keterbatasan resolusi pada dataset tertentu, dan kebutuhan untuk validasi hasil menggunakan data lapangan (Zadia et al., 2020).

Perbandingan antara GEE dan ArcGIS untuk ekstraksi garis pantai menjadi memiliki kelebihan dan kekurangan di masing-masing platform. GEE cloud yang memberikan akses langsung pada data penginderaan jauh skala besar, termasuk berbagai sensor citra satelit, selain itu ketersediaan data yang sudah terintegrasi memudahkan pengguna melakukan analisisnya. Lain halnya dengan ArcGIS yang diharuskan melakukan pengunduhan data terlebih dahulu dari platform lain (Tamimania et al., 2020). Dalam aspek pemodelan dan analisis spasial tingkat lanjut, ArcGIS memiliki berbagai alat dan fitur yang lebih beragam dibandingkan dengan GEE, terutama dalam pemetaan skala besar dan produksi peta dengan resolusi yang lebih tinggi (Yang et al., 2022).

Penggunaan GEE dalam ekstraksi garis pantai telah menjadi fokus penelitian dalam beberapa tahun terakhir (Hastuti, Ismail, & Nagai, 2024; Ledheng & Hano'e, 2023; Oliveira 2024). Berbagai algoritma telah dikembangkan untuk memanfaatkan data multispektral dalam membedakan fitur garis pantai dengan akurasi tinggi (Imagery et al., 2022; Mcallister et al., 1972). Salah satu pendekatan umum adalah dengan menggunakan indeks air seperti Normalized Difference Water Index (NDWI) atau Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) untuk mendeteksi perbedaan antara air dan daratan. Pendekatan ini, ketika diterapkan melalui GEE, memungkinkan pemantauan temporal garis pantai dengan frekuensi yang tinggi (Darwish, 2024).

Penelitian lain oleh Rahman et al. (2022) mengintegrasikan algoritma NDWI dengan GEE untuk mengekstraksi garis pantai, menghasilkan ekstraksi garis pantai.

Meskipun GEE menawarkan banyak keunggulan, terdapat tantangan yang masih perlu diatasi untuk menghasilkan ekstraksi garis pantai yang optimal. Tantangan ini mencakup penanganan noise akibat awan atau bayangan, resolusi spasial citra yang memengaruhi detail garis pantai, serta validasi hasil yang membutuhkan data referensi yang lain. Diperlukan pengembangan metode yang mampu mengintegrasikan kemampuan GEE dengan algoritma untuk meningkatkan akurasi ekstraksi garis pantai, terutama di wilayah dengan karakteristik pesisir yang kompleks seperti Indonesia.

Penggunaan GEE juga membuka peluang untuk analisis spasial dan temporal yang lebih mendalam terkait perubahan garis pantai. GEE memungkinkan pemantauan perubahan garis pantai dalam rentang waktu yang panjang, sehingga dapat diidentifikasi tren perubahan akibat faktor-faktor seperti perubahan iklim, kenaikan muka air laut, atau aktivitas manusia. Hal ini dapat memberikan informasi penting bagi pengambilan keputusan dalam pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

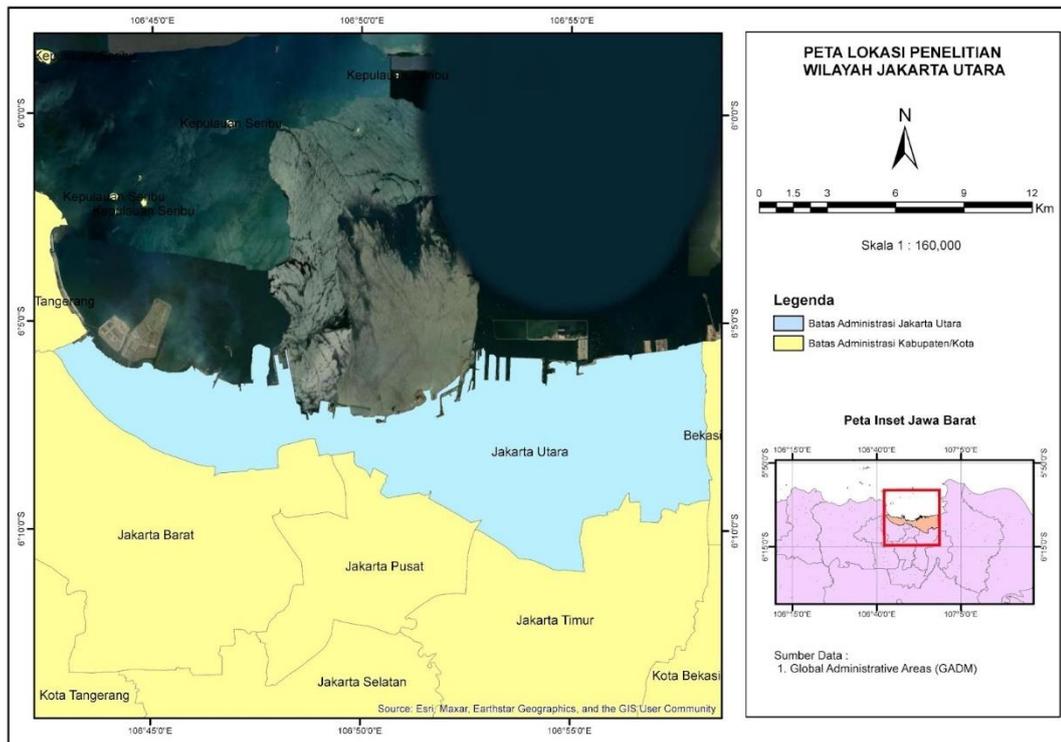
Penerapan GEE untuk ekstraksi garis pantai sangat relevan mengingat kebutuhan akan teknologi yang efisien dan hemat biaya untuk mendukung pengelolaan wilayah pesisir yang luas. Dengan sumber daya citra satelit yang melimpah dan platform analisis yang tersedia secara gratis, GEE dapat menjadi alat yang efektif untuk menjawab tantangan pemantauan garis pantai di negara kepulauan seperti Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas GEE dan ArcGIS dalam ekstraksi garis pantai, dengan mempertimbangkan hasil ekstraksi, efisiensi pemrosesan, serta kemudahan akses dan integrasi data. Penelitian ini juga akan menganalisis variabel-variabel yang menentukan optimalitas metode ekstraksi garis pantai dalam kedua platform tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi mengenai pemilihan platform yang sesuai untuk kebutuhan pemantauan garis pantai di Indonesia.

