

## Tinjauan Perubahan dan Prediksi Garis Pantai: Studi Perbandingan Kasus di Sri Lanka dan Indonesia

Renita Purwanti<sup>1\*</sup> dan Raldi Hendro Koestoer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Indonesia  
Depok Jawa Barat 16424, Indonesia

<sup>2</sup>Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia  
Jl. Salemba Raya Jakarta Pusat Indonesia

\*Corresponding author, e-mail: renita.purwanti@ui.ac.id

**ABSTRAK:** Garis pantai adalah fitur geomorfologi yang sangat dinamis dan rentan mengalami perubahan yang disebabkan oleh fenomena alam ataupun aktivitas manusia. Perubahan garis pantai akan berdampak pada pengelolaan kawasan pesisir dan mengancam kelangsungan sumber daya pesisir. Pengamatan perubahan garis pantai dapat dilakukan menggunakan analisis perhitungan statistik dengan variabel statistik maupun variabel fisik. Tulisan ini bertujuan untuk melakukan review dan membandingkan penelitian perubahan garis pantai dengan studi kasus di Sri Lanka dan Indonesia dengan menggunakan metode studi komparasi melalui penelusuran literatur ilmiah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan pembangunan pelabuhan merupakan faktor paling berpengaruh dalam perubahan garis pantai di Sri Lanka, sedangkan di Indonesia dipengaruhi oleh faktor konstruksi pantai, estuari sungai, dan kedalaman dasar laut. Perubahan garis pantai di tahun 2031, dan 2041 masing – masing negara diprediksi akan mengalami erosi, abrasi, dan akresi. Dalam hal kebijakan, Perubahan garis pantai di Indonesia akan berpengaruh pada pengelolaan kawasan pesisir, khususnya dalam hal penghitungan Dana Alokasi Umum.

**Kata kunci:** Garis Pantai; Kawasan Pesisir; Penginderaan Jauh; Akresi, Abrasi

### *Shoreline Changes Analysis and Prediction: Comparative Study in Sri Lanka and Indonesia*

**ABSTRACT:** *Shoreline is a very dynamic geomorphological feature and susceptible to changes caused by natural phenomena or human activities. Shoreline changes will have an impact on the management of coastal areas and threaten the sustainability of coastal resources. Monitoring of shoreline changes can be carried out by using statistical calculation analysis with statistical variables and physical variables. This paper aims to review and compare shoreline change research with case studies in Sri Lanka and Indonesia using the comparative study method through scientific literature review. The results of this study indicate that port construction is the most influential factor in shoreline changes in Sri Lanka, while in Indonesia it is influenced by several factors such as coastal construction, river estuaries, and seabed depth. Coastline changes in 2031 and 2041 for each country are predicted to experience erosion, abrasion and accretion. In terms of policy, changes to the coastline in Indonesia will affect the management of coastal areas, especially in terms of calculating the General Allocation Fund*

**Keywords:** *Shoreline; Coastal Zone; Remote Sensing; Accretion, Abrasion*

## PENDAHULUAN

Kawasan pesisir merupakan wilayah transisi antara daratan dan lautan yang merepresentasikan kenampakan alam dan keanekaragaman hayati serta sebagai sumber daya ekonomi. Kawasan pesisir juga umumnya merupakan kawasan padat penduduk yang banyak digunakan untuk permukiman, industri, kawasan wisata, dan pengembangan kewilayahan lainnya karena potensinya yang melimpah dan merupakan suatu ekosistem kompleks yang mampu dihuni

oleh banyak habitat, namun di satu sisi kawasan pesisir merupakan kawasan yang rentan terhadap fenomena alam seperti akresi, erosi, sedimentasi, badai siklon, pasang surut, pengaruh dari aktivitas antropogenik serta dampak perubahan muka air laut/sea level rise (SLR) (Natarajan *et al.*, 2021; Badr Hussein *et al.*, 2023; Dewi RS *et al.*, 2020; Tsiakos *et al.*, 2023; Halder *et al.*, 2022; Laksono *et al.*, 2022). SLR merupakan salah satu fenomena yang disebabkan adanya pemanasan global dan berpengaruh pada perubahan iklim sehingga menyebabkan perubahan secara cepat di kawasan pesisir yang salah satunya berdampak pada ekosistem, degradasi lahan, dan garis pantai (Ankrah *et al.*, 2022; Halder *et al.*, 2022; Nijamir *et al.*, 2023)

Garis pantai didefinisikan sebagai batas antara lautan dan daratan yang dipengaruhi oleh gelombang pasang surut dan digunakan sebagai parameter utama pengamatan perubahan lingkungan kawasan pesisir. Garis pantai merupakan salah satu fitur geomorfologi dinamis yang selalu berubah yang disebabkan proses alamiah, kondisi iklim dan faktor antropogenik seperti peningkatan aktivitas manusia dalam hal konstruksi pantai, pembangunan jetty, serta pengembangan kawasan wisata (Halder *et al.*, 2022; Dewi RS *et al.*, 2020; Yum *et al.*, 2023; Hossen *et al.*, 2023). Perubahan garis pantai merupakan salah satu isu besar dalam pengelolaan kawasan pesisir, untuk itu diperlukan pengawasan secara berkala agar dapat memahami dinamika dan distribusi spasial perubahan di kawasan pesisir dalam rangka perencanaan pencegahan bencana (Halder *et al.*, 2022; Mishra *et al.*, 2020; Al-Zubieri *et al.*, 2020). Panjang garis pantai di seluruh dunia saat ini diperkirakan adalah sebesar 504.000 km, dengan lebih dari 50% populasi di dunia hidup di sekitar wilayah kawasan pesisir dengan radius kurang lebih 100 km dari laut (Toure *et al.*, 2019).

