



## Model Numerik Perubahan Garis Pantai Tuteuruga Kecamatan Kombi

Ireine A. Larenaung<sup>#a</sup>, Jeffry D. Mamoto<sup>#b</sup>, Ariestides K. T. Dundu<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>a</sup>astinlarenaung1@gmail.com, <sup>b</sup>jeffrymamoto@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>torry@unsrat.ac.id

---

### Abstrak

Kawasan pesisir merupakan salah satu aspek kehidupan yang berperan penting terutama untuk kehidupan yang ada di sekitarnya. Perubahan garis pada wilayah pesisir pantai menjadi salah satu masalah yang kerap terjadi dan harus mendapatkan langkah mitigasi untuk mengurangi resiko kerusakan di sekitarnya. Penelitian ini dilakukan untuk meramalkan perubahan garis pantai yang terjadi dalam kurun waktu 10 tahun kedepan dengan bantuan perangkat lunak CEDAS-NEMOS. Dilakukan pengambilan data-data untuk menjalankan pemodelan perubahan garis pantai Tuteuruga, seperti data topografi bathimetri, data kecepatan angin, data pasang surut dan data garis pantai data angin 5 tahun terakhir dari NASA POWER, data pasang surut dari SRGI-BIG. Hasil penelitian menunjukkan tinggi gelombang berkisar antara 1.5274 sampai 1.6746 m pada kedalaman 1-25 meter, dengan tinggi gelombang pecah 1.5274 m pada kedalaman 1.337 m. Pemodelan perubahan garis pantai mengindikasikan terjadinya penambahan maksimum 2.75 m dengan rata-rata volume sedimen yang ter-transport akibat abrasi sebanyak 1.42 m<sup>3</sup>, sementara tidak terjadi abrasi di lokasi penelitian. Penelitian ini menunjukkan Pantai Tuteuruga mengalami akresi signifikan yang memerlukan penanganan untuk pengelolaan wilayah pesisir berkelanjutan.

*Kata kunci: Pantai Tuteuruga, perubahan garis pantai, CEDAS-NEMOS*

---

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar belakang

Dalam era digital saat ini, pemanfaatan teknologi dan aplikasi berbasis GIS (Geographic Information System) semakin berkembang dalam studi pesisir. Salah satu aplikasi yang dapat digunakan dalam menganalisis perubahan garis pantai adalah CEDAS (Coastal Engineering Design and Analysis System) NEMOS (Nearshore Evolution Modeling System). Aplikasi ini memungkinkan analisis dinamika garis pantai secara lebih akurat dan sistematis, sehingga dapat memberikan gambaran tentang pola perubahan yang terjadi serta membantu dalam proses perencanaan dan pengelolaan pantai secara lebih efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai di Pantai Tuteuruga Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa dengan menggunakan aplikasi CEDAS NEMOS serta merancang perencanaan pantai yang sesuai berdasarkan hasil analisis.

#### 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pemodelan perubahan garis pantai di Pantai Tuteuruga Kecamatan Kombi ?
2. Berdasarkan hasil *running* CEDAS NEMOS, berapa area abrasi dan akresi yang terjadi pada tahun 2025-2035 ?

#### 1.3. Batasan Penelitian

1. Lokasi penelitian hanya pada Pantai Tuteuruga Kecamatan Kombi;

2. Pemodelan perubahan garis pantai di lakukan untuk periode 10 tahun (2025-2035);
3. Penelitian berfokus pada model numerik perubahangaris pantai tanpa mempertimbangkan faktor antropogenik;
4. Tidak menghitung volume sedimentasi

#### 1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk Mengetahui Perubahan Garis Pantai di Kecamatan Kombi
2. Menentukan Tingkat Abrasi Dan Akresi Di Pantai Tukuruga

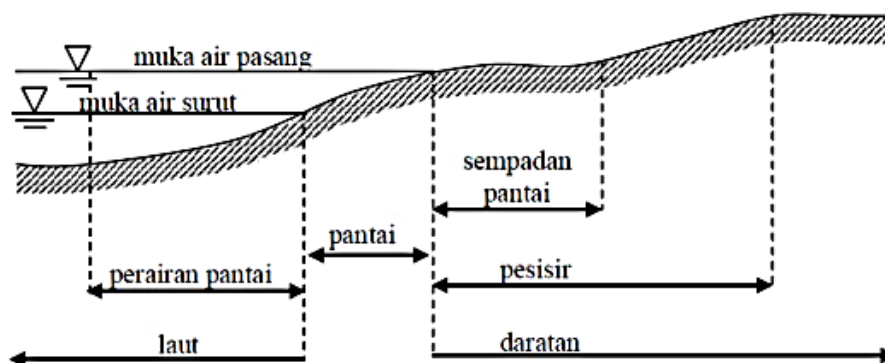
#### 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini, dengan aplikasi CEDAS NEMOS, diharapkan memberikan gambaran yang jelas tentang perubahan garis pantai di Pantai Tukuruga. Hasilnya bisa dipakai untuk mengelola sumber daya pesisir, melindungi lingkungan, dan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Pantai Dan Garis Pantai