## METODE

### Lokasi dan Data

Lokasi kajian dari penelitian ini adalah Kota Jakarta Utara yang merupakan kota administrasi dibagian Utara Jakarta yang memiliki garis pantai (**Gambar 1**). Alat serta bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras Laptop, dan beberapa perangkat lunak lain seperti ArcGIS 10.8, Google Earth Engine, dan untuk bahannya sendiri menggunakan citra Landsat 9.



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian.

### **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)**

NDVI merupakan pengaplikasian penginderaan jauh yang paling sering digunakan untuk melihat serta mengukur kesehatan ataupun kehijauan dari vegetasi, mulanya indeks ini digunakan untuk menormalkan perbedaan antara nilai *reflectance bands* dan pantulan klorofil atau zat hijau daun (Yoo et al. 2024) ditunjukkan pada **Persamaan 1** berikut.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \dots\dots\dots (1)$$

di mana :

- NIR = *Near Infrared* (Saluran pita Inframerah)
- GREEN = saluran pita merah pada citra

### **Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)**

*Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) ini merupakan indikator yang berbasis penginderaan jauh yang digunakan dengan tujuan untuk mengidentifikasi komposisi air (Rashid 2023), indeks ini juga dapat membantu meningkatkan perbedaan antara garis pantai dan juga badan air dalam arti lain indeks ini mempertegas antara daratan dan juga badan air (Sun et al. 2024), dan berikut adalah formula dari MNDWI :

$$mNDWI = \frac{GREEN - SWIR1}{GREEN + SWIR1} \dots\dots\dots (2)$$

di mana :

- GREEN = saluran pita hijau pada citra
- SWIR1 = saluran gelombang pendek inframerah

### **Tasseled Cap Transformation**

*Tasseled Cap Transformation* atau dalam bahasa Indonesia disebut Transformasi topi rumbai (TCT) adalah indeks spektral kombinasi linier tertimbang yang diperkenalkan oleh Kauth dan Thomas (1976), algoritma ini merupakan jenis khusus dari transformasi komponen utama, yang menggabungkan faktor-faktor kompleks menjadi beberapa komponen sambil memperkenalkan variabel multi-segi, dan ini menyederhanakan masalah dan, pada saat yang sama, memperoleh informasi data yang lebih ilmiah dan efektif (Sharaf El Din 2020). Pada algoritma ini perubahan band spectral menjadi kecerahan, kehijauan dan juga kelembaban yang memudahkan identifikasi perairan membandingkannya dengan daratan.

### **Algoritma Otsu**

Algoritma Otsu ini biasa dikenal sebagai metode varians antar-kelas maksimum dalam menentukan ambang batas optimal berdasarkan histogram dari tingkat keabuan suatu gambar. Ambang batas ini membagi gambar ke dalam wilayah latar belakang dan latar depan, memaksimalkan varians antar-kelas dengan meminimalkan varians intra-kelas, sehingga mencapai klasifikasi biner otomatis. (Sun et al. 2024).

Dalam algoritma ini ditentukan ambang batas optimal dengan memaksimalkan varians antar-

kelas, Algoritma ini menghitung varians untuk latar depan dan latar belakang pada ambang batas yang berbeda untuk memilih salah satu yang paling maksimal dari varians ini, dengan demikian secara adaptif mengatur ambang batas (Gong et al. 2024).

Pada proses ekstraksi garis Pantai yang kami lakukan, algoritma ini digunakan setelah menghitung nilai MNDWI Dimana hasil dari nilai tersebut diubah menjadi gambar *Grayscale* sehingga akan terlihat perbedaan warna yang cukup kontras untuk warna perairan sendiri berwarna hitam dan gelap sedangkan daratan berwarna putih dan cerah sehingga dari histogram *grayscale* tersebut dapat menjadi acuan ambang batas.

**Diagram Alir**

Diagram alir pada **Gambar 2** menunjukkan proses ekstraksi garis pantai menggunakan citra Landsat 9 tahun 2023 dengan 2 aplikasi yaitu Google Earth Engine (GEE) dan ArcGIS (Gambar 2). Proses dimulai dengan *cloud masking* untuk menghilangkan pengaruh awan, dilanjutkan dengan klasifikasi. Pada GEE, digunakan MNDWI Band Ratio, algoritma Otsu Thresholding, dan Marching Process Algorithm untuk menghasilkan garis pantai, sedangkan pada ArcGIS digunakan NDVI Band Ratio, *Tasseled Cap Transformation*, dan klasifikasi darat-laut. Hasil dari kedua metode di-*overlay* untuk

perbandingan dan divalidasi menggunakan data sekunder dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi deliniasi garis pantai.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini membahas tentang perbandingan hasil ekstraksi garis pantai dari dua proses yang berbeda, yakni menggunakan Google Earth Engine dan software ArcGIS 10.8. Analisis dilakukan di wilayah pesisir Jakarta Utara, dimana wilayah tersebut menjadi area yang memiliki perkembangan pesat pada garis pantai akibat dari aktivitas perekonomian dan perubahan secara alami. Proses ekstraksi garis pantai menggunakan Citra Landsat 9 tahun 2024, sedangkan garis pantai yang didapatkan dari BIG menjadi data pembanding dalam penelitian ini.

**Ekstraksi Garis Pantai menggunakan Google Earth Engine**

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Google Earth Engine (GEE), visualisasi garis pantai yang ditampilkan dengan warna ungu menunjukkan hasil deliniasi otomatis yang cukup detail. Hal ini mencerminkan kemampuan GEE dalam mendeteksi perubahan garis pantai, termasuk wilayah dinamis seperti area reklamasi dan sedimentasi di kawasan pesisir.



**Gambar 2** Diagram alir penelitian.

GEE menggunakan algoritma pengolahan berbasis indeks, seperti *Normalized Difference Water Index* (NDWI), yang dinilai efektif dalam membedakan wilayah perairan dan daratan secara otomatis (McFeeters 1996).