Sri Lanka merupakan negara dengan iklim tropis yang berbentuk kepulauan dengan beberapa pulau kecil yang dikelilingi oleh Samudera Hindia dan Teluk Benggala sehingga memiliki garis pantai dengan keberagaman geomorfologi seperti teluk, laguna dan pulau kecil. Sri Lanka diperkirakan memiliki panjang garis pantai sekitar 1700 km. Kawasan pesisir di Sri Lanka memiliki karakteristik pantai pasir halus dengan dasar laut yang landai, serta banyak memiliki titik kritis beberapa diantaranya terletak pada wilayah Oluvil, Hambantota, dan Nilaveli dimana perubahan garis pantai yang dipengaruhi faktor lingkungan, bencana alam, dan aktivitas manusia seperti kejadian erosi, badai siklon, tsunami pada tahun 2004, serta pembangunan pelabuhan. (Zoysa *et al.*, 2023; Samarasekara *et al.*, 2018; Zahir *et al.*, 2021; Warnasuriya *et al.*, 2018).

Indonesia adalah negara kepulauan yang termasuk dalam salah satu negara dengan garis pantai terpanjang sekitar 95,181 km (Nandaniko *et al.*, 2019). Kabupaten Bengkayang yang terletak di Provinsi Kalimantan Barat merupakan kawasan yang direncanakan menjadi pusat ekonomi dan berpotensi menjadi lokasi pertama pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir yang akan memberikan dampak bagi kawasan pesisir terhadap ancaman abrasi dan akresi (Dede *et al.*, 2023). Dengan adanya potensi ancaman ini, diperlukan pemantauan dan evaluasi terhadap kondisi garis pantai di kawasan ini untuk mendukung perencanaan pembangunan dan pengelolaan di sekitar kawasan pesisir.

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan *review* dan perbandingan mengenai metode dan variabel yang digunakan dalam menganalisis perubahan dan membuat prediksi perubahan garis pantai dalam rangka pengelolaan kawasan pesisir dengan mengambil studi kasus menggunakan penelitian yang dilakukan di Sri Lanka (Nijamir *et al.*, 2023) dan Indonesia (Dede *et al.*, 2023) sehingga dapat memberikan masukan dalam pengambilan kebijakan terhadap pengelolaan wilayah pesisir.

## MATERI DAN METODE

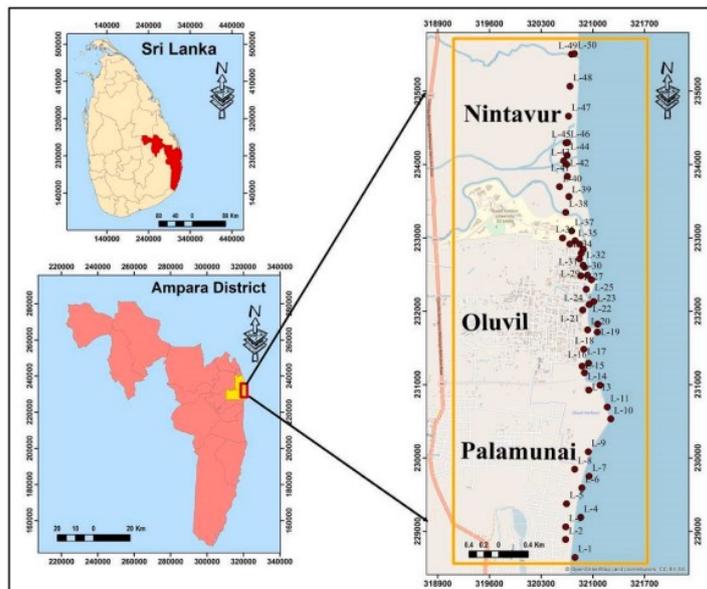
Tulisan ini menggunakan metode studi komparasi melalui penelusuran literatur ilmiah melalui studi deskriptif serta analisis berdasarkan teori dan kondisi yang relevan. Lokasi studi kasus yang dipilih adalah Sri Lanka dan Indonesia dikarenakan memiliki karakteristik serupa yakni negara kepulauan, rentan terhadap erosi, adanya kejadian tsunami di tahun 2004, dan aktivitas manusia serta keterkaitan antara perubahan garis pantai dan pengaruhnya dalam kebijakan mengenai pengelolaan kawasan pesisir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