Pantai merupakan wilayah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan surut terendah, berfungsi sebagai batas antara lautan dan daratan. Area daratan mencakup bagian di atas dan bawah permukaan tanah, dimulai dari batas pasang tertinggi, sedangkan area lautan mencakup bagian di atas dan bawah permukaan laut, dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan lapisan bumi di bawahnya. Setiap pantai memiliki garis pantai, yaitu batas pertemuan antara daratan dan air laut. Posisi garis pantai tidak tetap dan dapat berubah akibat pasang surut air laut serta proses erosi pantai



**Gambar 1.** Definisi Pantai dan Batasan Pantai  
(Sumber: Teknik Pantai (halaman 2), Bambang Triatmodjo, 1999)

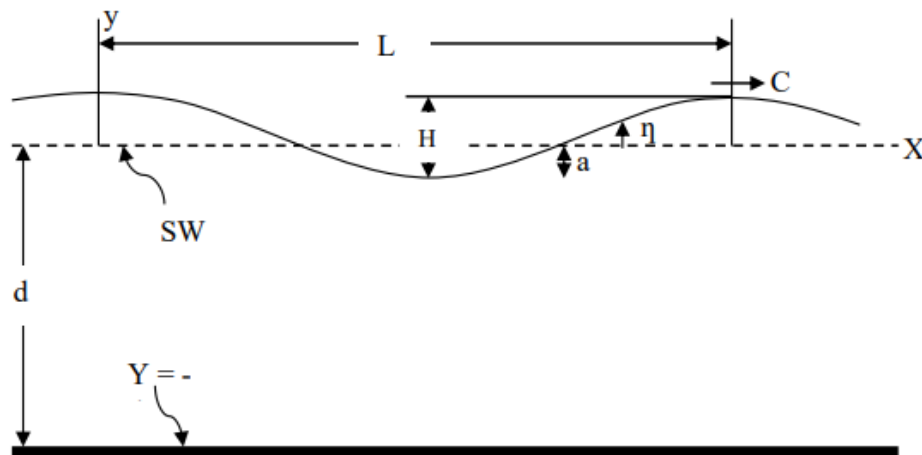
### 2.2. Gelombang

Gelombang merupakan gerakan osilasi permukaan air laut yang terjadi tanpa adanya perpindahan massa dari air laut tersebut. Kondisi seperti itu mengakibatkan permukaan laut hampir tidak pernah berada dalam keadaan tenang. Pembentukan gelombang laut sebagian besar dipicu oleh angin. Namun, ada faktor lain yang juga dapat memicu terjadinya gelombang, seperti gempa bumi, gaya gravitasi bumi dan pengaruh matahari.

#### 2.2.1. Konsep Gelombang Amplitudo kecil (Airy)

Konsep teori gelombang amplitudo kecil pertama kali diperkenalkan oleh Laplace (1776) dan kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh Sir George Biddle Airy (1845). Oleh karena itu, teori ini sering disebut sebagai konsep gelombang amplitudo kecil (Airy). Pendekatan ini

diperoleh dengan menyelesaikan persamaan diferensial parsial Laplace, menggunakan berbagai kondisi batas sederhana.

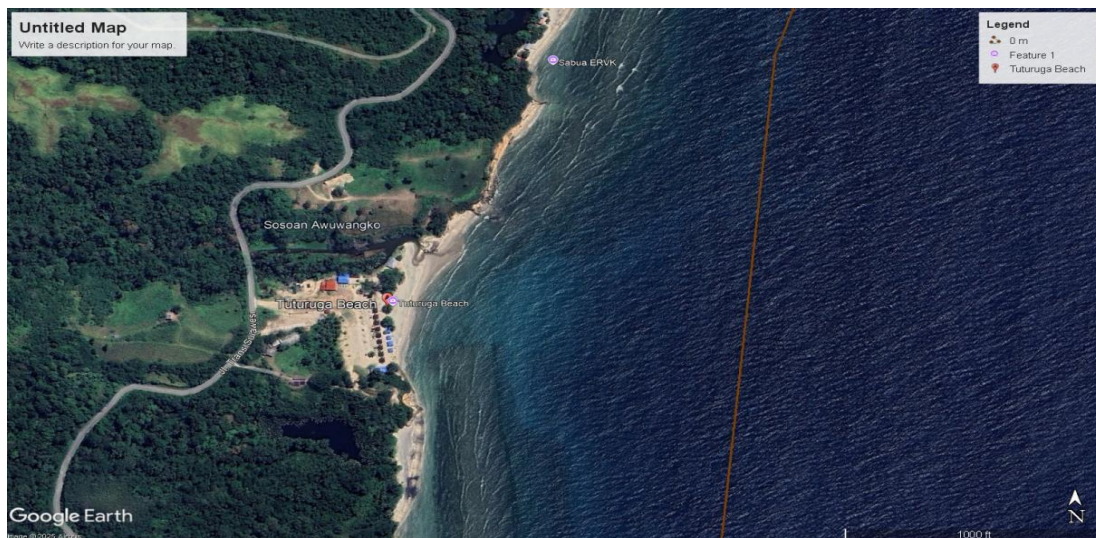


**Gambar 2.** Sketsa Definisi Gelombang  
(Sumber: Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo, 1999)

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1. Survey Lokasi

Survey Lokasi dilakukan guna mendapatkan permasalahan apa yang ada di Pantai Tukuruga, Kecamatan Kombi, Minahasa. Survey lokasi ini, yaitu identifikasi dan inventarisasi permasalahan pantai. Lokasi Penelitian terletak di pantai Tukuruga Kecamatan Kombi, Minahasa yang secara geografis berada 01°43'13"N dan 125°01'09"E.



