



Perubahan Garis Pantai Menggunakan *Software* MIKE 21 dengan Metode *One – Line Model* (Studi Kasus: Muara Tukad Unda, Klungkung)

Agnes Vania Hutauruk^{a*}, I Gusti Bagus Siladharma^a, I Gusti Ngurah Putra Dirgayusa^a, Irham Adrie Hakiki^b

^aProgram Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

^bBalai Teknik Pantai, Bali, Indonesia

*Corresponding author, email: vaniagnes12@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received: 29 April 2024

Received in revised form: 22 Juni 2024

Accepted: 14 September 2024

Available online: 28 Februari 2025

Keywords: accretion, erosion, one–line model, sensitivity analysis, shoreline change

There is a possibility that the shoreline will change annually. Shoreline changes can be influenced by factors such as waves, currents, wind, tides, and sediment transport. This can lead to erosion and accretion. The area around the Tukad Unda Estuary (from Jumpai Beach to Gunaksa Harbor) is prone to coastal accretion. This study employs the MIKE 21 software and a numerical model method, specifically a one-line model for only one year from 2018 to 2019, to analyze shoreline changes. A sensitivity analysis was also run on six scenarios. Each scenario had a different active depth value to see its effect on shoreline changes and get results close to the coastline in 2019. The basic scenario's active depth is 5 while scenario I's is 75, scenario II's is 185, scenario III's is 279, scenario IV's is 750, and scenario V's is an interpolated number between 75 and 750. The basic scenario simulated with an active depth value of 5 showed an extremely distinct shift in the shoreline from 2019. Following multiple scenario simulations, it was discovered that the result of shoreline changes from scenario V was close to the coastline in 2019. Scenario V reveals both accretion and erosion, but accretion dominates.

ABSTRAK

Kata Kunci: akresi, analisis sensitivitas, erosi, one – line model, perubahan garis pantai

Garis pantai setiap tahunnya akan mengalami perubahan. Perubahan garis pantai dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gelombang, arus, angin, pasang surut, dan transpor sedimen. Hal ini bisa menyebabkan terjadinya erosi dan juga akresi. Wilayah di sekitar Muara Tukad Unda (dari Pantai Jumpai hingga ke Pelabuhan Gunaksa) merupakan daerah yang memiliki masalah akresi pantai. Analisis perubahan garis pantai dalam penelitian ini menggunakan *software* MIKE 21 dengan salah satu metode model numerik yaitu *one – line model* selama satu tahun dari tahun 2018 hingga tahun 2019. Selain itu dilakukan pengujian analisis sensitivitas dengan enam skenario. Setiap skenario memiliki nilai *active depth* yang berbeda – beda dengan tujuan untuk melihat pengaruhnya terhadap perubahan garis pantai serta mendapatkan hasil yang mendekati dengan garis pantai pada tahun 2019. Nilai *active depth* yang digunakan dalam skenario dasar adalah 5, skenario I dengan nilai 75, skenario II dengan nilai 185, skenario III dengan nilai 279, skenario IV dengan nilai 750, dan skenario V dengan nilai interpolasi 75 hingga 750. Simulasi menggunakan skenario dasar dengan nilai *active depth* 5 menghasilkan perubahan garis pantai yang sangat berbeda dari tahun 2019. Setelah melakukan beberapa simulasi skenario, didapatkan bahwa hasil perubahan garis pantai dari skenario V dengan nilai *active depth* interpolasi 75 – 750 mendekati garis pantai pada tahun 2019. Dari hasil skenario V menunjukkan adanya akresi dan erosi namun dominan adanya akresi.

2025 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Garis pantai merupakan garis batas pertemuan antara daratan dan air laut dimana posisinya tidak tetap dan tidak berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi Pantai yang terjadi. Perubahan garis Pantai sangat dipengaruhi oleh proses yang terjadi di sekitar pantai, serta dipengaruhi oleh tiga faktor utama yaitu

transport sedimen, konfigurasi pantai yang berpengaruh satu sama lain, serta kombinasi arus dan gelombang (Triatmodjo, 2016).