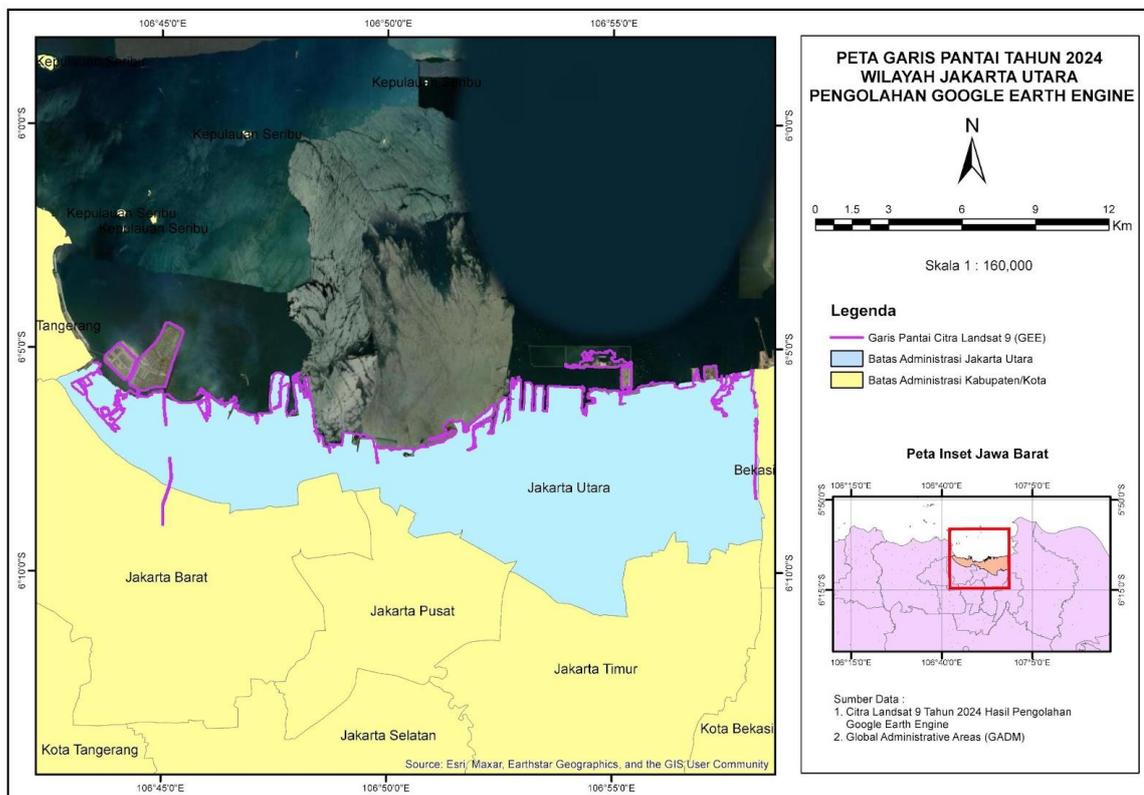
Pengolahan otomatis melalui GEE ini dapat menghadapi keterbatasan, terutama jika tidak dilakukan validasi tambahan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ketidakakuratan dapat muncul akibat faktor seperti resolusi spasial yang rendah, interpretasi piksel yang ambigu, atau adanya elemen non-air yang memiliki karakteristik reflektansi serupa dengan air, seperti bayangan bangunan atau vegetasi (Aravena, Lyons, and Keith 2023; Sigopi, Shoko, and Dube 2024). Oleh karena itu, untuk meningkatkan keakuratan hasil delineasi, diperlukan validasi tambahan, baik melalui data referensi lapangan maupun citra resolusi tinggi.

Dalam penentuan garis pantai menggunakan Google Earth Engine mencakup beberapa langkah. Pertama supervised classification dengan cara melakukan pengumpulan data sampel dari kategori perairan dan daratan. Dari proses pemisahan tersebut akan dihitung dengan Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) yang akan membantu dalam identifikasi nilai spektral dari band hijau dan inframerah pendek (SWIR), piksel yang memiliki nilai MNDWI positif akan dikategorikan sebagai perairan, sedangkan nilai negatif dikategorikan sebagai daratan. Hasil dari pemisahan tersebut kemudian dilakukan peningkatan akurasi data pemisahan menggunakan metode Otsu

Thresholding. Proses ini akan menentukan nilai ambang batas terdekat berdasarkan nilai histogram MNDWI dan menganggap piksel yang memiliki nilai di atas ambang batas Otsu sebagai perairan dan piksel yang lebih rendah dianggap sebagai daratan. Selanjutnya, hasil klasifikasi biner ini diproses menggunakan Algoritma Prosedur Marching. Algoritma ini menilai grid piksel untuk mengidentifikasi transisi antara area perairan dan daratan. Algoritma ini menghasilkan garis poligonal yang menunjukkan jarak antara keduanya.

**Gambar 3** merupakan garis pantai yang memisahkan antara perairan dan daratan dimana garis tersebut terbentuk dari proses klasifikasi data citra Landsat 9 tahun 2023 menggunakan pendekatan indeks spectral seperti MNDWI, Otsu Thresholding, Garis pantai yang terbentuk melalui proses GEE divisualisasikan dengan garis berwarna ungu. Dari hasil pengolahan, didapatkan bahwa panjang garis pantai tersebut yakni sepanjang 180,62 km. Garis pantai yang dihasilkan memiliki bentuk yang sangat detail dan bentuknya cukup rumit seperti pada sekitar lokasi reklamasi pantai. Di bagian barat, terlihat beberapa area yang teridentifikasi ke daratan, yang menunjukkan bahwa mungkin ada reklamasi atau penambahan wilayah buatan. Hal tersebut menunjukkan bahwa bentuk garis pantai telah berubah secara signifikan dibandingkan dengan kondisi alam sebelumnya.

Pengolahan ekstraksi garis pantai menggunakan software ArcGIS 10.8 memungkinkan melalui beberapa metode.