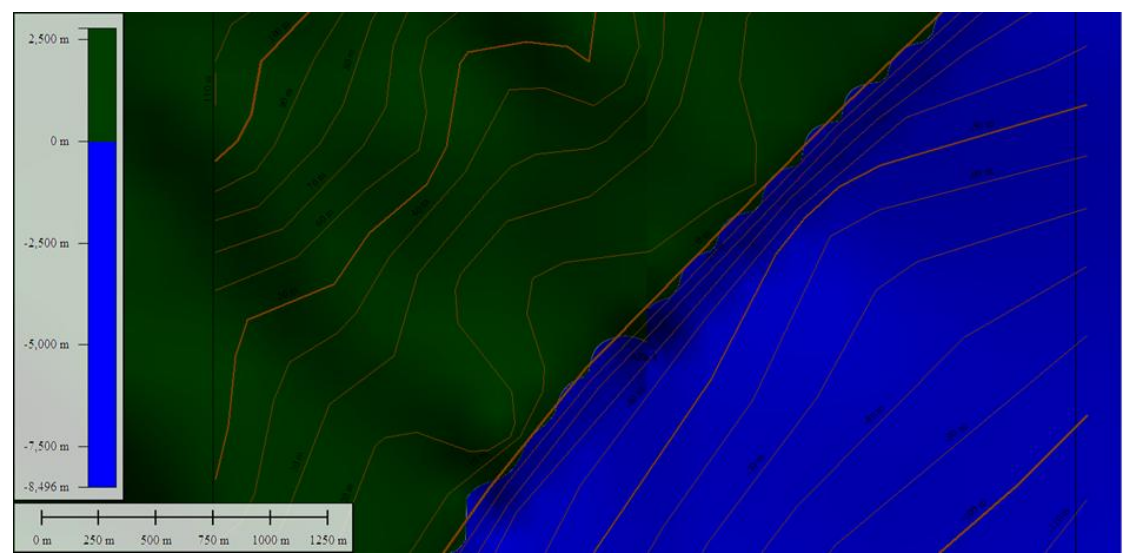
**Gambar 3.** Lokasi Penelitian  
(Sumber Google Earth)

#### 3.2. Teknik Pengumpulan Data

1. Data kecepatan angin 5 tahun terakhir (2020-2025), dari website NASA POWER;
2. Data Pasang Surut, dari website SRGI;
3. Peta lokasi / satelit, dari software Google Earth;
4. Data Bathimetri dari GEBCO, menggunakan software Global Mapper.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Peta Topografi dan Bathimetri Lokasi Penelitian