Menurut Nizam (1986) dalam Purnaditya *et al.* (2011), perubahan garis pantai dapat diprediksi dengan berbagai cara. Dari cara yang sederhana hingga kompleks dapat diterapkan untuk memprediksi perubahan garis pantai hingga kurun waktu tertentu. Metode yang paling sederhana adalah model matematika (model

2.2 Analisis Data

2.2.1 Pemodelan Gelombang Jangka Panjang

numerik). Ada berbagai macam jenis model numerik seperti *Empirical Orthogonal Function* (EOF) yang dilakukan dalam penelitian Anggraeni (2010) di Pelabuhan Tanjung Perak dan Imawati (2017) di Pantai Lebih, Gianyar. Kemudian model *End Point Rate* (EPR) yang dilakukan oleh Rustamadji *et al.* (2010) di Pantai Sambas, Kalimantan dan Luhwahyudin (2012) yang memperoleh perubahan garis pantai di Pantai Tegal. Selanjutnya, model garis Tunggal (*One – Line Model*) dilakukan oleh Hariyadi (2011) di Teluk Anwar serta Effendi *et al.* (2015) di Pantai Sanur, Bali. Pada penelitian yang menggunakan metode *One – Line Model*, dapat digunakan *input* bangunan pantai yang bekerja sehingga analisis yang dilakukan lebih efektif.

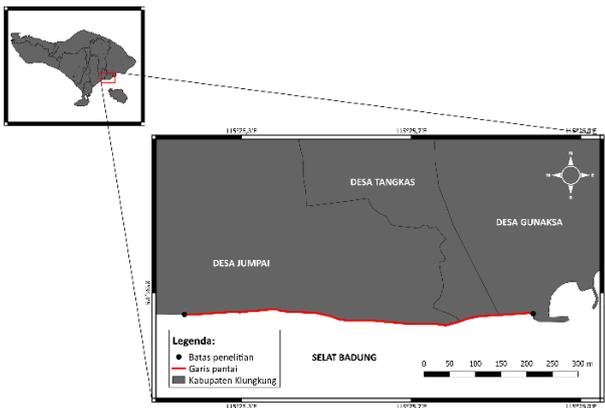
Menurut Hakeem *et al* (2010) dalam Tunji *et al.* (2012), MIKE 21 merupakan perangkat lunak pemodelan numerik yang digunakan untuk meneliti pengaruh pemecah gelombang terhadap garis pantai. Dijelaskan dalam *user guide manual* DHI (2007), MIKE 21 tidak memiliki singkatan khusus. Nama "MIKE" merupakan pilihan merek oleh *Danish Hidraulic Institute* (DHI), kemudian untuk angka "21" pada MIKE 21 menunjukkan bahwa perangkat lunak ini dirancang untuk pemodelan 2D, dengan fokus pada simulasi dan analisis sistem perairan dalam dua dimensi termasuk hidrodinamika, transpor sedimen, dan kualitas air di lingkungan sungai, danau, dan daerah pesisir. Menurut Güner (2016), di dalam perangkat lunak MIKE 21 terdapat modul yang bernama *Littoral Processes and Coastline Kinetic* (LITPACK) untuk simulasi perhitungan dan peramalan perubahan garis pantai akibat proses dan sedimentasi. Menurut Nair (2011), sistem pemodelan LITPACK (DHI, 2007) memiliki modul *Littoral Line* (LITLINE) Dimana modul tersebut mensimulasikan respon pantai terhadap gradien dalam kapasitas transport sedimen sepanjang pantai yang dihasilkan dari fitur alam dan berbagai macam struktur pantai.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai perubahan garis pantai dengan danya simulasi dari enam macam skenario yang berbeda dengan parameter yang diubah adalah nilai *active depth*. Dengan tujuan untuk mengetahui apa yang terjadi jika nilai dari setiap enam skenario yang berbeda memengaruhi perubahan garis pantai dan untuk mengetahui dari keenam skenario tersebut manakah yang hasil perubahannya tidak terlalu berbeda jauh atau yang mendekati dengan garis pantai tahun 2019. Penelitian ini menggunakan *software* MIKE 21 dan model numerik *One – Line Model*. Sehingga penelitian ini bisa memberikan informasi.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian berada di sekitar Muara Tukad Unda, Klungkung (dari Pantai Jumpai hingga Pelabuhan Gunaksa). Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan di Balai Teknik Pantai, Buleleng.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini pemodelan gelombang jangka panjang diolah menggunakan model *Spectral Wave* (SW) pada *software* MIKE 21. Model SW ini dapat mensimulasikan pertumbuhan, peluruhan, transformasi gelombang dengan gelombang yang dibangkitkan oleh angin dan gelombang besar di daerah lepas pantai maupun pesisir. Model ini berdasarkan pada persamaan keseimbangan gelombang, meliputi nilai kerapatan gelombang N. Parameter fase yang merupakan formulasi spektral penuh dipilih menjadi nilai frekuensi sudut relatif.