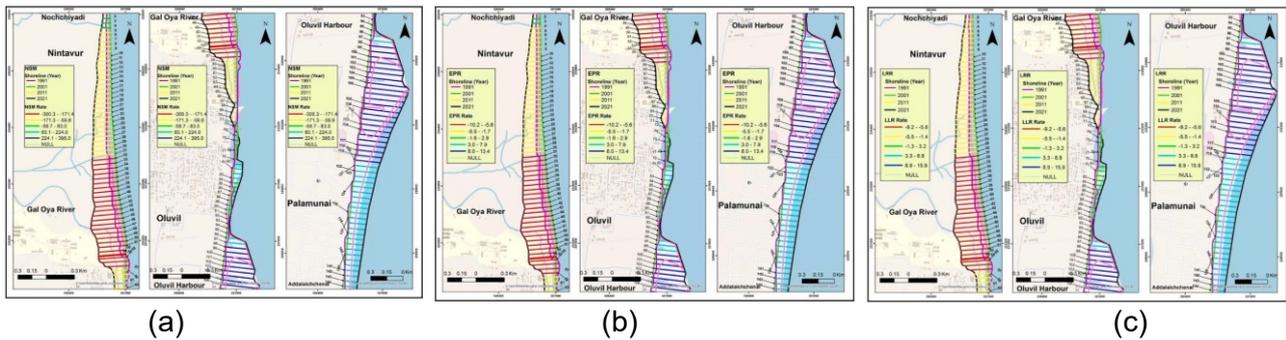
### Perubahan Garis Pantai di Ampara District, Sri Lanka

Penelitian tentang perubahan garis pantai di Sri Lanka yang digunakan dalam studi literatur ditulis oleh Nijamir *et al.* (2023) pada jurnal *Ocean and Coastal Management* dengan judul "Geoinformatics application for estimating and forecasting of periodic shoreline changes in the east coast of Ampara District, Sri Lanka". Paper ini bertujuan mengkaji perubahan garis pantai pada periode 1991 - 2021 yang dibagi kedalam 3 bagian (1991 – 2001, 2001 – 2011, 2011 – 2021) serta membuat prediksi perubahan garis pantai yang akan terjadi di Ampara distrik pada tahun 2031 dan 2041 sehingga dapat dijadikan sebagai sebuah upaya mitigasi dalam melindungi kawasan pesisir dengan mengintegrasikan hasil prediksi terhadap pengelolaan kawasan pesisir dari pengaruh perubahan iklim dan aktivitas manusia.

Penelitian ini menggunakan data citra satelit yang bersumber dari *Google Earth* dan Landsat dengan membagi wilayah studi kedalam 3 desa yaitu Nintavur, Oluvil, dan Palamunai yang dapat dilihat pada Gambar 1. Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan pengolahan ekstraksi garis pantai dengan menggunakan *software Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) yang merupakan sebuah ekstensi dari *software Geographic Information System* (GIS) yang dapat mengidentifikasi pergerakan garis pantai melalui penghitungan statistik dengan beberapa variabel yang diukur dari perbedaan garis pantai hasil ekstraksi dengan garis pangkal, kemudian prediksi garis pantai tahun 2031 dan 2041 menggunakan algoritma Kalman Filter selain itu penelitian ini juga mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan dari SLR terhadap perubahan penggunaan lahan. Variabel statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Net Shoreline Movement (NSM), End Point Rate (EPR), dan Linear Regression Rate (LRR). NSM adalah selisih antara jarak dari garis pantai terlama dengan garis pantai terbaru yang didelineasi dalam penelitian. EPR adalah pembagian jarak gerakan garis pantai dengan waktu yang dibutuhkan antara posisi garis pantai yang terlama dan terbaru. LRR adalah uji statistik terhadap regresi statistik untuk menghitung nilai mean dari residu agar sesuai dengan garis untuk setiap transek dimana kemiringan garis memprediksi tingkat perubahan garis pantai (Himmelstoss *et al.*, 2018; Nazeer *et al.*, 2020; Zoysa *et al.*, 2023).



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (Sumber : Nijamir *et al.*, 2023)



**Gambar 2.** Hasil NSM (a), hasil EPR (b), dan hasil LRR (c) (Sumber: Nijamir *et al.*, 2023)

Hasil penelitian Nijamir *et al.*, (2023) menyebutkan bahwa erosi terparah terjadi di wilayah Oluvil dengan nilai sekitar (-300,3) dan (-171,4) m/tahun di wilayah dekat pelabuhan. Nilai NSM berturut turut untuk wilayah Nintavur dan Palamunai adalah sebesar (-171,3) – 59,8 m/ tahun dan 224,1 – 395 m/tahun (Gambar 2a). Nilai EPR di bagian selatan pelabuhan berada pada rentang 8 – 13, m/tahun sedangkan pada bagian utara pelabuhan tercatat antara (-10,2) – (-5,6) m/tahun (Gambar 2b). Nilai LRR di bagian utara sebesar (-5,6) – (-9,2) m/tahun, dan 8,9 – 15,9 m/tahun di bagian selatan (Gambar 2c). Sementara itu, hasil prediksi garis pantai diperkirakan akan mengalami erosi dan akresi sebesar 61,4 ha dan 33,4 ha di tahun 2031, serta 81,7 ha dan 44,9 ha pada tahun 2041 yang ditampilkan pada gambar 3.