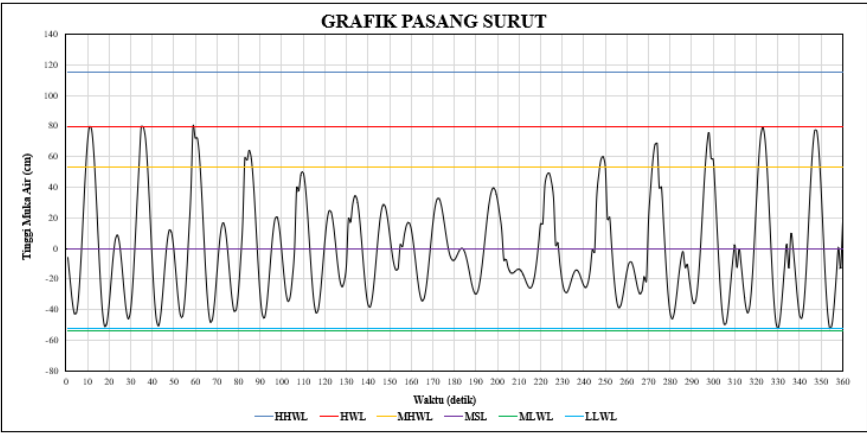


**Gambar 4.** Peta Topografi dan Bathimetri Lokasi Penelitian  
(Sumber: Global Mapper)

4.2 Pasang Surut

**Tabel 1.** Data Pasang Surut Pantai Tuteuruga

| No | Tanggal     | Jam    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Jumlah | Bacan      |
|----|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
|    |             | 0:00   | 1:00   | 2:00   | 3:00   | 4:00   | 5:00   | 6:00   | 7:00   | 8:00   | 9:00   | 10:00  | 11:00  | 12:00  | 13:00  | 14:00  | 15:00  | 16:00  | 17:00  | 18:00  | 19:00  | 20:00  | 21:00  | 22:00  | 23:00  | Bacaan | Rerata/jam |
| 1  | 1-Jan-2025  | -0,057 | -0,198 | -0,337 | -0,423 | -0,418 | -0,304 | -0,091 | 0,181  | 0,459  | 0,681  | 0,798  | 0,78   | 0,631  | 0,382  | 0,086  | -0,195 | -0,404 | -0,506 | -0,491 | -0,38  | -0,216 | -0,052 | 0,061  | 0,09   | 0,077  | 0,00       |
| 2  | 2-Jan-2025  | 0,028  | -0,105 | -0,265 | -0,399 | -0,458 | -0,41  | -0,25  | -0,002 | 0,285  | 0,55   | 0,734  | 0,794  | 0,717  | 0,519  | 0,242  | -0,053 | -0,304 | -0,462 | -0,504 | -0,433 | -0,284 | -0,107 | 0,044  | 0,123  | 0      | 0,00       |
| 3  | 3-Jan-2025  | 0,109  | 0,008  | -0,149 | -0,311 | -0,426 | -0,449 | -0,361 | -0,169 | 0,092  | 0,367  | 0,594  | 0,723  | 0,723  | 0,594  | 0,364  | 0,084  | -0,184 | -0,384 | -0,479 | -0,459 | -0,343 | -0,171 | 0,003  | 0,128  | -0,086 | 0,00       |
| 4  | 4-Jan-2025  | 0,171  | 0,12   | -0,007 | -0,171 | -0,32  | -0,407 | -0,397 | -0,282 | -0,081 | 0,166  | 0,403  | 0,576  | 0,643  | 0,589  | 0,425  | 0,189  | -0,066 | -0,286 | -0,423 | -0,454 | -0,383 | -0,236 | -0,058 | 0,1    | -0,189 | -0,01      |
| 5  | 5-Jan-2025  | 0,197  | 0,207  | 0,133  | -0,002 | -0,157 | -0,284 | -0,344 | -0,313 | -0,193 | -0,008 | 0,199  | 0,38   | 0,49   | 0,501  | 0,411  | 0,238  | 0,022  | -0,188 | -0,346 | -0,419 | -0,397 | -0,289 | -0,129 | 0,04   | -0,251 | -0,01      |
| 6  | 6-Jan-2025  | 0,177  | 0,248  | 0,24   | 0,16   | 0,033  | -0,101 | -0,205 | -0,248 | -0,216 | -0,116 | 0,027  | 0,177  | 0,294  | 0,347  | 0,321  | 0,219  | 0,063  | -0,112 | -0,264 | -0,361 | -0,381 | -0,322 | -0,199 | -0,042 | -0,261 | -0,01      |
| 7  | 7-Jan-2025  | 0,112  | 0,23   | 0,288  | 0,278  | 0,209  | 0,104  | -0,008 | -0,096 | -0,139 | -0,129 | -0,072 | 0,013  | 0,099  | 0,159  | 0,173  | 0,134  | 0,045  | -0,073 | -0,195 | -0,291 | -0,339 | -0,326 | -0,252 | -0,131 | -0,207 | -0,01      |
| 8  | 8-Jan-2025  | 0,013  | 0,153  | 0,262  | 0,323  | 0,329  | 0,284  | 0,204  | 0,109  | 0,021  | -0,043 | -0,075 | -0,075 | -0,052 | -0,021 | 0,001  | 0,001  | -0,027 | -0,081 | -0,151 | -0,223 | -0,276 | -0,297 | -0,274 | -0,205 | -0,1   | 0,00       |
| 9  | 9-Jan-2025  | -0,098 | 0,032  | 0,166  | 0,282  | 0,363  | 0,398  | 0,382  | 0,322  | 0,231  | 0,124  | 0,021  | -0,065 | -0,124 | -0,154 | -0,16  | -0,15  | -0,137 | -0,133 | -0,144 | -0,17  | -0,205 | -0,239 | -0,257 | -0,245 | 0,04   | 0,00       |
| 10 | 10-Jan-2025 | -0,195 | -0,104 | 0,021  | 0,164  | 0,303  | 0,417  | 0,485  | 0,494  | 0,44   | 0,334  | 0,191  | 0,037  | -0,104 | -0,211 | -0,273 | -0,287 | -0,263 | -0,218 | -0,172 | -0,143 | -0,14  | -0,163 | -0,203 | -0,24  | 0,17   | 0,01       |
| 11 | 11-Jan-2025 | -0,253 | -0,222 | -0,138 | -0,005 | 0,163  | 0,339  | 0,489  | 0,584  | 0,602  | 0,537  | 0,397  | 0,207  | 0,001  | -0,184 | -0,317 | -0,382 | -0,377 | -0,318 | -0,231 | -0,147 | -0,093 | -0,085 | -0,122 | -0,189 | 0,256  | 0,01       |
| 12 | 12-Jan-2025 | -0,257 | -0,295 | -0,275 | -0,183 | -0,023 | 0,183  | 0,397  | 0,576  | 0,682  | 0,688  | 0,59   | 0,404  | 0,164  | -0,081 | -0,287 | -0,418 | -0,458 | -0,412 | -0,307 | -0,18  | -0,073 | -0,019 | -0,03  | -0,102 | 0,284  | 0,01       |
| 13 | 13-Jan-2025 | -0,207 | -0,306 | -0,358 | -0,331 | -0,213 | -0,014 | 0,232  | 0,476  | 0,666  | 0,759  | 0,731  | 0,584  | 0,348  | 0,069  | -0,195 | -0,393 | -0,492 | -0,484 | -0,386 | -0,236 | -0,085 | 0,022  | 0,053  | 0,002  | 0,242  | 0,01       |
| 14 | 14-Jan-2025 | -0,114 | -0,255 | -0,372 | -0,419 | -0,366 | -0,208 | 0,033  | 0,31   | 0,565  | 0,739  | 0,794  | 0,713  | 0,512  | 0,233  | -0,063 | -0,317 | -0,478 | -0,521 | -0,452 | -0,303 | -0,123 | 0,03   | 0,113  | 0,101  | 0,152  | 0,01       |
| 15 | 15-Jan-2025 | 0,001  | -0,156 | -0,319 | -0,434 | -0,454 | -0,359 | -0,157 | 0,117  | 0,404  | 0,641  | 0,773  | 0,769  | 0,626  | 0,378  | 0,077  | -0,209 | -0,422 | -0,521 | -0,496 | -0,367 | -0,18  | 0,007  | 0,139  | 0,178  | 0,036  | 0,00       |