Hubungan antara kerapatan energi gelombang E dan kerapatan aksi gelombang dapat dilihat dalam persamaan 1 yang didapatkan dari modul MIKE 21 SW (DHI, 2012).

$$N = \frac{E}{\sigma} \tag{1}$$

Keterangan:

- N = nilai kerapatan gelombang
- E = nilai kerapatan energi gelombang
- σ = merupakan $2\pi f$

2.2.2 Perhitungan Gelombang Representatif

Gelombang representatif adalah tinggi dan periode gelombang individu yang dapat mewakili spektrum gelombang untuk perencanaan bangunan pantai. Jika tinggi gelombang diurutkan dari nilai tertinggi ke rendah ataupun sebaliknya, maka akan ditemukan nilai tinggi H_n yang merupakan nilai rata – rata dari n% gelombang tertinggi. Maka dari itu akan dinyatakan karakteristik gelombang dalam bentuk gelombang tunggal. Bentuk yang paling banyak digunakan adalah H_{33} yang merupakan tinggi rata – rata dari 33% nilai tertinggi pencatatan gelombang yang disebut dengan tinggi signifikan H_s . Dalam buku William Kamphuis (2020), alasan penggunaan tinggi rata – rata 33% (H_{33}) adalah karena adanya keseimbangan antara puncak dan rata – rata, menghindari keterpengaruhannya dari gelombang ekstrem, adanya standarisasi serta perbandingan yang konsisten antara berbagai studi atau pengukuran di seluruh dunia, dan kepraktisan dalam perhitungan kompleks untuk gelombang ekstrem.

2.2.3 Metode One – Line Model

Menurut *Coastal Engineering Research Center* (CERC, 1984) dalam Purnaditya dkk (2011), *one – line model* merupakan salah satu model matematika yang digunakan untuk simulasi garis pantai. Profil garis pantai yang diasumsikan selama proses simulasi berlangsung tetap. Model ini membagi garis pantai ke dalam pias atau sel dan setiap sel akan dihitung *transport sedimen* yang masuk maupun yang keluar. *One – line model* dalam program LITLINE pada *software* MIKE 21 yang digunakan berdasarkan persamaan 2 yang terdapat dalam modul tahun 2012.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = -\frac{1}{d} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{Q_{sou}(x)}{h_{act}} \tag{2}$$

Keterangan:

- y = jarak garis pantai terhadap baseline (m)
- t = waktu
- Q = transpor sedimen
- x = posisi garis pantai
- Δx = jarak antar sel
- $Q_{sou}(x)$ = masukan atau keluaran debit sedimen dari sungai
- h_{act} = kedalaman aktif

2.3.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan cara untuk mengukur pengaruh dari perubahan variabel yang saling berhubungan jika nilai dari

variabel tersebut berubah secara terus menerus. Dalam penelitian ini, digunakan rumus persamaan yang sama seperti dalam teori *One – Line Model*. Hal ini dikarenakan menggunakan pendekatan yang lebih sederhana. Dapat dilihat dalam persamaan (2).

Dari keterangan parameter di rumus persamaan (2), parameter yang digunakan untuk menguji sensitivitas model adalah nilai *active depth*. Nilai *active depth* ini nantinya akan dibagi menjadi beberapa skenario seperti pada tabel 1. Pada skenario dasar dengan nilai yang digunakan adalah 5 yang merupakan nilai rekomendasi model. Kemudian dilakukan pengujian dengan beberapa skenario yang berbeda seperti pada Tabel 1. Dari keenam skenario ini, nantinya akan didapatkan hasil yang paling mendekati dengan garis pantai akhir yaitu tahun 2019.