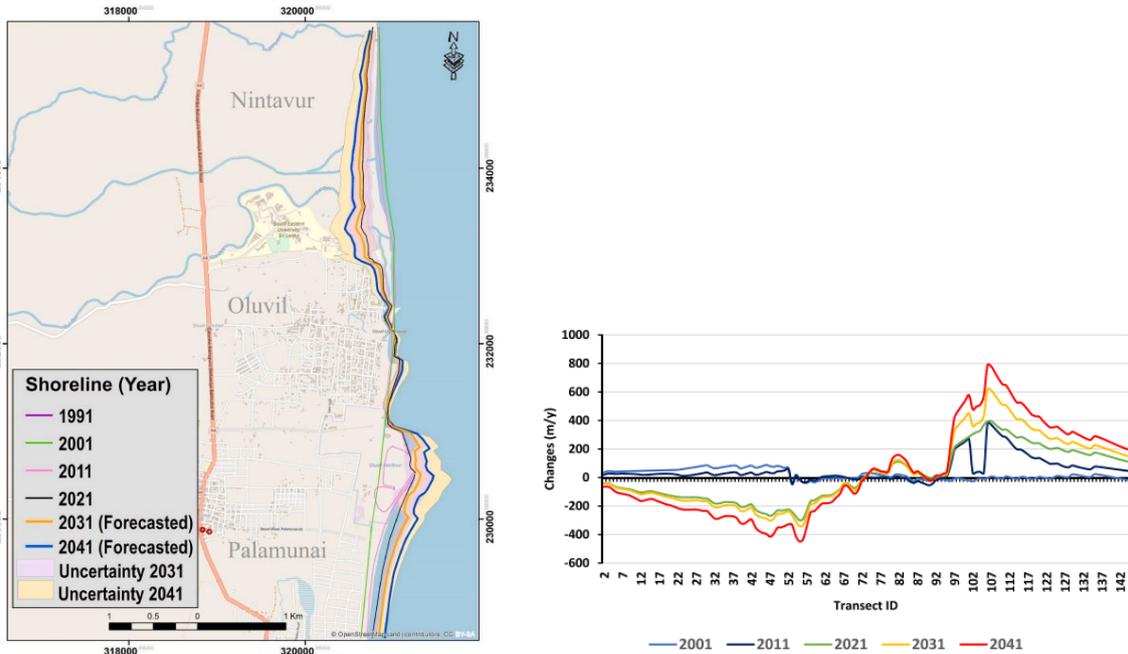
### Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Bengkayang, Indonesia

*Paper* kedua menggunakan studi kasus di Indonesia terletak di Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat yang ditulis oleh Moh. Dede *et al.*, (2023) berjudul “*Multivariate analysis and modeling of shoreline changes using geospatial data*” yang dipublish pada jurnal Geocarto International. Penelitian tersebut bertujuan untuk menganalisis faktor yang mempengaruhi perubahan garis pantai di Kabupaten Bengkayang yang terjadi selama rentang waktu 1981, 1991, 2001, 2011, dan 2021 serta membuat prediksi perubahan garis pantai tahun 2031 dan 2041. Penelitian ini menggunakan data citra satelit Landsat untuk membuat ekstraksi garis pantai dan data garis pangkal yang bersumber dari peta Hindia Belanda tahun 1945 yang dibagi menjadi 8 segmen yang ditunjukkan pada gambar 4. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan parameter statistik lebih banyak dari paper sebelumnya yaitu EPR, LRR, *R-Square of Linear Regression (LRR)*, *Shoreline change envelope (SCE)*, *NSM*, dan *Standar error of linear regression (LSE)* yang diolah dalam *software DSAS*. Selain itu penelitian ini menambahkan variabel fisik berupa data *Total Suspended Solid (TSS)*, *underwater slope*, *underwater depth*, kecepatan angin, konstruksi kawasan pesisir, dan jarak dari estuari ke sungai. Sebelumnya terdapat beberapa penelitian tentang perubahan garis pantai menggunakan variabel fisik seperti data bathymetry, pasang surut (Widiawaty *et al.*, 2020), dan karakteristik oseanografi (Ervida *et al.*, 2017).