**Gambar 5.** Grafik Pasang Surut Lokasi Penelitian

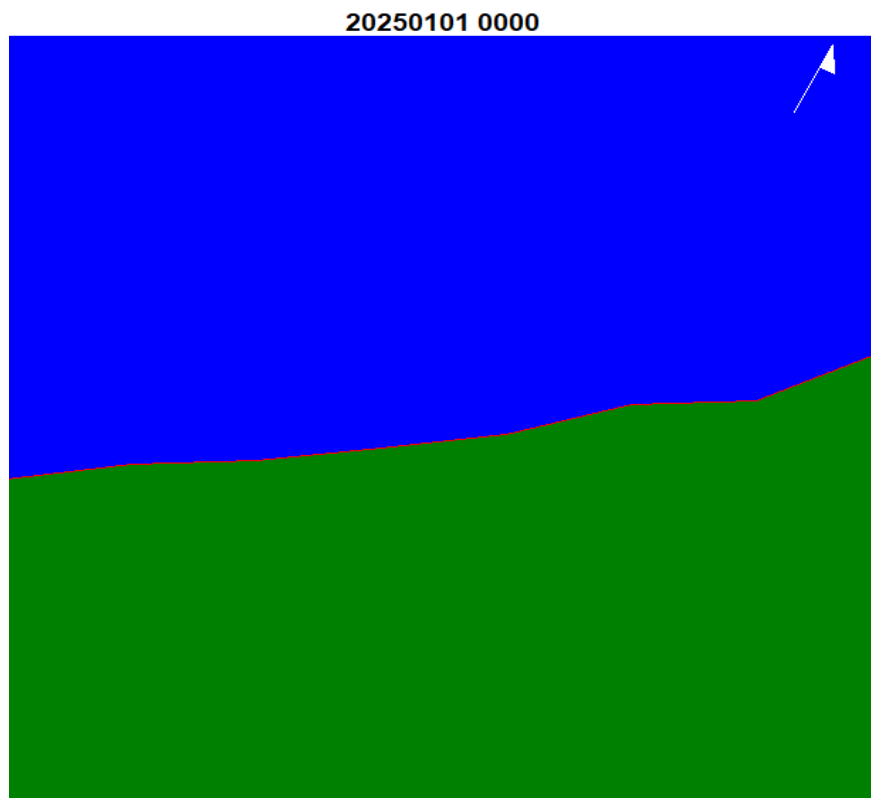
### 4.3 Data Angin

**Tabel 2.** Data Angin untuk Analisis  
(Sumber: NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (POWER))

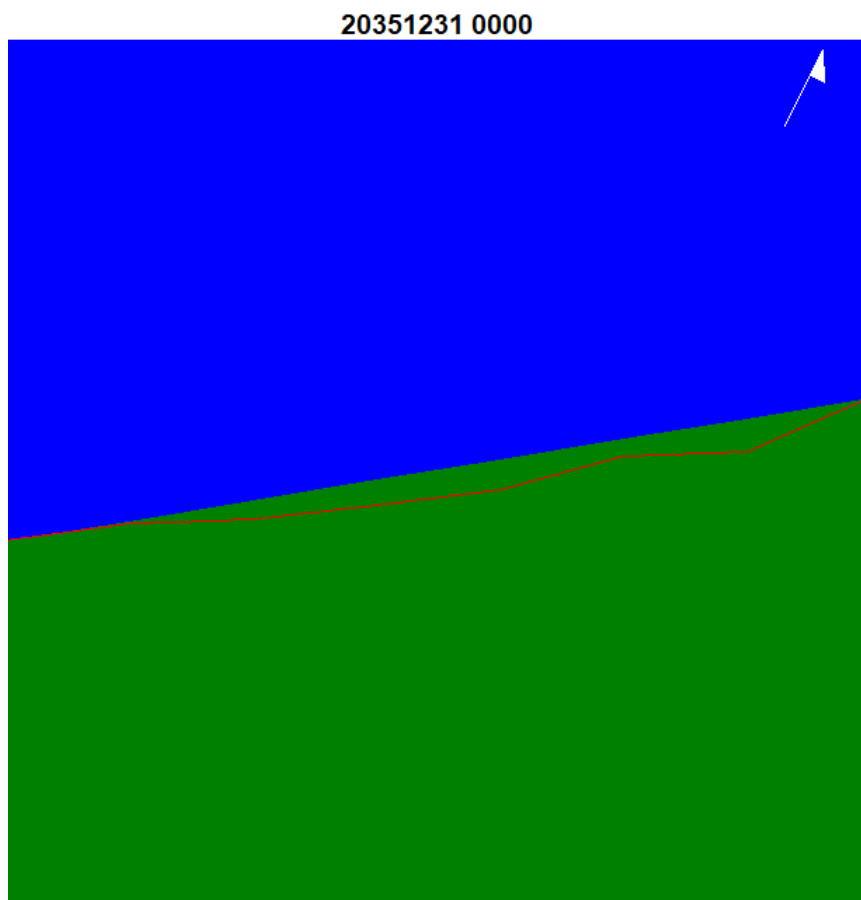
| No | Tanggal         | Arah (Derajat) | Arah | Kec (m/det) |
|----|-----------------|----------------|------|-------------|
| 1  | 1 Januari 2020  | 35.8           | NE   | 8.08        |
| 2  | 2 Januari 2020  | 36.7           | NE   | 5.15        |
| 3  | 3 Januari 2020  | 12.4           | NNE  | 6.34        |
| 4  | 4 Januari 2020  | 24.3           | NNE  | 6.26        |
| 5  | 5 Januari 2020  | 33.9           | NE   | 6.18        |
| 6  | 6 Januari 2020  | 352.6          | N    | 5.41        |
| 7  | 7 Januari 2020  | 314.8          | NW   | 7.95        |
| 8  | 8 Januari 2020  | 350            | N    | 8.66        |
| 9  | 9 Januari 2020  | 9.9            | N    | 4.43        |
| 10 | 10 Januari 2020 | 17.9           | NNE  | 5.09        |
| 11 | 11 Januari 2020 | 340.1          | NNW  | 4.7         |
| 12 | 12 Januari 2020 | 290.3          | WNW  | 8.64        |
| 13 | 13 Januari 2020 | 303.6          | WNW  | 3.52        |
| 14 | 14 Januari 2020 | 354.4          | N    | 3.21        |
| 15 | 15 Januari 2020 | 12.9           | NNE  | 3.64        |
| 16 | 16 Januari 2020 | 357.2          | N    | 3.44        |
| 17 | 17 Januari 2020 | 356.6          | N    | 5.56        |