Tabel 1. Skenario dan Nilai *Active Depth*

Skenario	Nilai <i>Active Depth</i> (m)
Skenario Dasar	5
Skenario I	75
Skenario II	185
Skenario III	279
Skenario IV	750
Skenario V	Nilai interpolasi 75 hingga 750

2.2.5 Validasi Model

Dalam validasi model menggunakan rumus *Root Mean Square Error* (RMSE) yang merupakan besar tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksinya akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad (3)$$

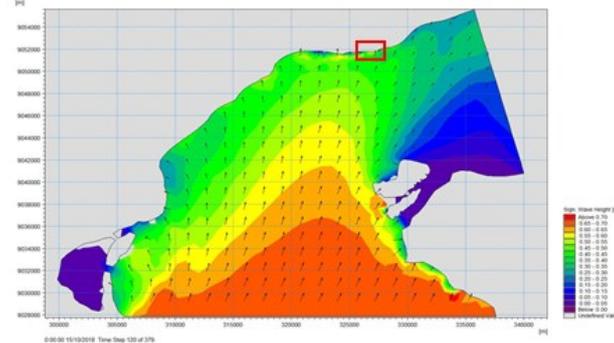
Keterangan:

- x_i = data garis pantai tahun 2019
- y_i = data garis pantai tiap skenario tahun 2018
- n = jumlah data

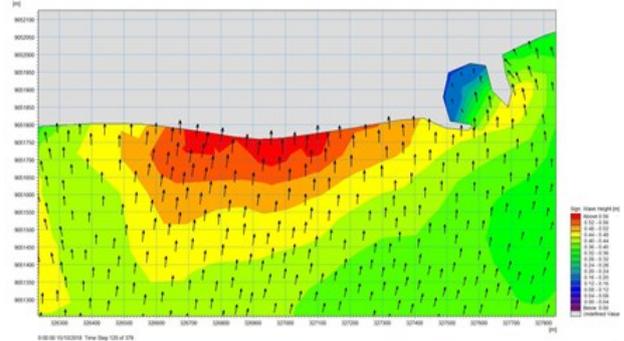
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perambatan Gelombang

Data yang digunakan untuk mensimulasikan perambatan gelombang dalam penelitian ini menggunakan data ERA5 dan berlokasi di laut lepas, sehingga hasilnya dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 yang berlokasi di lokasi penelitian. Gambar yang ditampilkan merupakan hasil pada tanggal 15 Oktober 2018. Pada gambar 3, hasil tinggi gelombang signifikan pada daerah sekitar lokasi penelitian bernilai dibawah 0,56 m dan gelombang datang dari arah selatan menuju ke arah pesisir.

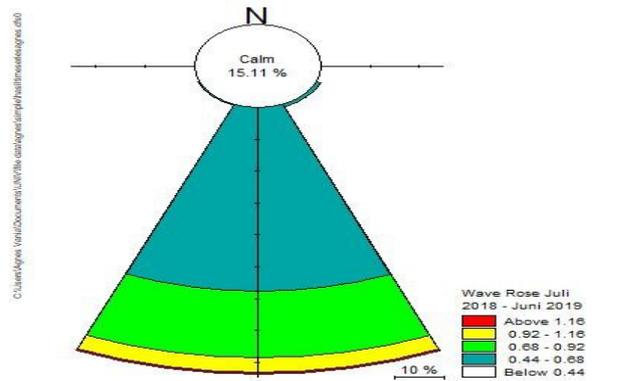


Gambar 2. Perambatan Gelombang di Laut Lepas



Gambar 3. Perambatan Gelombang di Lokasi Penelitian

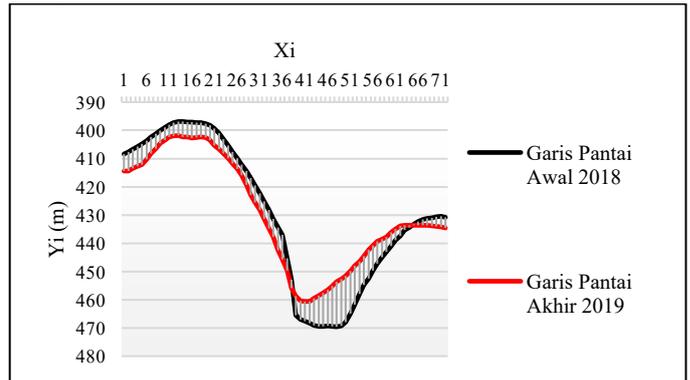
Hasil *wave rose* dengan menggunakan data dari hasil simulasi perambatan gelombang di titik lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4. Arah tinggi gelombang dominan berasal dari arah selatan dengan tinggi gelombang diatas 1,16 m. Probabilitas tinggi gelombang di lokasi penelitian dalam satu tahun dari bulan Juli 2018 hingga Juni 2019 mencapai 15,11%.



Gambar 4. *Wave Rose* di Lokasi Penelitian Selama Setahun

3.2 Hasil Pemodelan One – Line Model

Dapat dilihat pada gambar 5 kondisi garis pantai di tahun 2018 dan garis pantai di tahun 2019. Kedua garis ini merupakan hasil digitasi dari google earth. Garis pantai terdiri dari 72 segmen dengan panjang keseluruhan X_i adalah 752 m. Dapat dijelaskan dari gambar 5, pada segmen 1 sampai 38 garis pantai maju sebesar 1 meter hingga 5,7 meter. Segmen 39 sampai 65 garis pantai mundur sebesar 2 meter hingga 16,8 meter. Lalu, pada segmen 66 sampai 72 garis pantai maju sebesar 0,4 meter hingga 3,3 meter. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa perubahan garis pantai di lokasi penelitian selama satu tahun dari tahun 2018 hingga 2019 dominan mengalami akresi pada segmen 1 sampai 38 dan segmen 66 sampai 72. Sedangkan, pada segmen 39 sampai 65 mengalami erosi.

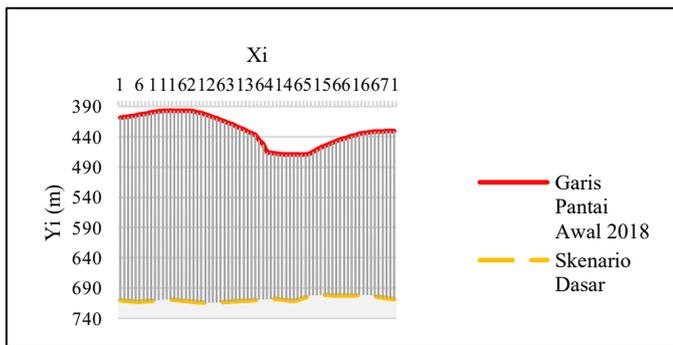


Gambar 5. Perbandingan Garis Pantai Tahun 2018 dan 2019 dari Digitasi Google Earth

Pengujian analisis sensitivitas dilakukan dengan menggunakan skenario dasar dengan nilai *active depth* 5. Skenario dasar yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan nilai rekomendasi model. Pada gambar 6, didapatkan hasil dari simulasi dengan menggunakan skenario dasar. Garis yang berwarna merah merupakan garis pantai awal yaitu tahun 2018 dan yang berwarna kuning merupakan garis pantai hasil simulasi tahun 2019. Hasilnya berbeda sangat jauh dengan garis pantai 2019. Didapatkan nilai RMSE dari skenario dasar ini sebesar 279,93 dimana bisa dikatakan tingkat kesalahan relatif besar. Oleh karena itu, dilakukan simulasi dengan lima skenario lainnya yang memiliki nilai *active depth* yang berbeda-beda agar didapatkan hasil yang paling mendekati dengan garis pantai tahun 2019.



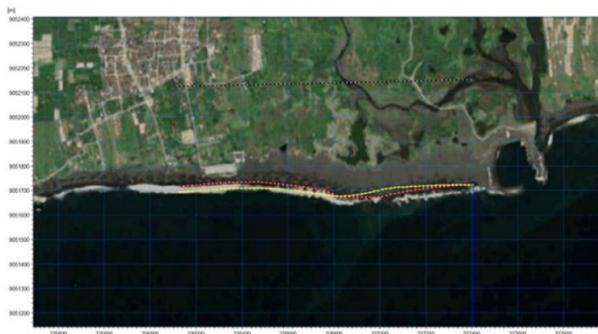
(a)