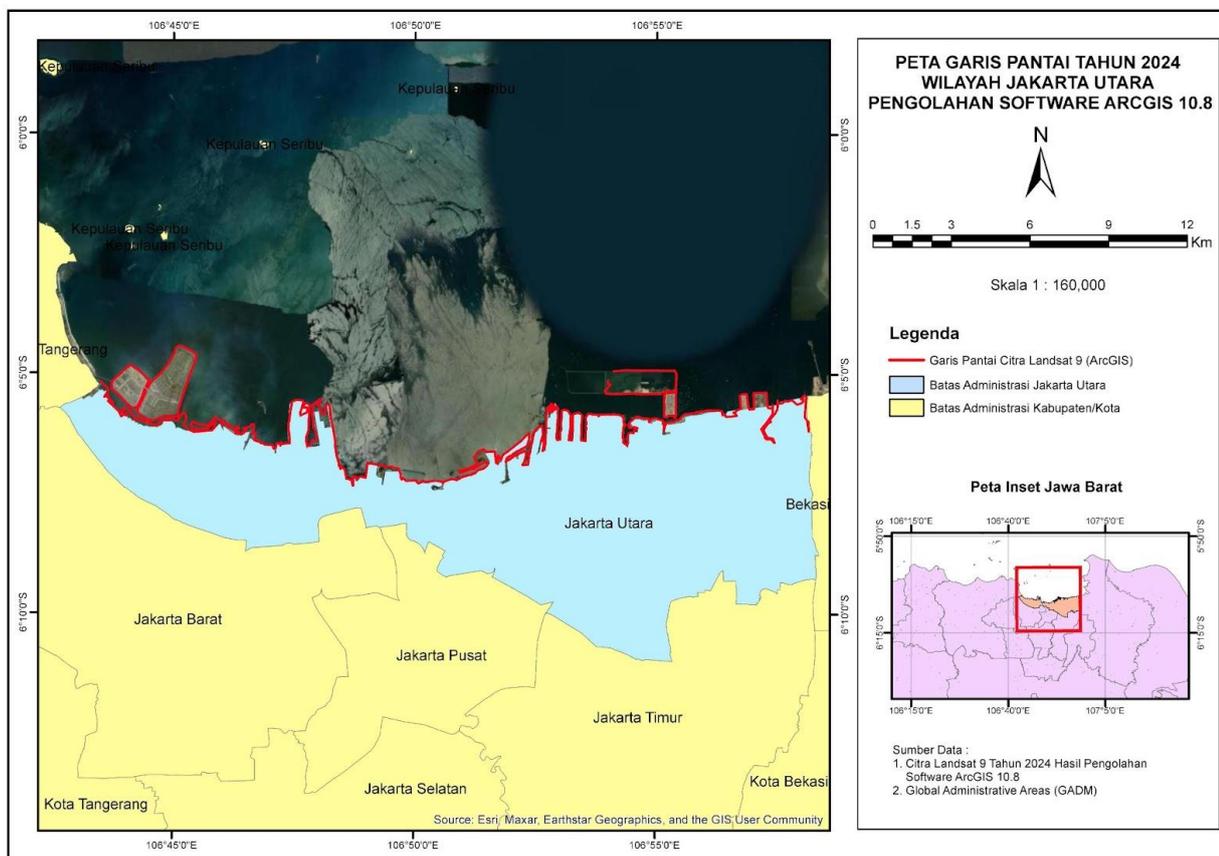


**Gambar 3.** Peta garis pantai hasil pengolahan *Google Earth Engine*.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) dimana akan dipilih sampel yang mewakili untuk dikategorikan sebagai daratan dan perairan. Hasil pemisahan tersebut kemudian dilakukan validasi untuk memperkuat menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang menghasilkan angka untuk mewakili nilai dari suatu area. Nilai NDVI yang tinggi menunjukkan adanya vegetasi yang meruapkan suatu daratan, sedangkan area dengan nilai NDVI rendah menunjukkan area tanpa vegetasi, yang berarti berupa perairan. Dengan demikian, NDVI membantu dalam menentukan batasan antara daratan dan perairan. Berikutnya, melalui metode *Tasseled Cap Transformation* untuk membedakan antara area daratan dengan perairan agar lebih akurat. Selanjutnya, hasil kualifikasi digunakan untuk mendapatkan garis pantai. Hal ini dilakukan dengan mengubah batas antara kelas daratan dan perairan menjadi vektor garis menggunakan alat *Raster to Polygon di ArcGIS*.

Melalui pendekatan semi-manual saat mengolah data, dimana user memiliki peran penting dalam proses pengolahan untuk mendapatkan hasil yang nyata. Pada pengolahan ekstraksi garis pantai menggunakan software ArcGIS 10.8 dengan beberapa metode diatas, didapatkan hasil bahwa garis pantai yang terbentuk lebih halus dan lebih digeneralisir.

Lain halnya dengan ekstraksi garis pantai menggunakan ArcGIS 10.8 melalui metode *Digital Shoreline Analysis Ssystem* (DSAS). Metode tersebut berfokus pada analisis perubahan garis pantai secara numerik dalam periode tertentu. Dimana proses awalnya yakni dilakukan koreksi geometrik dan radiometrik pada citra Landsat 7 dan 8, kemudian menggunakan NDVI sebagai pemisah antara daratan dan perairan. Nilai *Means Sea Level* (MSL) juga digunakan untuk melakukan penyesuaian posisi pasang surut terhadap garis pantai dan kondisi air laut pada saat perekaman citra. Kemudian garis pantai yang telah disesuaikan dengan MSL dilakukan analisis lanjutan untuk mengetahui perubahan laju abrasi menggunakan metode *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *single transect method* (Ledheng and Hano'e 2023). Berdasarkan kedua analisis diatas, penelitian menggunakan metode indeks, NDVI, MNDWI dan *Tasseled Cap Transformation* lebih berfokus pada pemisahan batas daratan dan perairan yang mengacu pada karakteristik spektral citra menjadikan garis pantai yang dihasilkan lebih tergeneralisir. Sedangkan ekstraksi garis pantai menggunakan DSAS dengan koreksi koreksi MSL dan NSM lebih berfokus pada ekstraksi perubahan garis pantai secara kuantitatif dengan akurasi tinggi untuk mengetahui perubahan pesisir secara temporal.



Gambar 4 Peta ekstraksi garis pantai hasil pengolahan ArcGIS.