| 18 | 18 Januari 2020 | 2.2            | N    | 5.67        |
| 19 | 19 Januari 2020 | 20.1           | NNE  | 6.05        |
| 20 | 20 Januari 2020 | 28.4           | NNE  | 7.71        |
| 21 | 21 Januari 2020 | 30.8           | NNE  | 7.72        |
| 22 | 22 Januari 2020 | 19.5           | NNE  | 7.27        |
| 23 | 23 Januari 2020 | 17             | NNE  | 4.92        |
| 24 | 24 Januari 2020 | 26.3           | NNE  | 4.12        |
| 25 | 25 Januari 2020 | 43.4           | NE   | 3.32        |
| 26 | 26 Januari 2020 | 50.7           | NE   | 3.54        |
| 27 | 27 Januari 2020 | 39.3           | NE   | 3.11        |
| 28 | 28 Januari 2020 | 13             | NNE  | 4.24        |
| 29 | 29 Januari 2020 | 359.3          | N    | 4.98        |
| 30 | 30 Januari 2020 | 357.4          | N    | 4.81        |
| 31 | 31 Januari 2020 | 349.8          | N    | 4.55        |

### 4.4 Hasil Pemodelan Perubahan Garis Pantai

Hasil pemodelan garis pantai awal dan garis pantai sesudah perubahan ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



**Gambar 6.** Garis Pantai Awal  
(Sumber: GENESIS)



**Gambar 7.** Garis Pantai Setelah Perubahan  
(Sumber: GENESIS)

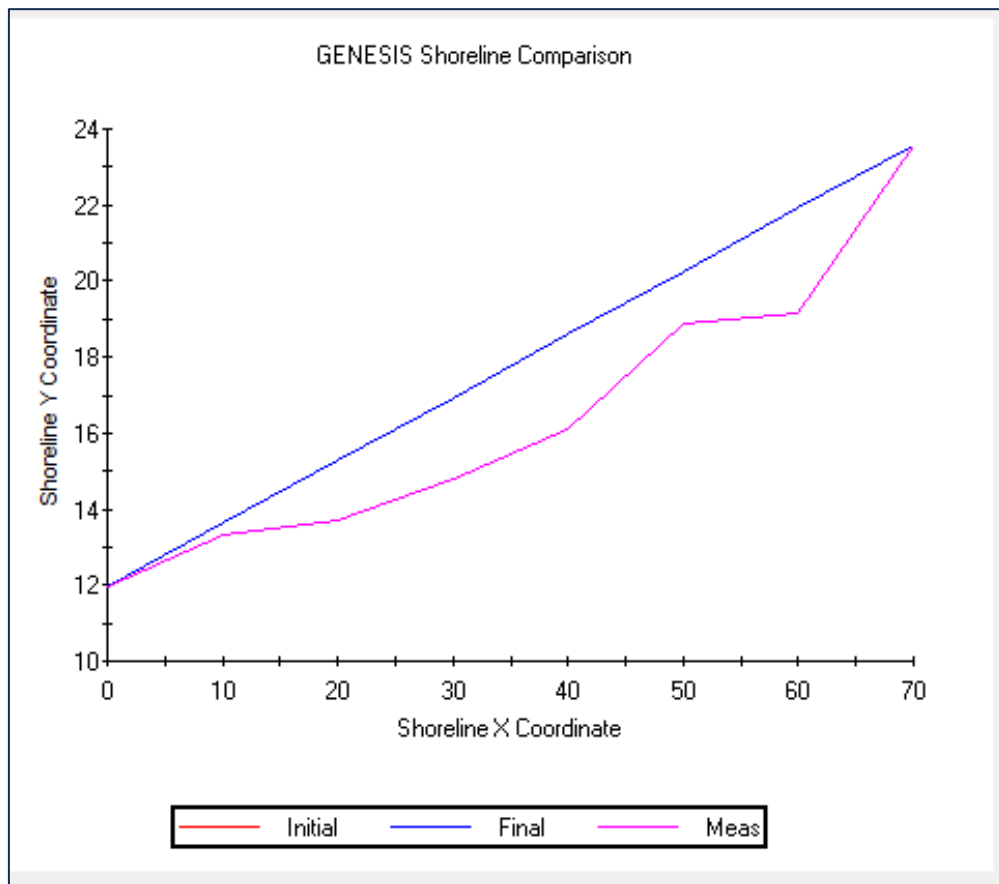
Model perubahan dibagi menjadi 10 interval periode hingga 10 tahun. Untuk uraian hasil keseluruhan posisi setiap koordinat yang mengalami abrasi atau sedimentasi dalam kurun waktu 10 tahun beserta perubahan satuan ukurannya (meter).