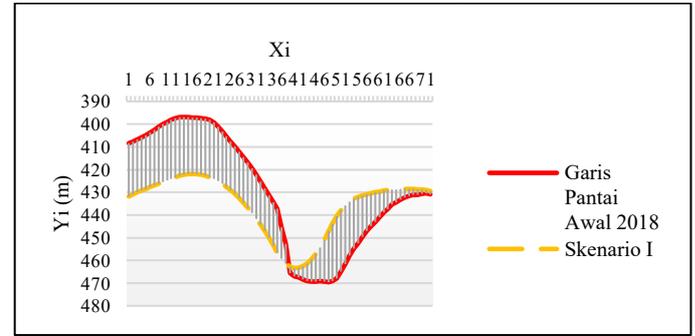
(b)

Gambar 6. Skenario Dasar keterangan: (a) Hasil Simulasi, dan (b) Hasil Grafik Perbandingan Garis Pantai

Hasil pemodelan skenario I dengan nilai *active depth* sebesar 75 (Gambar 7) menunjukkan segmen 1 sampai 39 pada garis pantai hasil pemodelan selama satu tahun maju sebesar 6 meter hingga 24 meter. Selanjutnya, pada segmen 40 sampai 72 garis pantai mundur sebesar 1 meter hingga 20 meter. Pada skenario I, didapatkan nilai RMSE sebesar 13,37 dan hasil garis pantai mengalami akresi dan erosi.



(a)



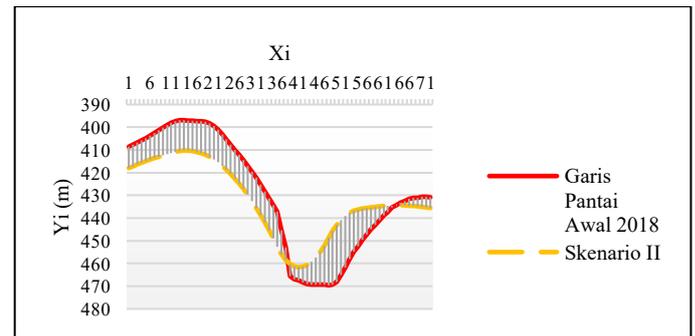
(b)

Gambar 7. Skenario I keterangan: (a) Hasil Simulasi, dan (b) Hasil Grafik Perbandingan Garis Pantai

Selanjutnya, gambar 8 merupakan hasil dari pemodelan skenario II dengan nilai *active depth* 185. Segmen 1 sampai 38 garis pantai hasil pemodelan selama satu tahun maju sebesar 2,5 meter hingga 12 meter. Pada segmen 39 sampai 64 garis pantai mundur sebesar 2,3 meter hingga 22 meter. Segmen 65 sampai 72 garis pantai maju sebesar 0,7 meter hingga 6,5 meter. Pada skenario II, didapatkan nilai RMSE sebesar 6,04 dan hasil garis pantai mengalami akresi dan erosi namun lebih dominan akresi.



(a)



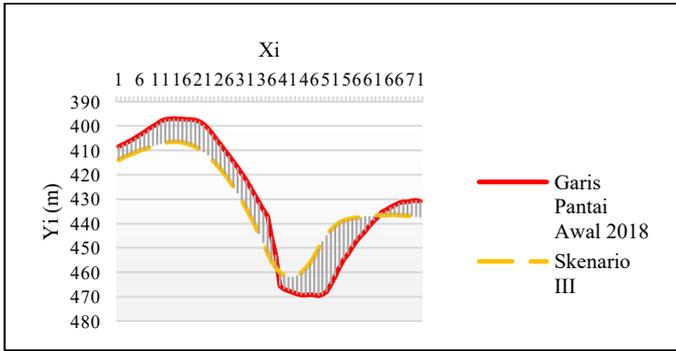
(b)

Gambar 8. Skenario II keterangan: (a) Hasil Simulasi, dan (b) Hasil Grafik Perbandingan Garis Pantai

Gambar 9 merupakan hasil dari pemodelan skenario III dengan nilai *active depth* 279. Segmen 1 sampai 38 garis pantai maju sebesar 6 meter hingga 10 meter. Segmen 39 sampai 60 garis pantai mundur sebesar 15 meter hingga 20 meter. Segmen 61 sampai 72 garis pantai maju sebesar 1 meter hingga 5 meter. Dari hasil skenario III, didapatkan nilai RMSE sebesar 4,13 dan perubahan garis pantai mengalami akresi dan erosi namun lebih dominan akresi.



(a)



(b)

Gambar 9. Skenario III keterangan: (a) Hasil Simulasi, dan (b) Hasil Grafik Perbandingan Garis Pantai

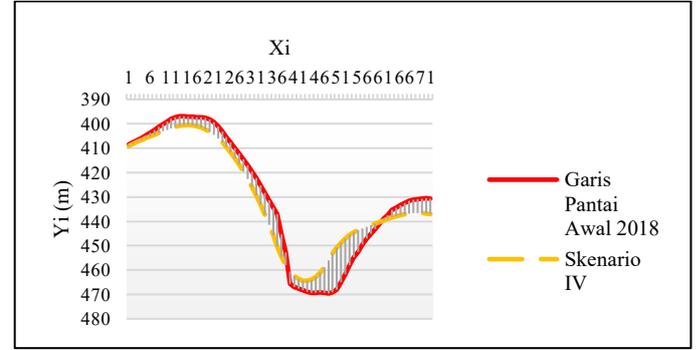
Gambar 10 merupakan hasil dari pemodelan skenario IV dengan nilai *active depth* 750. Segmen 1 sampai 38 garis pantai maju sebesar 0,5 hingga 5 meter. Segmen 39 sampai 60 garis pantai mundur sebesar 2 meter hingga 16 meter. Segmen 61 sampai 72 garis pantai maju sebesar 0,7 meter hingga 7 meter. Hasil dari skenario IV, didapatkan nilai RMSE sebesar 3,12 dan perubahan garis pantai mengalami indikasi akresi.

Gambar 11 merupakan hasil dari pemodelan skenario V dengan nilai *active depth* interpolasi 75 – 750. Segmen 1 sampai 38 garis pantai maju sebesar 1 meter hingga 11,5 meter. Segmen 39 sampai 62 garis pantai mundur sebesar 0,7 meter hingga 22 meter. Segmen 63 sampai 72 garis pantai maju sebesar 1 meter hingga 12 meter. Hasil dari skenario V menunjukkan bahwa perubahan garis pantai dominan mengalami akresi dengan nilai RMSE 3,10.

Secara keseluruhan hasil simulasi perubahan garis pantai yang terjadi dari keenam skenario mengalami akresi. Kemudian, hasil simulasi dari keenam skenario tersebut yang paling mendekati dengan garis pantai di tahun 2019 adalah hasil dari skenario V. (Gambar 12).



(a)

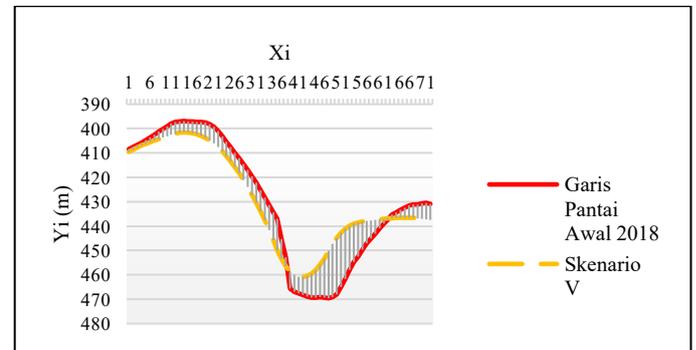


(b)

Gambar 10. Skenario IV keterangan: (a) Hasil Simulasi, dan (b) Hasil Grafik Perbandingan Garis Pantai

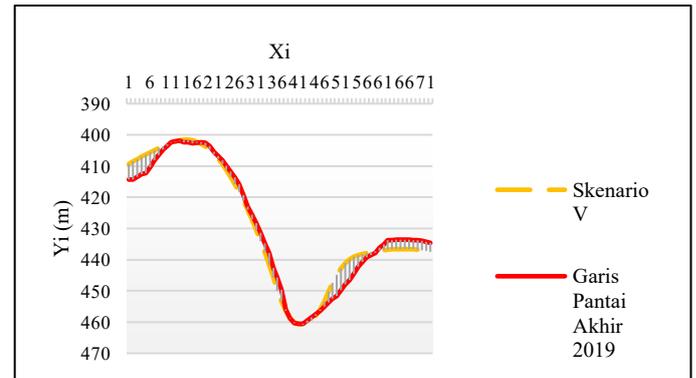


(a)



(b)

Gambar 11. Skenario V keterangan: (a) Hasil Simulasi, dan (b) Hasil Grafik Perbandingan Garis Pantai



Gambar 12. Hasil Perbandingan Garis Pantai Tahun 2019 dengan Skenario V

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan:

1. Keenam skenario mendapatkan hasil yang berbeda beda dan dapat memengaruhi perubahan garis pantai seperti adanya akresi dan abrasi.
2. Secara Keseluruhan garis pantai dari skenario I hingga skenario V, yang paling mendekati dengan kondisi ideal (tahun 2019) adalah skenario V dengan nilai RMSE 3,10.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Teknik Pantai Bali yang telah membantu dan memberikan fasilitas tempat serta meminjamkan lisensi aplikasi MIKE 21 selama penelitian hingga penelitian ini selesai.

Daftar Pustaka

- Anggraeni, Retno., *et al.* 2010. Analisa Perubahan Profil Pantai di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya Dengan Menggunakan Empirical Orthogonal Function (EOF). Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- CERC. 1984. Shoreline Protection Manual I & II. Washington: US Army Coastal Engineering Research Center
- DHI. 2007. MIKE 21 Flow Model FM, Hydrodynamic Module, User Guide. DHI Water and Environment
- DHI. 2007. MIKE 21 Flow Model FM, Sand Transport Module, User Guide. DHI Water and Environment
- DHI. 2012. MIKE 21 Flow Model FM, Spectral Wave Module, User Guide. DHI Water and Environment
- Effendi SS, Siladharmha IGB, Suputra K. 2015. Evolusi Perubahan Garis Pantai Setelah Pemasangan Bangunan Pantai. *Jurnal Spektran* Vol. 3: 65 – 74
- Güner. 2016. Numerical Investigation of The Impact Of A Groin System on Shoreline Evolution. Civil Engineering Department, Yildiz Technical University, Istanbul Turkey
- Hakeem, J., W. Jort., P. Andy and C. Tim. 2010. Modelling the Effect of Nearshore Detached Breakwaters on Sand Macro-tidal Coasts. Environmental Agency. ISBN: 978-1-84911-181-2
- JMRT, Volume 8 No 1 Tahun 2025, Halaman: 14-19*
- Hariyadi. 2011. Analisis Perubahan Garis Pantai Selama 10 Tahun Menggunakan CEDAS (Coastal Engineering Design and Analysis System) di Perairan Teluk Awur Pada Skenario Penambahan Bangunan Pelindung Pantai. *Buletin Oseanografi Marina* Vol. 1: 82 – 94
- Imawati, dkk. 2017. Analisis Perilaku Mean Dataset Perubahan Garis Pantai Pada Hasil Spasial Temporal Metode Empirical Orthogonal Function (EOF). *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 16: 1 – 7
- Kamphuis, J William. 2020. Introduction To Coastal Engineering and Management (Third Edition). World Scientific. ISBN: 9811208018, 9789811208010
- Luhwahyudin MS. 2012. Analisis Perubahan Garis Pantai Tegal Dengan Menggunakan Empirical Orthogonal Function (EOF). *Jurnal Teknik ITS* Vol. 1: 1 – 5
- Nair, L Sheela. 2011. Numerical Model Studies on the Effect of Breakwaters on Coastal Processes – A Case Study along a Stretch of The Kerala Coast, India. *Journal CESS* Vol. 2, No. 4. India
- Nizam. 1986. Model Perkembangan Garis Pantai. *Media Teknik Edisi* No. 3 Tahun VIII Agustus 1986 – Nopember 1986. ISSN 0216-3012
- Purnaditya NP, Siladharmha IGB, Dirgayusa IGPN. 2011. Prediksi Perubahan Garis Pantai Nusa Dua Dengan One – Line Model. *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil* Vol. 11: 1 – 8
- Rustamadji, dkk. 2010. Model Kerentanan Kawasan Pantai Studi Kasus di Kecamatan Jawai Selatan dan Jawai Kabupaten Sambas Kalimantan Barat. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana* Vol. 1, No. 1
- Triatmodjo, B. 2016. Teknik Pantai (cetakan ke-16). Beta Offset, Yogyakarta
- Tunji, Abdul. 2012. Shoreline Response to Three Submerged Offshore Breakwaters Along Kerteh Bay Coast of Terengganu. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 3(16) 2604:2615