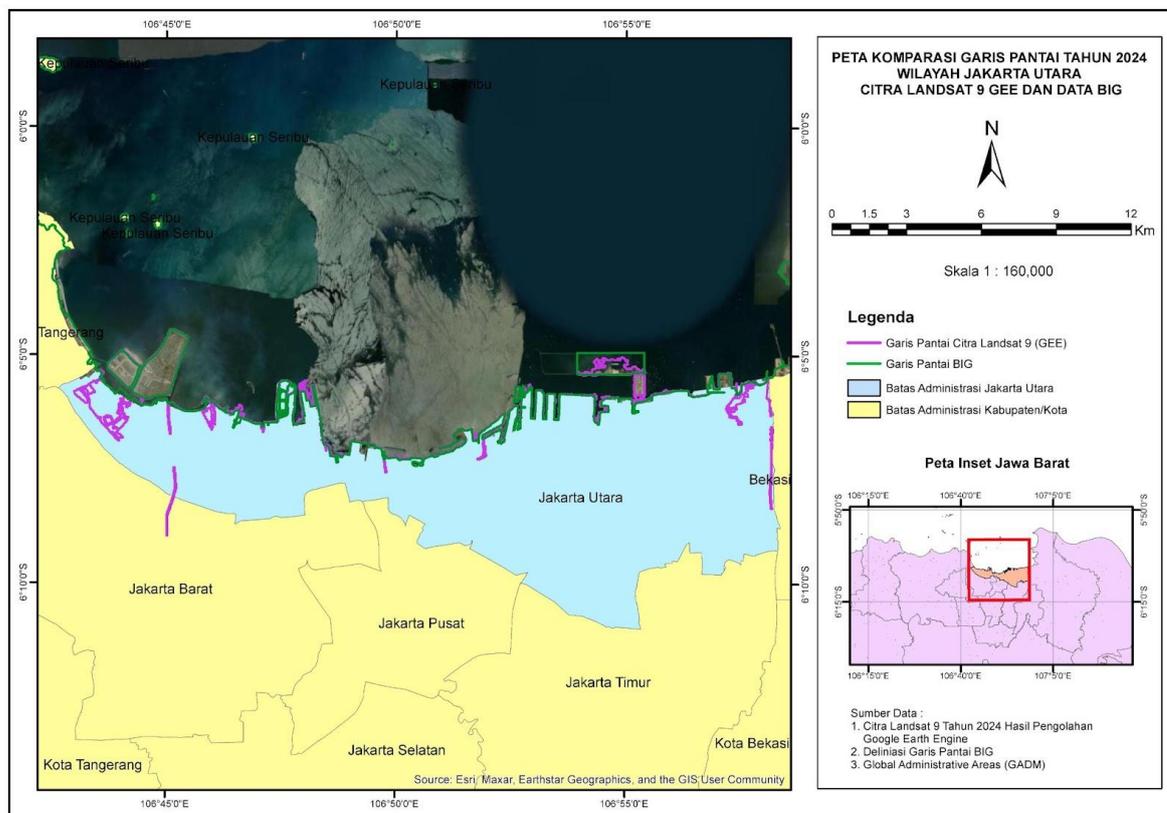
Pada **Gambar 4** yang merupakan visualisasi dari garis pantai hasil pengolahan menggunakan software ArcGIS, garis pantai ini divisualisasikan dengan garis berwarna merah yang terletak diantara daratan dan perairan. Berdasarkan hasil pengolahan bahwa garis pantai tersebut memiliki panjang 102,09 km. Angka panjang garis pantai tersebut memiliki selisih yang cukup jauh dengan panjang garis pantai hasil pengolahan di GEE. Adanya perbedaan hasil dari kedua proses pada ArcGIS dan GEE, dimana GEE lebih memanfaatkan pemrograman berbasis cloud yang mempermudah pengguna dalam mengakses secara langsung citra tanpa mengunduh terlebih dahulu. Metode pada GEE dapat dengan mudah diterapkan jika ingin mengedepankan efisiensi waktu, kecepatan, dan analisis dalam skala besar. Pengolahan pada software ArcGIS 10.8 terlebih dahulu harus mengunduh data Citra Landsat 9 untuk dilakukan pemrosesan secara manual. Output dari pengolahan software ArcGIS didapatkan ekstraksi garis pantai yang lebih detail karena dapat dilakukan editing secara manual.

Garis pantai pada gambar hanya terbentuk mengikuti batas dari daratan dengan tingkat kedetailan yang terbilang kurang. Hal tersebut dapat dilihat bahwa ada beberapa area perairan yang menjorok ke arah daratan akan tetapi tidak terdeliniasi dengan baik. Akan tetapi, di sebelah

barat yang terdapat area reklamasi sudah dapat teridentifikasi sebagai daratan sehingga daerah tersebut sudah memiliki garis pantai yang sesuai dengan bentuk daratannya.

### Komparasi Hasil Ekstraksi Garis Pantai GEE dengan Deliniasi Garis Pantai BIG

**Gambar 5** dibawah ini merupakan perbandingan yang dapat terlihat secara langsung deliniasi garis pantai BIG dengan deliniasi garis pantai yang diolah menggunakan GEE. Secara visual dapat terlihat perbedaan yang signifikan dimana garis pantai BIG cenderung lebih halus dan mendetail hingga ke wilayah-wilayah kecil di luarnya, sedangkan deliniasi garis pantai GEE menunjukkan perbedaan jauh dengan garis pantai yang cukup tidak beraturan yang dapat dikarenakan keterbatasan resolusi spasial itu sendiri. Pengolahan yang dilakukan dengan GEE menggunakan algoritma berbasis index yang dinilai efektif namun tidak cukup untuk mendeteksi garis pantai secara presisi dan akurat sehingga membutuhkan validasi hasil data lapangan.garis pantai dari GEE cenderung lebih tidak beraturan dan kasar, hal ini dapat terlihat pada gambar diatas, dimana garis berwarna ungu tersebut bentuknya ada yang tidak sesuai dengan batas antara daratan dan lautan.