SHORELINE POSITION AFTER 10 YEARS = 192768 TIME STEPS. DATE IS 20351231  
11.96 13.62 15.28 16.94 18.60 20.26 21.92 23.58

**Gambar 8.** Hasil Analisis Posisi Garis Pantai Setelah 10 Tahun  
(Sumber: GENESIS)

SHORELINE CHANGE AFTER 10 YEARS = 192768 TIME STEPS. DATE IS 20351231  
0.00 0.32 1.55 2.14 2.52 1.40 2.75 0.00

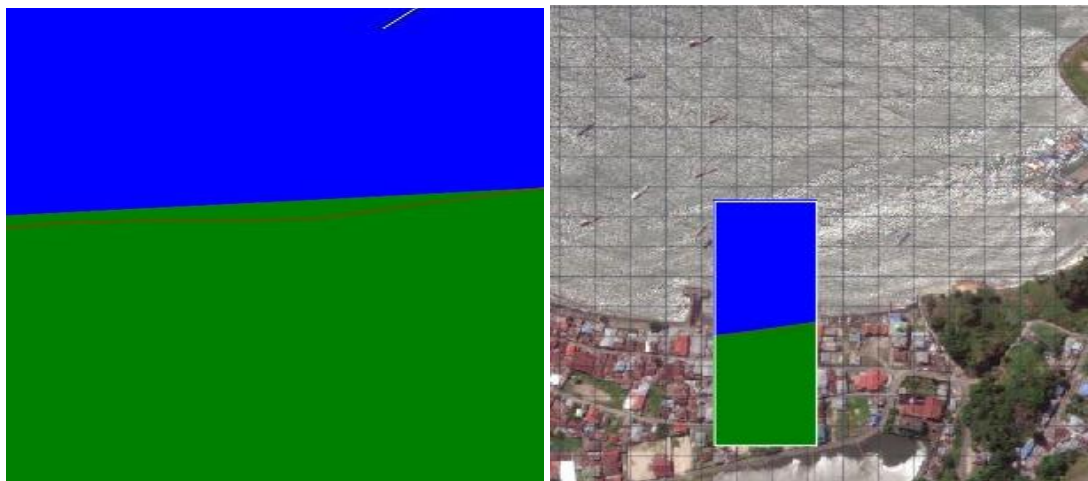
**Gambar 9.** Perubahan Garis Pantai Setelah 10 Tahun  
(Sumber: GENESIS)



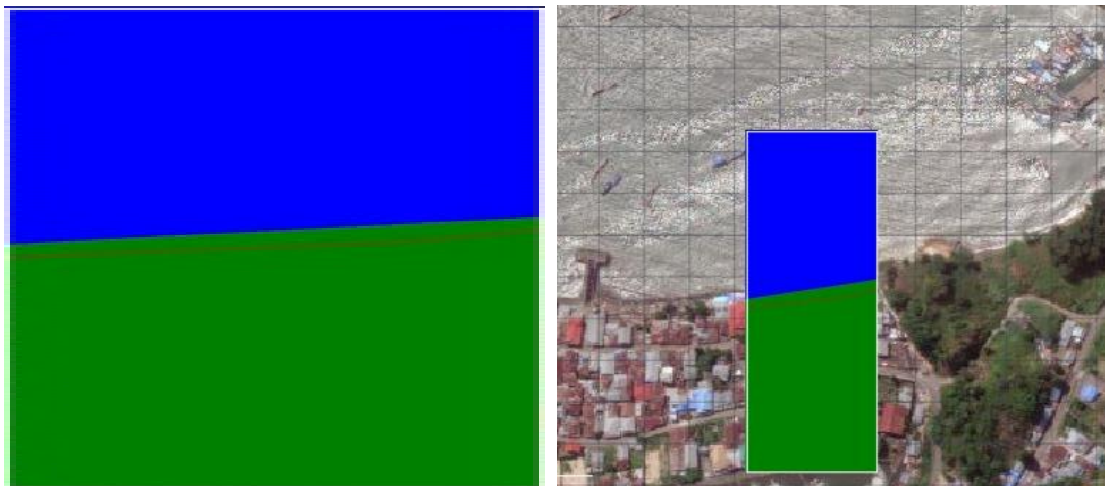
**Gambar 10.** Grafik *Running Shoreline*