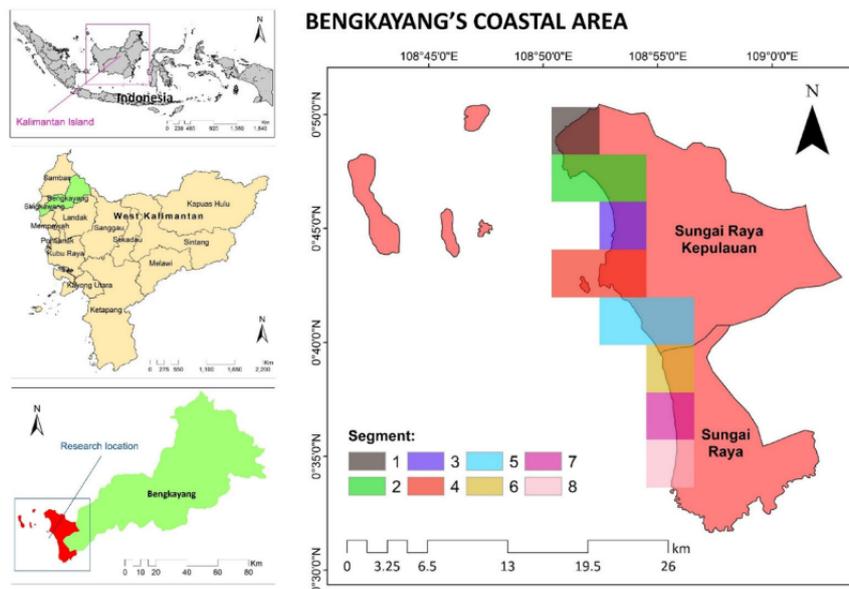
Hasil studi Dede *et al.*, (2023) menyebutkan garis pantai di Kabupaten Bengkayang berada pada kondisi sangat dinamis antara terjadinya akresi dan abrasi. Secara umum akresi terjadi di tahun 1981, 1991, dan 2021 yang dimanfaatkan sebagai kawasan mangrove atau lahan garam, sedangkan abrasi secara dominan terjadi di tahun 2001 dan 2011 yang ditunjukkan pada gambar 5a dengan pola perubahan yang digambarkan menggunakan grafik pada gambar 5b. Segmen 8 merupakan wilayah paling dinamis terhadap perubahan garis pantai karena mengalami akresi – abrasi – akresi setiap 10 tahun dengan pola yang berbeda, sedangkan segmen 1 dan 5 adalah segmen paling stabil terhadap perubahan garis pantai.

Prediksi perubahan garis pantai di wilayah ini pada tahun 2031 dan 2041 menunjukkan adanya indikasi abrasi yang berturut – turut diperkirakan akan mengurangi luas daratan sebesar 211,52 meter, dan 244,04 meter serta potensi akresi sehingga menyebabkan adanya penambahan daratan

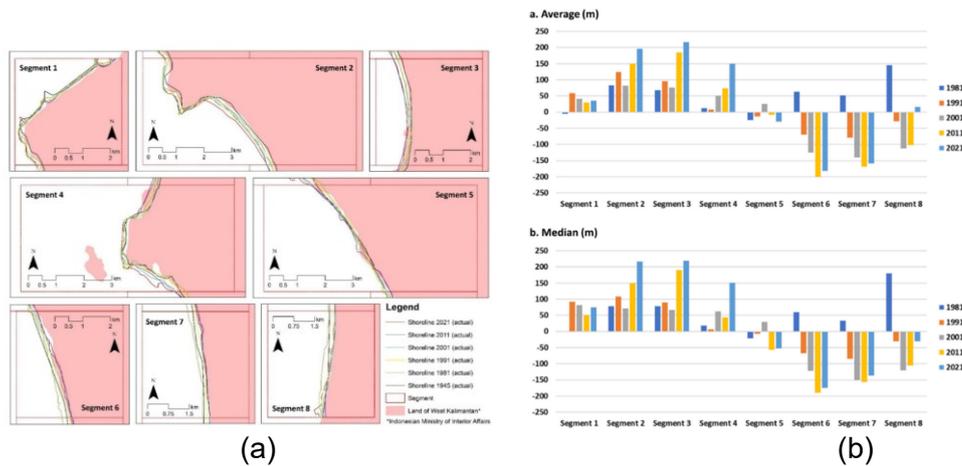
sebesar 186,46 meter, dan 217,60 meter yang ditampilkan pada gambar 6, namun dalam penelitian ini tidak disebutkan algoritma yang digunakan untuk membuat pemodelan/prediksi. Dinamika perubahan garis pantai ini membawa implikasi pentingnya strategi yang tepat dalam pengelolaan kawasan pesisir. Pendekatan yang tepat akan mampu melindungi kawasan pesisir dari bahaya abrasi dan akresi yang akan berpengaruh pada aktivitas sosial.



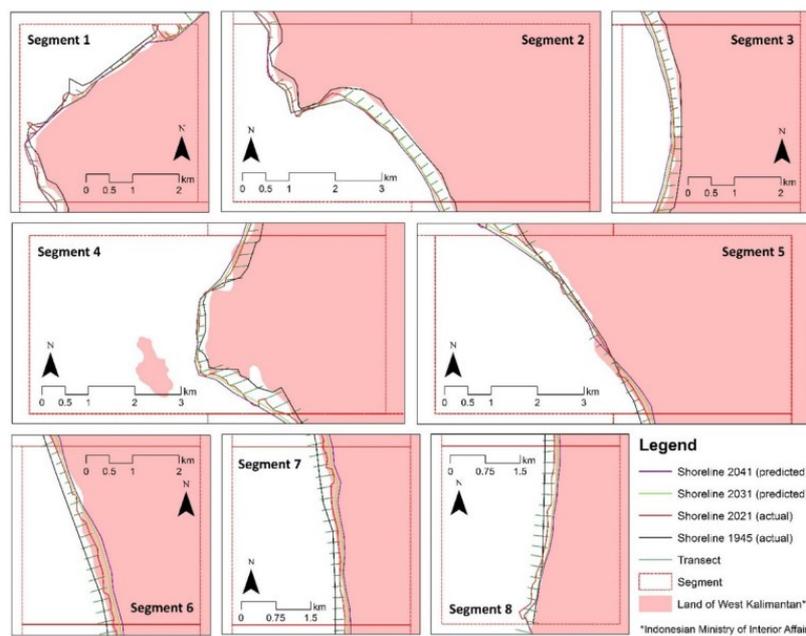
**Gambar 3.** Perubahan garis pantai di tahun 2001, 2011, dan 2021 serta prediksi garis pantai tahun 2031 dan 2041 (Sumber: Nijamir *et al.*, 2023)



**Gambar 4.** Lokasi Penelitian (Sumber: Dede *et al.*, 2023)



**Gambar 5.** Kondisi garis pantai di Kabupaten Bengkayang tahun 1981, 1991, 2001, 2011, dan 2021 (a), Grafik perubahan garis pantai setiap segmen yang diukur berdasarkan garis pangkal (b) (Sumber: Dede *et al.*, 2023)



**Gambar 6.** Prediksi garis pantai Kabupaten Bengkayang tahun 2031 dan 2041 (Sumber: Dede *et al.*, 2023)

### Faktor dan Dampak dari Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai di Sri Lanka secara umum disebabkan dari dinamika geomorfologi dan proses hidrodinamika akibat kondisi yang rentan terhadap banjir rob, tsunami, angin muson, dan badai. Pembangunan infrastruktur seperti konstruksi pantai, pengerukan pelabuhan, konstruksi pemecah gelombang lepas pantai, konstruksi kawasan pemancingan meningkatkan resiko perubahan geomorfologi yang ditimbulkan dari aktivitas sosial ekonomi. Beberapa penelitian terdahulu di wilayah ini menyebutkan perubahan garis pantai secara signifikan terjadi setelah adanya pembangunan pelabuhan Oluvil (Zahir *et al.*, 2021; Zoysa *et al.*, 2023). Pembangunan

pelabuhan pada tahun 2008 membuat garis pantai mengalami perubahan signifikan dan terjadi anomali diantara tahun 2011 dan 2021 yang mengakibatkan lebih dari 3000 pohon kelapa musnah, beserta penurunan sumber daya ikan, dampak lain dari pembangunan pelabuhan ini juga dijelaskan oleh Zoysa *et al.*, (2023) yakni adanya endapan sedimen di sepanjang bagian utara dan selatan pantai, lebih lanjut pada periode antara 2008 – 2021 bagian utara pelabuhan Oluvil mengalami erosi yang terkuat di wilayah NintHAVUR, sedangkan bagian selatan mengalami akresi di wilayah Palamunai. Sedangkan di Indonesia khususnya di Kabupaten Bengkayang, faktor yang mempengaruhi perubahan garis pantai adalah kedalaman laut (*depth*), estuary sungai, dan konstruksi pantai. Kedalaman air memiliki pengaruh pada kondisi perairan yang cenderung dangkal di wilayah Kabupaten Bengkayang. Kondisi perairan dangkal berpotensi membawa endapan material yang akan terbawa oleh arus dan gelombang yang dipengaruhi oleh gerakan angin. Konstruksi pantai berpengaruh positif karena berdampak pada kemampuan pantai untuk menahan arus dan sedimentasi yang menyebabkan terjadinya akresi. Faktor lain yang mempengaruhi perubahan garis pantai adalah tipologi penyusun pantai dan formasi geologi yang menentukan jenis tanah di kawasan pesisir. Adanya peningkatan populasi di kawasan pesisir juga akan mempengaruhi perubahan garis pantai dan perubahan penggunaan lahan menjadi kawasan terbangun untuk permukiman. Perubahan garis pantai akan membawa dampak bagi perubahan penggunaan lahan dan aktivitas sosial ekonomi. Salah satunya adalah lahan pertanian yang juga dipengaruhi dari adanya pembangunan pelabuhan yang menghambat jalur irigasi untuk penanaman padi selain itu perubahan tutupan lahan juga dapat dimanfaatkan untuk penanaman mangrove sebagai sebuah upaya rehabilitasi lingkungan dan menjaga ekosistem di kawasan pesisir. Aktivitas nelayan dalam hal penangkapan ikan juga terancam akibat adanya perubahan garis pantai. (Dede *et al.*, 2023; Widiawaty *et al.*, 2020; Trismi Harjanti *et al.*, 2022; Inaku *et al.*, 2021).

### **Kebijakan Pengelolaan Wilayah Pesisir di Indonesia**

Pengelolaan wilayah pesisir dan laut merupakan salah satu tujuan dari pembangunan berkelanjutan. Pengelolaan wilayah pesisir dapat dilakukan dengan mengacu pada *Integrated Coastal Management Zone* (ICZM) yang dituangkan dalam peraturan yang memiliki dasar hukum. Undang – Undang nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintah Daerah disebutkan pada pasal 27 dan 14 bahwa Provinsi memiliki kewenangan untuk mengelola sumber daya alam di laut yang ada di wilayahnya paling jauh 12 mil laut dari garis pantai, dan Kabupaten/Kota diberikan alokasi bagi hasil kelautan yang berada sejauh 4 mil laut dari garis pantai. Kewenangan pengelolaan laut dan bagi hasil kelautan dikonversi kedalam Dana Alokasi Umum (DAU) yang dianggarkan melalui APBN setiap tahunnya oleh Pemerintah Pusat kepada Pemerintah Daerah. Salah satu parameter penghitungan DAU adalah luas wilayah baik luas wilayah darat ataupun luas wilayah laut. Dalam menghitung luas wilayah, garis pantai memiliki peranan penting dalam pembentukan *polygon/area* wilayah administrasi sehingga perubahan garis pantai akan berimplikasi pada besar luas wilayah yang mempengaruhi angka DAU. Pengelolaan kawasan pesisir juga didukung dengan pembuatan peraturan daerah tentang Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau – Pulau Kecil (RZWP3K) yang merupakan rencana tata ruang dengan lingkup penataan ruang laut dengan masa berlaku 20 tahun yang digunakan sebagai acuan pemanfaatan ruang laut berupa rencana struktur dan pola ruang, yang memuat ketentuan dalam pemanfaatan wilayah pesisir hingga 12 mil laut yang diukur dari garis pantai. Untuk itu diperlukan sebuah upaya mitigasi dalam pengelolaan kawasan pesisir dan kelautan untuk meminimalisir adanya perubahan garis pantai yang disebabkan oleh aktivitas manusia dan aktivitas alamiah yang dapat dituangkan dalam bentuk kebijakan atau peraturan. Selain itu upaya mitigasi juga diperlukan untuk menjaga ekosistem pantai.

### **KESIMPULAN**

Perubahan garis pantai merupakan kejadian alamiah yang tidak dapat dihindari. Sri Lanka dan Indonesia memiliki kondisi geografis yang serupa dimana merupakan negara kepulauan dengan garis pantai yang terbentang di seluruh wilayah. Persamaan kondisi iklim serta rentan terhadap

adanya erosi membuat perubahan garis pantai di negara ini tidak dapat dihindari. Perubahan garis pantai dapat diketahui dengan melakukan pengolahan menggunakan variabel statistik (EPR, NSM, SCE, LRR) ataupun diintegrasikan dengan variabel fisik (TSS, Elevasi dasar laut, estuary sungai). Berdasarkan studi komparasi yang dilakukan melalui dua penelitian tentang perubahan garis pantai yang menggunakan variabel berbeda, prediksi perubahan garis pantai yang memperhitungkan variabel non statistik akan memberikan perhitungan yang jauh lebih lengkap sehingga membantu dalam pengambilan kebijakan, namun pemilihan variabel fisik yang digunakan perlu melihat karakteristik lingkungan di sekitar pesisir untuk mengetahui hubungan antara kondisi fisik dengan perubahan garis pantai yang terjadi. Konstruksi di wilayah sekitar pesisir pantai Bengkayang justru membawa dampak positif, sedangkan berlaku sebaliknya di Sri Lanka dimana salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai adalah karena konstruksi pantai. Pembangunan di sekitar kawasan pesisir yang tidak diintegrasikan dengan manajemen pengelolaan kawasan pesisir akan berdampak pada kerusakan lingkungan dan menjadi ancaman bagi ekosistem laut. Perubahan garis pantai memberikan dampak dalam pengelolaan wilayah pesisir yang disesuaikan dengan kebijakan yang diambil oleh masing – masing negara. Perubahan garis pantai yang terjadi di Indonesia akan berpengaruh pada perubahan luas wilayah yang menjadi salah satu parameter menghitung luas wilayah laut yang digunakan dalam penghitungan Dana Alokasi Umum, untuk itu pemodelan prediksi perubahan garis pantai bertujuan untuk menjadi sebuah alarm pengingat dan memberikan desakan bagi pemangku kebijakan untuk memilih prioritas langkah yang akan dilakukan dalam mengkonservasi dan merehabilitasi kawasan pesisir. Pengembangan penelitian selanjutnya mengenai prediksi perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan menggunakan data dasar dari hasil survey terestris atau LIDAR.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Zubieri, A.G., Ghandour, I.M., Bantan, R.A., & Basaham, A.S., 2020. Shoreline Evolution Between Al Lith and Ras Mahāsin on the Red Sea Coast, Saudi Arabia Using GIS and DSAS Techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48(10):1455–1470. DOI: 10.1007/s12524-020-01169-6
- Ankrah, J., Monteiro, A., & Madureira, H., 2022. Bibliometric Analysis of Data Sources and Tools for Shoreline Change Analysis and Detection. *Sustainability*, 14(9). DOI:10.3390/su14094895
- Badr Hussein, K., Ibrahim, M., & Mousa, B.G., 2023. Modeling and Analysis of Shoreline Change in the Sidi Abdel Rahman Coast Area, Egypt. *Naše More*, 70(1):23–37. DOI: 10.17818/NM/2023/1.4
- Dede, M., Susiati, H., Widiawaty, M.A., Kuok-Choy, L., Aiyub, K., & Asnawi, N.H., 2023. Multivariate analysis and modeling of shoreline changes using geospatial data. *Geocarto International*, 38(1):2159070 DOI: 10.1080/10106049.2022.2159070
- Dewi, R.S., & Bijker, W., 2020. Dynamics of Shoreline Changes in The Coastal Region of Sayung, Indonesia. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(2):181–193. DOI: 10.1016/j.ejrs.2019.09.001
- Ervita, K., & Marfai, M.A., 2017. Shoreline Change Analysis in Demak, Indonesia. *Journal of Environmental Protection*, 8(8):940–955. DOI: 10.4236/jep.2017.88059
- 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*, 126. DOI: 10.1016/j.pce.2022.103135
- Hossen, M.F., & Sultana, N., 2023. Shoreline change detection using DSAS technique: Case of Saint Martin Island, Bangladesh. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 30. DOI: 10.1016/j.rsase.2023.100943
- Inaku, D.F., Nurdin, N., & Satari, D.Y., 2021. Perubahan Garis Pantai pada Musim Timur dan Barat kaitannya dengan Karakteristik Gelombang di Pesisir Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(3):302–310. DOI: 10.14710/jkt.v24i3.11095
- Laksono, F.A.T., Borzi, L., Distefano, S., Di Stefano, A., & Kovács, J., 2022. Shoreline Prediction Modelling as a Base Tool for Coastal Management: The Catania Plain Case Study (Italy). *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12):1988. DOI: 10.3390/jmse10121988

- Mishra, M., Sudarsan, D., Kar, D., Naik, A.K., Das, P.P., Santos, C.A.G., & da Silva, R.M., 2020. The Development and Research Trend of Using Dsas Tool For Shoreline Change Analysis: A Scientometric Analysis. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 14(1):69–77. DOI: 10.4090/juee.2020.v14n1.069077
- Natarajan, L., Sivagnanam, N., Usha, T., Chokkalingam, L., Sundar, S., Gowrappan, M., & Roy, P.D., 2021. Shoreline Changes Over Last Five Decades and Predictions for 2030 and 2040: a case study from Cuddalore, southeast coast of India. *Earth Science Informatics*, 14(3):1315–1325. DOI: 10.1007/s12145-021-00668-5
- Nazeer, M., Waqas, M., Shahzad, M.I., Zia, I., & Wu, W., 2020. Coastline Vulnerability Assessment Through Landsat and Cubesats in a Coastal Mega City. *Remote Sensing*, 12(5):749. DOI: 10.3390/rs12050749
- Nijamir, K., Ameer, F., Thennakoon, S., Herath, J., Iyoob, A.L., Zahir, I.L.M., Sabaratnam, S., Fathima, J.M.V., & Madurapperuma, B., 2023. Geoinformatics Application for Estimating and Forecasting of Periodic Shoreline Changes in The East Coast of Ampara District, Sri Lanka. *Ocean and Coastal Management*, 232. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2022.106425
- Samarasekara, R.S.M., Sasaki, J., Jayaratne, R., Suzuki, T., Ranawaka, R.A.S., & Pathmasiri, S.D., 2018. Historical Changes in The Shoreline and Management of Marawila Beach, Sri Lanka, from 1980 to 2017. *Ocean and Coastal Management*, 165:370–384. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2018.09.012
- Toure, S., Diop, O., Kpalma, K., & Maiga, A.S., 2019. Shoreline Detection Using Optical Remote Sensing: A review., *International Journal of Geo-Information*, 8(2):75. DOI:10.3390/ijgi8020075
- Tsiakos, C.A.D., & Chalkias, C., 2023. Use of Machine Learning and Remote Sensing Techniques for Shoreline Monitoring: A Review of Recent Literature. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(5):3268. DOI: 10.3390/app13053268
- Warnasuriya, T.W.S., Gunaalan, K., & Gunasekara, S.S., 2018. Google Earth: A New Resource for Shoreline Change Estimation Case Study from Jaffna Peninsula, Sri Lanka. *Marine Geodesy*, 41(6):546–580. DOI: 10.1080/01490419.2018.1509160
- Wawan, W., Harjanti, D.T., & Sulistyarini, S., 2022. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode DSAS di Desa Karimunting Kabupaten Bengkayang. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 6(1):121-131
- Widiawaty, M. A., Nandi, N., & Murtianto, H., 2020. Physical and Social Factors of Shoreline Change in Gebang, Cirebon Regency 1915 – 2019. *Journal of Applied Geospatial Information*, 4(1): 327–334. DOI: 10.30871/jagi.v4i1.2020
- Yum, S.G., Park, S., Lee, J.J., & Adhikari, M.D., 2023. A Quantitative Analysis of Multi-Decadal Shoreline Changes Along the East Coast of South Korea. *Science of The Total Environment*, 876:162756. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162756
- Zahir, I.L.M., Madurapperuma, B., Iyoob, A.L., & Nijamir, K., 2021. Exploring the Ever-Changing Seashore Using Geoinformatics Technology. *Earth (Switzerland)*, 2(3):544–555. DOI: 10.3390/earth2030032
- Zoysa, S., Basnayake, V., Samarasinghe, J.T., Gunathilake, M.B., Kantamaneni, K., Muttill, N., Pawar, U., & Rathnayake, U., 2023. Analysis of Multi-Temporal Shoreline Changes Due to a Harbor Using Remote Sensing Data and GIS Techniques. *Sustainability (Switzerland)*, 15(9): p.7651. DOI: 10.3390/su15097651