**Gambar 5** Peta komparasi garis pantai hasil pengolahan Google Earth Engine dan data BIG.

### Komparasi Hasil Ekstraksi Garis Pantai Pengolahan ArcGIS dengan Deliniasi Garis Pantai BIG

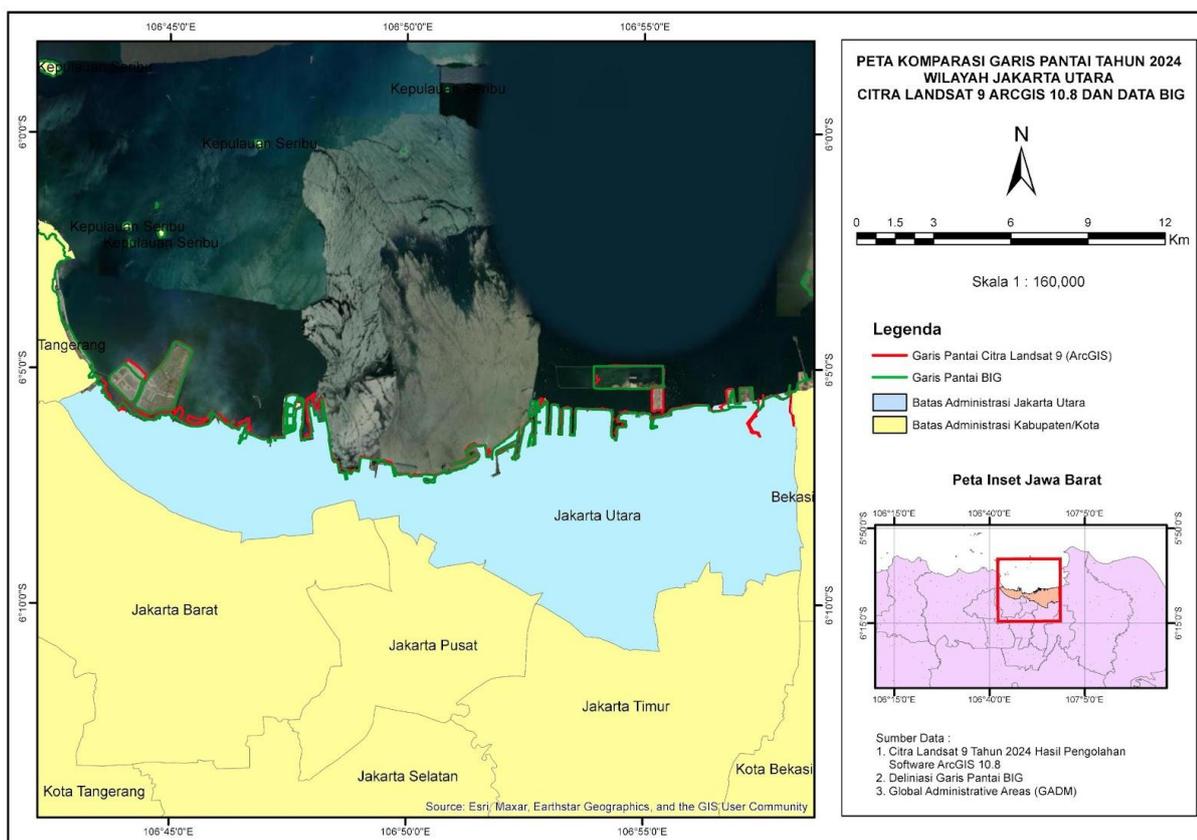
Pada **Gambar 6** terdapat dua visualisasi garis pantai yang dihasilkan yakni dari proses ekstraksi citra Landsat 9 menggunakan software ArcGIS 10.8 yang divisualisasikan dengan garis berwarna merah sedangkan garis berwarna hijau adalah garis pantai yang merupakan data resmi dari BIG. Garis pantai hasil pengolahan di ArcGIS menampilkan garis yang sangat detail dan cenderung menampilkan keadaan pesisir saat ini, seperti adanya aktivitas reklamasi yang terlihat di bagian barat dan timur, serta terdapat beberapa pulau kecil yang terdeliniasi memiliki garis pantai. Ketelitian ini dihasilkan karena adanya tingkat sensitivitas yang tinggi dari citra Landsat 9 terhadap perubahan yang terjadi. Sedangkan garis pantai data dari BIG memiliki karakteristik yang lebih halus dan cenderung tergeneralisir bentuknya. Garis halus dan stabil tersebut disebabkan karena garis pantai sudah melalui proses generalisasi dan validasi lapangan berdasarkan hasil survey lapangan, sehingga garis pantai BIG ini sangat cocok jika dijadikan sebagai data administratif wilayah.

Terdapat perbedaan yang cukup signifikan, hal ini terlihat pada area reklamasi. Garis pantai hasil ekstraksi citra Landsat 9 di ArcGIS lebih maju dibanding garis pantai data milik BIG. Adanya

perbedaan tersebut, menunjukkan bahwa data BIG belum sepenuhnya mencerminkan perubahan pesisir terbaru yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Selain itu, garis pantai BIG lebih cenderung menunjukkan kondisi yang tetap dan kurang sensitif terhadap perubahan lingkungan jangka pendek. Hasil analisis keduanya, bahwa garis pantai yang diperoleh dari ekstraksi citra Landsat 9 lebih baik dalam mengidentifikasi perubahan pesisir yang dinamis. Sedangkan, garis pantai milik BIG lebih relevan untuk analisis yang membutuhkan akurasi dan stabilitas yang tinggi.

### Komparasi Hasil Ekstraksi Garis Pantai GEE, ArcGIS dan Garis Pantai BIG

**Gambar 7** dibawah merupakan peta perbandingan deliniasi garis pantai menggunakan data BIG yang diwakili oleh garis berwarna hijau dan data ekstraksi citra Landsat 9 hasil pengolahan menggunakan software ArcGIS yang diwakili oleh garis berwarna merah dan GEE yang diwakili oleh garis berwarna ungu. Perbandingan dari ketiga data tersebut sangat signifikan pada ketelitiannya. Deliniasi garis pantai BIG memiliki ketelitian yang cukup tinggi karena telah melalui proses penggabungan dengan data hasil lapangan secara langsung, namun keterbatasannya tidak bisa mencerminkan perubahan pesisir baru dan tidak sesuai dengan kondisi terkini.



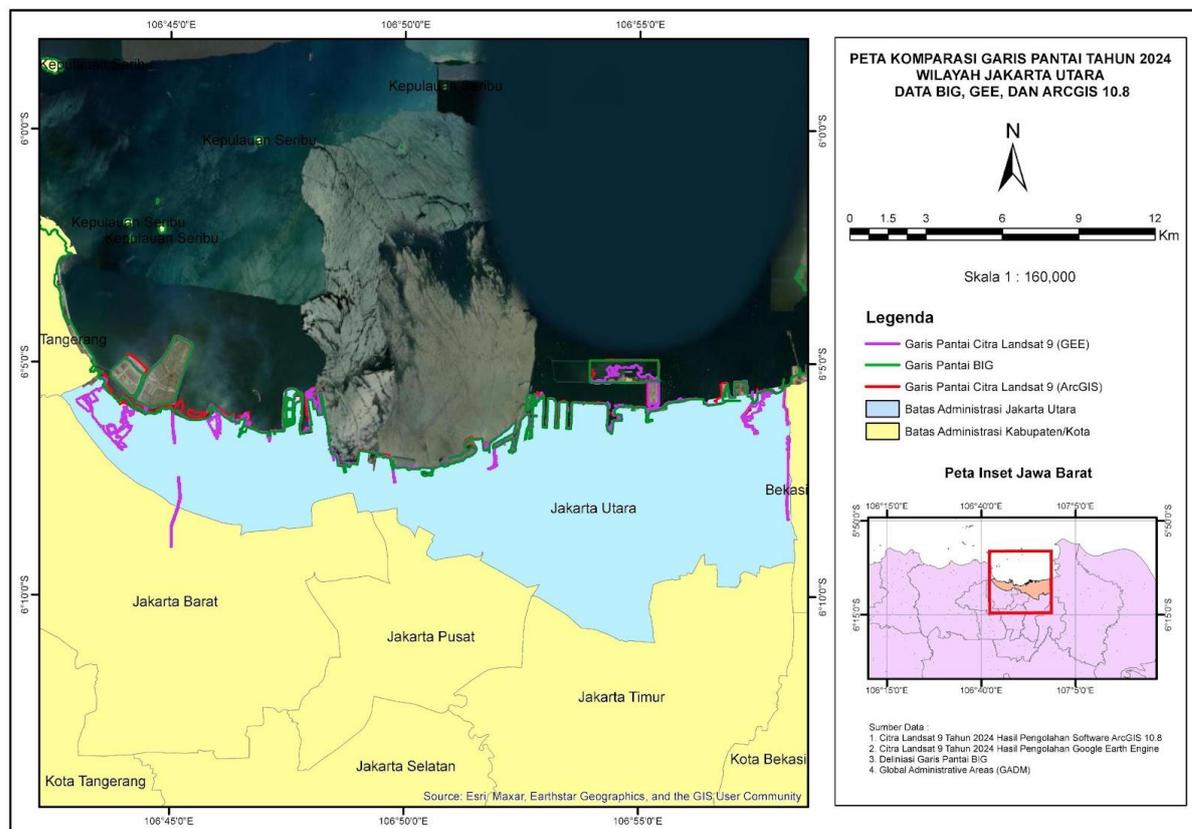
**Gambar 6** Peta komparasi garis pantai hasil pengolahan ArcGIS dan data BIG.

Garis pantai hasil ekstraksi menggunakan ArcGIS memiliki tingkat kedetailan yang tergolong tinggi karena dapat mendeteksi setiap adanya perubahan yang terjadi dalam skala kecil seperti adanya reklamasi di lokasi penelitian. Sedangkan hasil ekstraksi citra Landsat 9 menggunakan GEE cenderung memiliki garis yang lebih kasar dan tidak beraturan, bahkan tidak semua garis yang tersentuh sesuai dengan struktur pinggiran pantai. Selain itu, pada garis pantai BIG memberikan gambaran informasi yang lebih stabil sesuai dengan bentuk antara daratan dan lautan. Akan tetapi, garis pantai dari BIG cenderung tidak dinamis mengikuti perkembangan baik dalam penambahan ataupun pengurangan jumlah daratan. Sementara itu, garis pantai yang terbentuk dari pengolahan GEE dan ArcGIS cenderung lebih dinamis mengikuti perkembangan kenampakan lingkungan disana.

Dari perbandingan ini, terlihat bahwa hasil ArcGIS lebih mendekati hasil GEE pada area tertentu. Ada perbedaan signifikan antara hasil ArcGIS dan GEE dengan garis pantai BIG di wilayah yang mengalami perubahan pesisir dinamis, seperti reklamasi. Kombinasi data dari ketiga sumber ini dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap dalam kegiatan pengelolaan pesisir, dimana garis pantai BIG yang dapat dijadikan data dasar sedangkan garis pantai dari ArcGIS dan GEE yang dapat dijadikan sebagai alat monitoring perubahan lingkungan pesisir.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa perbedaan signifikan dapat dilihat secara visual pada ketiga metode dalam deliniasi garis pantai di Kota Jakarta Utara. Ekstraksi garis pantai hasil pengolahan GEE dan ArcGIS serta data garis pantai dari BIG memiliki keunggulan dan keterbatasannya sendiri. Hasil ekstraksi garis pantai menggunakan GEE dan ArcGIS cenderung dinamis mengikuti perkembangan dan perubahan lingkungan di lapangan. Ekstraksi garis pantai menggunakan ArcGIS lebih menonjol dalam hal fleksibilitas analisis spasial dan dapat digunakan untuk memonitoring perubahan garis pantai akibat dari perubahan lingkungan. Berbeda dengan data yang dihasilkan dari pengolahan GEE, cenderung kurang mendekati data deliniasi garis pantai karena keterbatasan dalam mengolah citra satelit menjadi sebuah garis pantai. Data resmi ekstraksi garis pantai dari BIG memiliki ketelitian tinggi karena telah dilakukan validasi data secara langsung di lapangan, namun tidak bisa mengikuti perkembangan perubahan garis pantai secara *real time* karena pembaruannya dilakukan dalam rentang waktu tertentu. Data ekstraksi garis pantai dari BIG ini lebih cocok digunakan sebagai data *baseline*.



**Gambar 7** Peta komparasi garis pantai hasil pengolahan ArcGIS, Google Earth Engine, dan Data BIG.

Berikut adalah saran yang direkomendasikan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada proses ekstraksi garis pantai menggunakan GEE yang pada prosesnya secara otomatis menyebabkan masih terdapatnya data yang tidak akurat, maka diharapkan dilakukan survei lapangan sebagai validasi data. Pada penelitian yang dilakukan hanya menggunakan data tahun 2024 yang menghasilkan garis pantai pada tahun tersebut saja. Jika ingin melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perubahan secara temporal maka dapat dilakukan penambahan pada pengolahan dalam rentang tahun tertentu. Melakukan pemilihan citra yang bebas dari gangguan awan, agar pada saat proses pemisahan daratan dan laut mendapatkan hasil yang sesuai.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang ikut berkontribusi selama proses pengumpulan data dan penulisan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada *reviewer* dan *editor* yang berperan dalam memberikan evaluasi yang penting dalam penyempurnaan naskah ini. Seluruh bentuk dukungan sangat bermakna dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aravena, Ricardo A., Mitchell B. Lyons, and David A. Keith. 2023. "Holistic Reduction to Compare and Create New Indices for Global Inter-Seasonal Monitoring: Case Study for High Resolution Surface Water Mapping." *Remote Sensing* 15(8). doi: 10.3390/rs15082063.
- Darwish, Kamal Srogy. 2024. "Monitoring Coastline Dynamics Using Satellite Remote Sensing and Geographic Information Systems: A Review of Global Trends Monitoring Coastline Dynamics Using Satellite Remote Sensing and Geographic Information Systems: A Review of Global Trends." (June). doi: 10.21608/cat.2024.233931.1196.
- Badan Informasi Geospasial. 2023. "Bukan Sekedar Garis: Peran Penting Garis Pantai Dalam Kedaulatan Dan Pembangunan Indonesia." *Big.Go.Id*. Retrieved (https://big.go.id/news/2023/07/31/bukan-sekedar-garis-peran-penting-garis-pantai-dalam-kedaulatan-dan-pembangunan-indonesia).
- Gong, Hanying, Zehao Yu, Shiqiang Zhang, and Gang Zhou. 2024. "Detection of Wet Snow by Weakly Supervised Deep Learning Change Detection Algorithm with Sentinel-1 Data." *Remote Sensing* 16(19). doi: 10.3390/rs16193575.
- Gorelick, Noel, Matt Hancher, Mike Dixon, Simon Ilyushchenko, David Thau, and Rebecca Moore. 2017. "Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone." *Remote Sensing of Environment* 202:18–27. doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031.
- Hastuti, Amandangi Wahyuning, Neira Purwanti Ismail, and Masahiko Nagai. 2024. "Analysis of Coastline Extraction Indices Using Sentinel-2 and Google Earth Engine, Case Study in Bali, Indonesia." *BIO Web of Conferences* 106. doi: 10.1051/bioconf/202410604004.
- Imagery, High-resolution Multi-spectral, Hazem Usama Abdelhady, Cary David Troy, and Ayman Habib. 2022. "A Simple , Fully Automated Shoreline Detection Algorithm For."
- Kauth, R. J. 1976. "Tasselled Cap - a Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops As Seen By Landsat." 41–51.
- Ledheng, L., and E. M. Y. Hano'e. 2023. "Analysis of Shoreline Change of North Central Timor Regency, Indonesia." *Nature Environment and Pollution Technology* 22(2):777–87. doi: 10.46488/NEPT.2023.v22i02.020.
- Mahua, Musdalifah, Faizal Kasim, and Nuralim Pasingi. 2024. "Analysis of Coastline Changes in Gorontalo City Using Remote Sensing Technology." *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE* 9:39–46. doi: 10.20956/jiks.v9i2.28423.
- Mcallister, Emma, Andres Payo, Alessandro Novellino, Tony Dolphin, and Encarni Medina-lopez. 1972. "Multispectral Satellite Imagery and Machine Learning for the Extraction of Shoreline Indicators."
- McFeeters, S. K. 1996. "The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features." *International Journal of Remote Sensing* 17(7):1425–32. doi: 10.1080/01431169608948714.
- Oliveira, Elaine Baroni. 2024. "Pr Ep Rin t n Ot Pe Er r Ed." (January). doi: 10.2139/ssrn.4692053.
- Pardo-Pascual, J. E., J. Almonacid-Caballer, C. Cabezas-Rabadán, A. Fernández-Sarría, C. Armaroli, P. Ciavola, J. Montes, P. E. Souto-Ceccon, and J. Palomar-Vázquez. 2024. "Assessment of Satellite-Derived Shorelines Automatically Extracted from Sentinel-2 Imagery Using SAET." *Coastal Engineering* 188(November 2023). doi: 10.1016/j.coastaleng.2023.104426.
- Rashid, Md Bazlar. 2023. "Monitoring of Drainage System and Waterlogging Area in the Human-Induced Ganges-Brahmaputra Tidal Delta Plain of Bangladesh Using MNDWI Index." *Heliyon* 9(6):e17412. doi:

- 10.1016/j.heliyon.2023.e17412.
- Sharaf El Din, Essam. 2020. "A Novel Approach for Surface Water Quality Modelling Based on Landsat-8 Tasseled Cap Transformation." *International Journal of Remote Sensing* 41(18):7186–7201. doi: 10.1080/01431161.2020.1754497.
- Sigopi, Maria, Cletah Shoko, and Timothy Dube. 2024. "Advancements in Remote Sensing Technologies for Accurate Monitoring and Management of Surface Water Resources in Africa: An Overview, Limitations, and Future Directions." *Geocarto International* 39(1). doi: 10.1080/10106049.2024.2347935.
- Sun, Shuting, Qingqing Xue, Xinying Xing, Huihui Zhao, and Fang Zhang. 2024. "Remote Sensing Image Interpretation for Coastal Zones: A Review." *Remote Sensing* 16(24):1–27. doi: 10.3390/rs16244701.
- Tamiminia, Haifa, Bahram Salehi, Masoud Mahdianpari, Lindi Quackenbush, Sarina Adeli, and Brian Brisco. 2020. "Google Earth Engine for Geo-Big Data Applications: A Meta-Analysis and Systematic Review." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 164(January):152–70. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001.
- Trenhaile, A. S. 2023. *No Title Coastal Dynamics and Landforms*. Oxford University Press.
- Xu, Hanqiu. 2006. "Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery." *International Journal of Remote Sensing* 27(14):3025–33. doi: 10.1080/01431160600589179.
- Yang, Liping, Joshua Driscoll, Sarigai Sarigai, Qiusheng Wu, Haifei Chen, and Christopher D. Lippitt. 2022. "Google Earth Engine and Artificial Intelligence (AI): A Comprehensive Review." *Remote Sensing* 14(14). doi: 10.3390/rs14143253.
- Yoo, Chulsang, Ki-Ho Chang, Munseok Lee, Sunguk Song, Wooyoung Na, and Jeong-Hyeok Ma. 2024. "No Analysis of Changes before and after Forest Fires with LAI, NDVI and ET Time Series: Focusing on Major Forest Fires in Korea Title." *Ecological Engineering* 209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107412>.
- Zadia, Novi Henis, Hariyadi Hariyadi, Warsito Atmodjo, Muh Yusuf, and Azis Rifai. 2020. "Studi Perubahan Garis Pantai Di Perairan Muara Sungai Kaliboyo, Batang." *Indonesian Journal of Oceanography* 2(2):105–12. doi: 10.14710/ijoce.v2i2.7632.

*Halaman Ini Sengaja Kami Kosongkan*