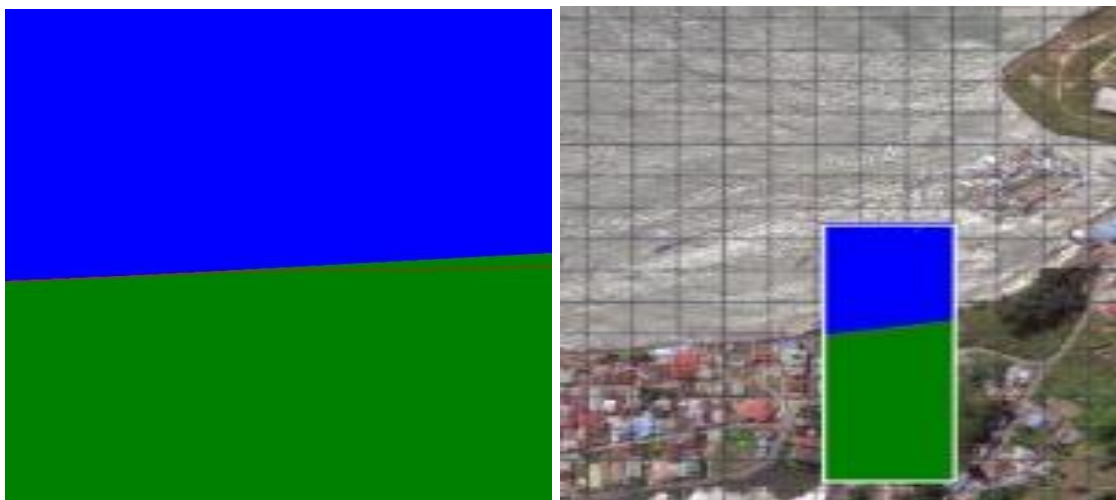
**Gambar 11.** Overlay Perubahan Garis Pantai Selama 10 Tahun (*ditinjau dari koordinat  $X = 0-20$* )



**Gambar 12.** Sekmen 2 (*ditinjau dari koordinat  $X = 20-40$* )



**Gambar 13.** Sekmen 3 (ditinjau dari koordinat  $X = 40-70$ )



**Gambar 14.** Sekmen 4 (ditinjau dari koordinat  $X = 70$ )

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

1. Tinggi gelombang yang di dapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 1,5274 m sampai 1,6746 m pada kedalaman 1 m sampai 25 m berdasarkan Analisa transformasi gelombang terhadap Pantai Tukuruga dengan menggunakan data angin 5 tahun (masa lalu) diperoleh:
  - Tinggi gelombang pecah = 1,5274 m
  - Gelombang pecah pada kedalaman = 1,337m
2. Setelah melakukan simulasi perubahan garis pantai di Pantai Tukuruga menggunakan aplikasi CEDAS dengan modul NEMOS diperoleh:
  - Nilai Penambahan maksimum = 2,75 m
  - Koordinat x = 52
  - Koordinat y = 21,92
3. Rata-rata volume ter transport setelah melakukan simulasi perubahan garis pantai adalah 1,42 m<sup>3</sup> dari garis pantai awal;
4. Tidak mengalami gerusan pada wilayah garis Pantai Tukuruga.

### 5.2 Saran

1. Masukkan data yang tepat sesuai keperluan aplikasi supaya aplikasi berjalan lancar tanpa gangguan atau tidak error

2. Untuk riset berikutnya, sebaiknya gunakan pantai dengan panjang yang lebih ideal agar tampilan visual pemodelan dalam aplikasi jadi lebih jelas.
3. Lakukan pengujian di laboratorium agar hasilnya lebih akurat dan berkualitas.
4. Sebagai solusi untuk masalah pantai yang mungkin terjadi dalam 10 tahun ke depan, pembangunan struktur pantai bisa menjadi pilihan yang baik.

## Referensi

- Dungus, O., Mamoto, J. D., Dundu, A. K. T. 2024. *Analisis Pemodelan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi CEDAS NEMOS di Pantai Baho Kecamatan Likupang Barat*. TEKNO, Vol. 22, Is. 90.
- Gravens, Mark B., Nicholas C, Krauss and Hans Hanson, 1991. GENESIS
- Margotila, M. 2018. *Pemodelan Perubahan Garis Pantai Watu Dodol Kabupaten Banyuwangi Menggunakan Model Numerik CEDAS-NEMOS*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Jember. Jember.
- Galdi, Danial. M. M. dan Lestari A.D.(2023). *Analisa Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi CEDAS NEMOS Di Pantai Kura-Kura Kabupaten Bengkayang*.
- Tantry, N. Thambas, A.H. & Jansen, T. (2021). *Perubahan Garis Pantai Girian Bawah Kota Bitung Akibat Gelombang*.
- Tawoeda, S. P., Tawas, H. J., & Halim, F. 2016. *Studi Transformasi Gelombang Terhadap Garis Pantai Beo Barat Kabupaten Kepulauan Talaud*. Jurnal Sipil Statik, Vol. 4, Is. 3.
- Triatmodjo, B. (1996). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset.