

**ANALISIS PERUBAHAN MORFOLOGI PANTAI BOOM KABUPATEN
BANYUWANGI, JAWA TIMUR**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh :

KHOIRUN NISA NOVITASARI

H94219053

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Khoirun Nisa Novitasari

NIM : H94219053

Program Studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "ANALISIS PERUBAHAN MORFOLOGI PANTAI BOOM KABUPATEN BANYUWANGI, JAWA TIMUR". Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar – benarnya.

Surabaya, 5 Juli 2023

Yang menyatakan,



(Khoirun Nisa Novitasari)

H94219053

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh :

Nama : Khoirun Nisa Novitasari

NIM : H94219053

Judul : Analisis Perubahan Morfologi Pantai Boom Kabupaten
Banyuwangi, Jawa Timur.

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 01 Juni 2023

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Asri Sawiji, ST., M.T., M.Sc
NIP. 198706262014032003



Muhammad Yunan Fahmi, ST., M.T
NIP. 20149004

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Khoirun Nisa Novitasari ini telah dipertahankan

di depan tim penguji skripsi

di Surabaya, 5 Juli 2023

Mengesahkan,

Dosen Penguji

Dosen Penguji I



(Asri Sawiji S.T., M.T., M.Sc.)

NIP. 198706262014032003

Dosen Penguji III



(Fajar Setiawan, MT)

NIP. 198405062014031001

Dosen Penguji II



(Muhammad Yunan Fahmi, ST., M.T)

NIP. 20149004

Dosen Penguji IV



(Noverma, M. Eng)

NIP. 198111182014032002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : KHOIRUM NISA HOVITASARI
NIM : H94219053
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / ILMU KELAUTAN
E-mail address : khoirumisa011101@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Perubahan Morfologi Pantai Boom Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 10 Juli 2023

Penulis



(KHOIRUM NISA HOVITASARI)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK
ANALISIS PERUBAHAN MORFOLOGI PANTAI BOOM KABUPATEN
BANYUWANGI, JAWA TIMUR

Oleh : Khoirun Nisa Novitasari

Lingkungan pesisir terutama wilayah pantai merupakan salah satu wilayah yang seringkali mengalami modifikasi bentuk. Salah satu pantai yang berpotensi terdampak pada perubahan garis pantai adalah Pantai Boom Banyuwangi. Hal ini dikarenakan pantai ini terletak berhadapan langsung dengan Selat Bali yang cenderung memiliki gelombang tinggi. Selain itu, pendirian Pelabuhan di sekitar wilayah Pantai juga dapat memberikan dampak pada perubahan garis pantai. Tujuan dari penelitian ini yakni untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi selama 5 tahun terakhir (2017 – 2022) dan mengetahui simulasi perubahan morfologi pantai untuk 10 tahun kedepan (2022 – 2032) di perairan Pantai Boom Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Metode yang digunakan untuk analisis perubahan garis pantai selama 5 tahun terakhir yakni menggunakan digitasi garis pantai menggunakan data citra Sentinel 2A pada *software* ArcGIS dan untuk prediksi perubahan morfologi pantai selama 10 tahun menggunakan pemodelan pada *software* Delft 3D. Hasil digitasi garis pantai mendapatkan hasil luasan total abrasi sebesar 306.506 m² dengan rata – rata luasan sebesar 61.301,2 m². Sementara itu, luasan total akresi sebesar 259.647 m² dengan rata – rata luasan sebesar 51.929,4 m². Panjang garis pantai yang dimiliki Pantai Boom Banyuwangi pada tahun 2017 yakni 9,50 km, pada tahun 2018 yakni 11,39 km, pada tahun 2019 yakni 11,02 km, pada tahun 2020 yakni 11,01 km, pada tahun 2021 yakni 10,99 km, pada tahun 2022 yakni 10,95 km. Simulasi perubahan morfologi dasar perairan yang terjadi di sekitar wilayah pesisir Pantai Boom Banyuwangi yang menggunakan faktor skala morfologi 60 (10 tahun) terlihat terjadi erosi pada setiap cross section. Rata – rata kondisi morfologi dasar perairan pada tahun 2022 (musim barat) yakni sebesar -11.967 m. Sementara itu, rata – rata kondisi morfologi dasar perairan pada tahun 2032 (musim timur) yakni sebesar -12.510 m. Hal ini membuktikan adanya penambahan kedalaman pada dasar perairan Pantai Boom Banyuwangi.

Kata kunci : Garis Pantai, Morfologi Pantai, ArcGIS, Delft3D

ABSTRACT
MORPHOLOGICAL CHANGE ANALYSIS OF BOOM BEACH
BANYUWANGI DISTRICT, EAST JAVA

By : Khoirun Nisa Novitasari

Coastal environments, especially coastal areas, are one of the areas that often experience shape modification. One of the beaches that has the potential to be affected by changes in the coastline is Boom Banyuwangi Beach. This is because this beach is located directly opposite the Bali Strait which tends to have high waves. In addition, the establishment of the port around the beach area can also have an impact on shoreline changes. The purpose of this study is to determine the changes in coastline that occurred during the last 5 years (2017 - 2022) and to determine the simulation of changes in coastal morphology for the next 10 years (2022 - 2032) in the waters of Boom Beach, Banyuwangi Regency, East Java. The method used for the analysis of shoreline changes over the past 5 years is using shoreline digitization using Sentinel 2A image data in ArcGIS software and for predicting changes in coastal morphology for 10 years using modelling in Delft 3D software. The results of shoreline digitization obtained a total abrasion area of 306,506 m² with an average area of 61,301.2 m². Meanwhile, the total area of accretion amounted to 259.647 m² with an average area of 51,929.4 m². The length of the coastline owned by Banyuwangi Boom Beach in 2017 is 9.50 km, in 2018 is 11.39 km, in 2019 is 11.02 km, in 2020 is 11.01 km, in 2021 is 10.99 km, in 2022 is 10.95 km. Simulation of changes in the morphology of the bottom of the waters that occur around the coastal area of Banyuwangi Boom Beach using a morphological scale factor of 60 (10 years) shows erosion in each cross section. The average morphological condition of the water bottom in 2022 (west season) is -11,967 m. Meanwhile, the average morphological condition of the water bottom in 2032 (east season) is -12.510 m. This proves that there is an increase in depth at the bottom of the Banyuwangi Boom Beach waters.

Keywords: Coastline, Coastal Morphology, ArcGIS, Delft3D

DAFTAR ISI

LEMBAR KEASLIAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Teori – Teori Dasar	5
2.1.4.1 Definisi Pantai	5
2.1.4.2 Definisi Garis Pantai.....	7
2.1.4.3 Faktor Perubahan Garis Pantai	9
2.1.4.4 Sedimentasi	11
2.1.4.5 Pasang Surut	13
2.1.4.6 Arus	19
2.1.4.7 Angin.....	21
2.1.4.8 Batimetri	22
2.1.4.9 Sistem Informasi Geografis	23
2.1.4.10 Citra Satelit	24
2.1.4.11 Metode Numerik.....	27
2.1.4.12 Delft 3D.....	28

2.2	Penelitian Terdahulu	35
2.3	Integrasi Keislaman	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		40
3.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	40
3.2	Alat.....	43
3.3	Sumber Data	44
3.4	Prosedur Penelitian	44
3.3	Diagram Alir Penelitian	44
3.5	Desain Model	65
3.5.1	Grid Pemodelan.....	65
3.5.2	Domain Kedalaman Awal	67
3.5.3	Parameter Model	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		71
4.1	Perubahan Garis Pantai selama Lima Tahun Terakhir	71
4.1.1	Perubahan Garis Pantai Tahun 2017 – 2018	74
4.1.2	Perubahan Garis Pantai Tahun 2018 – 2019	75
4.1.3	Perubahan Garis Pantai Tahun 2019 – 2020	76
4.1.4	Perubahan Garis Pantai Tahun 2020 - 2021	77
4.1.5	Perubahan Garis Pantai Tahun 2021 – 2022	78
4.2	Perubahan Morfologi Pantai untuk Sepuluh Tahun Kedepan.....	80
4.2.1	Distribusi Data Angin.....	80
4.2.2	Pasang Surut	85
4.2.3	Validasi Model	86
4.2.2	Pola Arus	88
4.2.3	Pola Gelombang	93
4.2.4	Perubahan Morfologi	97
BAB V PENUTUP.....		107
5.1	Kesimpulan	107
5.2	Saran	107
DAFTAR PUSTAKA.....		109
LAMPIRAN.....		116

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen dalam Skala Wentworth	13
Tabel 2. 2 Komponen - Komponen Pasang Surut.....	18
Tabel 2. 3 Komposisi Band dan Fungsinya	26
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu	35
Tabel 3. 1 Peralatan yang Digunakan Selama Penelitian.....	43
Tabel 3. 2 Sumber Data Peneliti	44
Tabel 3. 3 Parameter Pemodelan.....	69
Tabel 4. 1 Tabel Luasan Abrasi dan Akresi.....	79
Tabel 4. 2 Tabel Perubahan Garis Pantai	79
Tabel 4. 3 Presentase Distribusi Angin Tahun 2017 - 2022	80
Tabel 4. 4 Presentase Distribusi Angin pada Musim Barat Tahun 2017 - 2022... ..	82
Tabel 4. 5 Presentase Distribusi Angin pada Musim Timur Tahun 2017 - 2022 . 84	
Tabel 4. 6 Komponen Harmonik dan Istilah Penting Pasut Pantai Boom Banyuwangi	86
Tabel 4. 7 Rata - Rata Kecepatan Arus pada Musim Barat	89
Tabel 4. 8 Rata - Rata Kecepatan Arus pada Musim Timur	92
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Gelombang Signifikan (Hs) dan Periode Gelombang Laut dalam Rata – Rata.....	93
Tabel 4. 10 Perubahan Morfologi Kondisi Awal dan Akhir di Pantai Boom Banyuwangi	103
Tabel 4. 11 Kumulasi Sedimentasi dan Erosi Hasil Awal dan Akhir di Pantai Boom Banyuwangi	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola Gerak Pasut Harian Tunggal	15
Gambar 2. 2 Pola Gerak Pasut Harian Ganda	15
Gambar 2. 3 Pola Gerak Pasut Campuran Condong Harian Tunggal.....	16
Gambar 2. 4 Pola Gerak Pasut Condong Harian Ganda	16
Gambar 2. 5 Arus Undertow	20
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian	41
Gambar 3. 2 Peta Titik Lokasi Pengambilan Sampel	42
Gambar 3. 3 Diagram Tahapan Penelitian	45
Gambar 3. 4 Diagram Pengolahan Data menggunakan Delft 3D	46
Gambar 3. 5 Diagram Pengolahan Data menggunakan ArcGIS.....	47
Gambar 3. 6 Input Domain Pemodelan.....	53
Gambar 3. 7 Input Waktu Pemodelan	54
Gambar 3. 8 Input Proses dalam Pemodelan	55
Gambar 3. 9 Input Kondisi Awal Pemodelan	56
Gambar 3. 10 Input Kondisi Batas Grid Kecil (a), Input Kondisi Batas Grid Sedang (b), Input Kondisi Batas Grid Detail (c).....	58
Gambar 3. 11 Input Roughness (a), Sediment (b), Morphology (c), Wind (d)....	60
Gambar 3. 12 Tampilan Utama Laman Website Sentinel.....	62
Gambar 3. 13 Setting Tutupan Awan Citra dan Tipe Citra.....	62
Gambar 3. 14 Setting Bulan yang akan digunakan	63
Gambar 3. 15 Pemilihan Citra Sesuai Kebutuhan.....	63
Gambar 3. 16 Pengunduhan Citra	64
Gambar 3. 17 Grid Kecil (a), Grid Sedang (b), Grid Besar (c).....	66
Gambar 3. 18 Desain Model Detail	67
Gambar 3. 19 Desain Model Middle.....	68
Gambar 3. 20 Desain Model Besar	68
Gambar 4. 1 Peta Overlay Perubahan Garis Pantai Rentang Tahun 2017 - 2022.	72
Gambar 4. 2 Peta Overlay Garis Pantai 2017 - 2018	74
Gambar 4. 3 Peta Overlay Garis Pantai 2018 - 2019	75
Gambar 4. 4 Peta Overlay Garis Pantai 2019 2020	76
Gambar 4. 5 Peta Overlay Garis Pantai 2020 2021	77

Gambar 4. 6 Peta Overlay Garis Pantai 2021 2022	78
Gambar 4. 7 Mawar Angin Pantai Boom Banyuwangi Tahun 2017 – 2022	81
Gambar 4. 8 Mawar Angin Pantai Boom Banyuwangi pada Musim Barat Tahun 2017 – 2022.....	82
Gambar 4. 9 Mawar Angin Pantai Boom Banyuwangi pada Musim Timur Tahun 2017 – 2022.....	84
Gambar 4. 10 Grafik Pasang Surut Pantai Boom Banyuwangi	85
Gambar 4. 11 Kalibrasi Muka Air Pemodelan Delft3D dengan BIG	87
Gambar 4. 12 Pola Pergerakan Arus Musim Barat saat Pasang Tertinggi	88
Gambar 4. 13 Pola Pergerakan Arus Musim Barat saat Surut Terendah.....	89
Gambar 4. 14 Pola Pegerakan Arus Musim Timur saat Pasang Tertinggi	91
Gambar 4. 15 Pola Pergerakan Arus Musim Timur saat Surut Terendah.....	91
Gambar 4. 16 Gelombang Tertinggi Musim Barat	94
Gambar 4. 17 Gelombang Terendah Musim Barat	95
Gambar 4. 18 Gelombang Tertinggi Musim Timur	96
Gambar 4. 19 Gelombang Terendah Musim Timur.....	96
Gambar 4. 20 Kondisi Kedalaman Awal	98
Gambar 4. 21 Kondisi Kedalaman Akhir.....	98
Gambar 4. 22 Tampilan Grid <i>Cross section</i> a - a'	99
Gambar 4. 23 Tampilan Grid <i>Cross section</i> b - b'	100
Gambar 4. 24 Tampilan Grid <i>Cross section</i> c - c'	100
Gambar 4. 25 Titik <i>Cross section</i> di Sekitar Pantai Boom Banyuwangi.....	101
Gambar 4. 26 Grafik Perubahan Morfologi pada <i>Cross section</i> a - a'.....	101
Gambar 4. 27 Grafik Perubahan Morfologi pada <i>Cross section</i> b - b'.....	102
Gambar 4. 28 Grafik Perubahan Morfologi pada <i>Cross section</i> c - c'	102

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 4. 1 Kalibrasi Pemodelan Pasang Surut..... 116



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lingkungan pesisir terutama pada wilayah pantai merupakan salah satu wilayah yang rawan terjadi perubahan atau modifikasi bentuk. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan yang berubah – ubah. Modifikasi atau adanya perubahan bentuk dari pantai dapat terjadi baik dalam kurun waktu cepat maupun lambat dilihat dari factor penyebabnya. Perubahan dari garis pantai di suatu wilayah pesisir dapat terjadi oleh dua variabel atau factor yakni factor alamiah dan factor buatan. Factor alamiah dapat berasal dari pengaruh dinamika oceanografi atau aktivitas yang terjadi di sekitar lingkup laut contohnya seperti pasang surut, tinggi rendah gelombang, pergerakan arus dan juga perubahan iklim yang dipengaruhi oleh adanya kadar sedimen terlarut. Sementara itu, factor buatan yang berperan dalam perubahan garis pantai umumnya dikarenakan oleh adanya aktivitas penduduk di sekitar pantai tersebut seperti pemanfaatan lahan untuk kegiatan industry, pemukiman, perkebunan dan masih banyak lagi. (Halim, Halili, & Afu, 2019).

Salah satu pantai yang terkenal akan pariwisatanya adalah Pantai Boom Banyuwangi. Pantai Boom yang berbatasan secara langsung dengan Selat Bali tentunya memiliki potensi gelombang laut yang cenderung tinggi. Wilayah pantai sering kali mudah untuk mengalami perubahan terutama yang diakibatkan oleh pasang surut, gelombang dan juga sedimentasi. Tinggi gelombang yang sering terjadi di wilayah Pantai Boom tentu saja berakibat pada terjadinya abrasi di sepanjang garis pantai. Abrasi ini diketahui telah menyebabkan kerusakan pada fasilitas pantai. (Mas'Udi, 2018).

Pantai Boom yang masuk ke dalam perairan Selat Bali diketahui memiliki potensi kelautan yang dahulu diketahui sebagai pusat perekonomian kota yang dipergunakan sebagai pusat transportasi barang dan pusat perdagangan, Pelabuhan ikan serta Pelabuhan transportasi. Pantai ini juga memiliki proyek khusus berupa pembangunan Pelabuhan Khusus Kapal Pesiar yang dibangun dan juga dikelola oleh PT. Pelabuhan Indonesia III dan tentunya pembangunan ini mampu menjadi aktivitas pendukung pariwisata. Namun, dikarenakan

lokasi pantai yang berbatasan dengan Selat Bali maka gelombang yang dihasilkan juga cenderung tinggi yang juga turut meningkatkan terjadinya abrasi sehingga pantai tidak dapat dimanfaatkan sebagaimana semestinya. Penurunan fungsi pantai ini tentu saja memiliki pengaruh yang besar bagi masyarakat di sekitarnya. (Prakoso, 2016).

Pantai Boom yang dulunya dikenal sebagai pusat perdagangan serta Pelabuhan ikan dan transportasi kini telah berubah menjadi lokasi Pelabuhan ikan dan salah satu lokasi pariwisata di Banyuwangi. Hal ini dapat disebabkan dikarenakan terjadi penurunan pada kondisi lingkungan di sekitarnya yang menyebabkan fungsi Pelabuhan juga mengalami gangguan. Penurunan kondisi lingkungan ini dapat disebabkan dikarenakan adanya aktivitas abrasi maupun akresi, sehingga Pantai ini tidak dapat di fungsikan sebagaimana mestinya (Prakoso, 2016).

Batas daerah laut telah ditegaskan pada yakni Permendagri No. 76 Tahun 2012. Namun, pada kasus ini tidak dijelaskan secara detail mengenai pengaruh perubahan garis pantai terhadap penegasan yang berlaku di wilayah laut tersebut. Berdasarkan peraturan yang telah berlaku dinyatakan bahwa penarikan garis batas laut telah ditetapkan pada titik dasar yang telah ditetapkan tepatnya pada garis pantai. Sementara itu, garis pantai yang mengalami perubahan bentuk maupun pergeseran dari waktu ke waktu baik yang diakibatkan oleh adanya factor buatan maupun factor alamiah perlu untuk dilakukan pengkajian lebih lanjut. Hal ini dilakukan dengan alasan agar dapat mengetahui sejauh mana dampak yang dapat diberikan dari adanya perubahan garis pantai ini. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengetahui perubahan garis pantai dari tahun ke tahun ialah metode pemodelan menggunakan software Delft 3D. Penggunaan software ini memerlukan beberapa data pendukung diantaranya yakni data arus, pasang surut, gelombang dan angin. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya dapat diolah untuk mengetahui sejauh mana perubahan garis pantai telah terjadi (Kementrian Dalam Negeri, 2012).

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah disebutkan, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah kondisi perubahan garis Pantai yang terjadi selama lima tahun terakhir (2017 – 2022) di wilayah Pantai Boom, Banyuwangi ?
2. Bagaimanakah simulasi perubahan morfologi Pantai di wilayah Pantai Boom untuk sepuluh tahun kedepan (2022 – 2032)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi perubahan garis pantai yang terjadi selama lima tahun terakhir (2017 – 2022) di wilayah perairan Pantai Boom, Banyuwangi.
2. Mengetahui simulasi perubahan morfologi pantai untuk sepuluh tahun kedepan (2022 – 2032) di wilayah perairan Pantai Boom, Banyuwangi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Wilayah penelitian berada pada Pantai Boom, Kecamatan Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur.
2. Analisis perubahan garis pantai dalam lima tahun terakhir menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Sementara itu, pemodelan Simulasi perubahan morfologi pantai dalam sepuluh tahun kedepan dilakukan menggunakan perangkat lunak Delft 3D.
3. Data yang dipergunakan merupakan data sekunder yang berasal dari Distrik Navigasi Kelas I Surabaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi terkait perubahan garis pantai setiap tahunnya selama lima tahun terakhir.

2. Dihasilkan peta batimetri dari perairan Pantai Boom Banyuwangi untuk mengetahui kondisi dasar perairan.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan mengenai latar belakang permasalahan dari penelitian. Kemudian dari latar belakang tersebut dapat dibentuk rumusan masalah dan juga tujuan dari penelitian yang akan dicapai. Kemudian juga terdapat batasan masalah yang membatasi bahasan penelitian sehingga pembahasan penelitian tidak melebar. Kemudian yang terakhir adalah manfaat dari penelitian dan juga sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bagian ini menjelaskan mengenai beberapa teori yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini menjelaskan mengenai lokasi penelitian, data dan peralatan yang diperlukan, metode yang digunakan, dan langkah-langkah atau tahapan dalam menyelesaikan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan mengenai hasil pengerjaan penelitian beserta dengan pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari penelitian ini dan saran untuk pihak yang ingin melakukan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori – Teori Dasar

2.1.4.1 Definisi Pantai

Pantai merupakan sebuah bentuk geografis yang tersusun atas pasir dan dapat dijumpai di wilayah pesisir laut. Wilayah pantai dapat terbentuk disebabkan oleh keberadaan gelombang serta arus laut yang menghantam bagian tepi daratan secara terus menerus dengan frekuensi hantaman yang berbeda – beda namun terhantam secara konsisten. Hantaman ini memiliki sifat merusak atau yang dapat mengakibatkan terjadinya pengikisan pada lapisan permukaan daratan yang selanjutnya dapat menjadi pantai. (Rompas, Jasin, & Tawas, 2022).

Definisi lain dari pantai yakni merupakan sebuah wilayah yang berada di tepi perairan dan dipengaruhi oleh aktivitas dari pasang surut air laut. Berdasarkan Permen PU Nomor 09/PRT/M/2010 mengenai Pedoman Pengaman Pantai menyatakan bahwa pantai merupakan sebuah daerah yang mempertemukan antara laut dengan daratan. Berbeda dengan daerah pantai yang memiliki pengertian berupa sebuah daratan disertai perairannya dimana baik daerah daratan dan daerah lautan saling mempengaruhi.

Proses pembentukan pantai dapat disebabkan oleh beberapa hal yakni sebagai berikut (Solihudin, 2011):

1. Parameter oseanografi yang ada pada perairan tersebut seperti pasang surut, arus, dan gelombang yang secara terus menerus terjadi di perairan tersebut.
2. Perubahan iklim yang terjadi pada perairan tersebut.
3. Aktivitas manusia yang memicu penambahan lahan dan pengurangan lahan.
4. Terdapat sedimen yang hanyut dikarenakan adanya parameter arus dan gelombang kemudian mengendap pada perairan tersebut.

Menurut (Irsyad, 2017), Pantai terbagi atas beberapa jenis tergantung dari proses pembentukannya. Jenis – jenis pantai tersebut diantaranya adalah :

1. Pantai spit yang merupakan sebuah pantai dimana pada salah satu ujungnya bersambung dengan daratan.
2. Pantai baymouth merupakan sebuah bukit endapan yang ada di pantai dan terdapat lautan yang memotong teluk.
3. Pantai tambolo merupakan sebuah bukit endapan yang ditemukan di sekitar pantai dan menghubungkan pulau utama dengan pulau di sekitarnya.
4. Pantai fyord merupakan sebuah pantai yang memiliki bentuk meliuk, berukuran Panjang dan sempit dan memiliki tebing yang curam. Pantai ini diketahui tercipta karena adanya kikisan dari gletsyer.
5. Pantai ria merupakan sebuah pantai yang memiliki bentuk hamper mirip dengan Pantai Fyord hanya saja pantai jenis ini memiliki muara yang cenderung lebih besar dan memiliki bentuk tebing yang lebih curam. Pantai ini diketahui tercipta karena adanya genangan air yang berasal dari lembah sungai.
6. Pantai sekaren merupakan sebuah pantai yang pada bagian mukanya tidak terlalu menjorok ke daratan dan terdapat pulau – pulau kecil di sekitarnya.
7. Pantai berbukit pasir merupakan sebuah pantai yang terbentuk dikarenakan adanya perbedaan aktivitas pasang surut yang cukup besar.
8. Pantai berdanau atau pantai laguna merupakan sebuah pantai yang di dalamnya terdapat sungai yang bermuara.
9. Pantai liman merupakan sebuah teluk kecil yang berada pada muara sungai dan pantai ini terbentuk dikarenakan adanya penurunan dasar sungai yang diakibatkan oleh erosi di sungai.

10. Pantai estuarium merupakan sebuah pantai yang memiliki kemiripan dengan pantai liman hanya saja pada bagian dasarnya cenderung lebih dalam karena adanya pengikisan yang diakibatkan pasang naik dan pasang surut.
11. Pantai delta merupakan sebuah pantai yang memiliki delta di dalamnya. Delta ini terbentuk dikarenakan adanya erosi pada sungai dan mengakibatkan terjadinya penumpukan sedimen di sekitar muara sungai.
12. Pantai karang merupakan sebuah pantai yang didalamnya terdapat pulau – pulau dan sebaran batu karang pada sepanjang pantainya.

Selain itu, jenis – jenis pantai juga dapat dibedakan berdasarkan bentuk geografisnya diantaranya adalah :

1. Pantai landau merupakan sebuah pantai yang memiliki permukaan datar. Contoh dari pantai jenis ini ialah pantai mangrove dan pantai estuary.
2. Pantai Curam merupakan sebuah pantai yang memiliki bentuk bergunung – gunung. Hal ini diketahui terjadi karena adanya peretakan memanjang yang sejajar dengan pantai dan adanya factor pengikisan akibat adanya ombak besar sehingga terbentuklah tebing – tebing curam.
3. Pantai bertebing merupakan sebuah pantai yang disekitarnya terdapat tebing yang curam. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya pegunungan melintang yang terbentuk secara tegak lurus dengan garis pantai.
4. Pantai karang merupakan sebuah pantai yang terjadi akibat adanya terumbu karang di sepanjang lingkungan pantai.

2.1.4.2 Definisi Garis Pantai

Garis pantai merupakan sebuah garis yang memisahkan antara wilayah daratan dan juga lautan yang kerap kali mengalami perubahan secara berkala bergantung pada aktivitas yang berlaku di sekitarnya baik

aktivitas yang dilakukan oleh manusia maupun aktivitas alam. Beberapa factor yang menjadi penentu dari perubahan garis pantai diantaranya yakni pasang surut, angin, gelombang, arus, morfologi pantai, adanya aktivitas sedimentasi yang berasal dari sungai terdekat yang alirannya menuju ke laut serta adanya aktivitas berupa menurunnya muka tanah yang semakin besar dan semakin mendekati pantai. (Setyawan, Sari, & Aliviyanti, 2021).

Garis pantai memiliki sifat yang dinamis sehingga dapat mengalami perubahan dalam waktu yang cukup cepat. Perubahan garis pantai merupakan sebuah aktivitas yang terjadi secara terus – menerus melalui berbagai macam proses yang terjadi di pantai. Seluruh kegiatan yang berlaku diatas tentu saja dapat memberikan dampak perubahan pada garis pantai baik berupa abrasi atau pengikisan garis pantai maupun akresi yakni penambahan garis pantai. (Istiqomah , Sasmito, & Amarrohman, 2016).

Pengukuran garis pantai dilakukan saat air laut mengalami surut terendah. Berdasarkan, Undang – Undang pasal 13 ayat 2 menjelaskan bahwa terdapat beberapa jenis peta yang menggunakan acuan air laut surut terendah diantaranya yakni peta dasar LPI (Lingkungan Pantai Indonesia) dan peta dasar LLN (Lingkungan Laut Nasional) yang kemudian penyebutannya diganti menjadi peta dasar kelautan. Hal ini sesuai dengan anjuran IHO yakni pengukuran garis pantai dilakukan saat kedudukan air dalam kondisi paling rendah pada periode tertentu (Abdallah, Djunarsjah, & Wisayantono , 2016).

Beberapa factor yang mendukung perubahan garis pantai tentu saja menjadi alasan penting dibalik pembaharuan peta garis pantai secara terus menerus. Pembaharuan peta ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui factor – factor yang mendorong terjadinya perubahan garis pantai dan informasi manajemen yang memuat sumber daya yang ada di pantai, melakukan upaya yang dapat melindungi pantai dan mengurangi dampak perubahan garis pantai lebih jauh lagi dan juga untuk merencanakan pengembangan berkelanjutan pada Kawasan sekitar Pantai. Mengetahui perubahan garis pantai dapat menggunakan Analisa foto udara atau citra

satelit yang umumnya dikenal sebagai Analisa penginderaan jauh. (Guagrilia, et al., 2006).

2.1.4.3 Faktor Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai seperti yang telah dijabarkan diatas dapat diakibatkan oleh aktivitas erosi dan akresi pantai. Berikut ini adalah penjabaran dari factor perubahan garis pantai :

1. Abrasi

Abrasi merupakan sebuah proses yang menyebabkan kemunduran garis pantai dari posisi asalnya. Dampak yang diberikan oleh abrasi salah satunya adalah merusak bangunan – bangunan dan juga fasilitas yang ada di bibir pantai. Pengertian lain dari abrasi adalah sebuah proses pengikisan yang terjadi di lingkungan sekitar pantai yang disebabkan oleh adanya aktivitas gelombang laut yang memberikan dampak kerusakan pada profil fisik perairan pantai yang dipicu oleh adanya gangguan keseimbangan alam pada sekitar perairan pantai tersebut. Abrasi dapat mengakibatkan penurunan muka tanah menjadi turun dan tergenang air sehingga garis pantai dapat berubah. (Setyawan, Sari, & Aliviyanti, 2021).

Pengertian lain dari abrasi adalah proses pengikisan pantai yang diakibatkan adanya gelombang laut dan arus laut yang merusak. Selain itu, aktivitas abrasi dapat terjadi diakibatkan oleh proses – proses hidrooseanografi yang terjadi di laut seperti contohnya adalah hempasan gelombang di sekitar wilayah pantai, adanya variasi pasang surut, perubahan pola arus dan terjadinya perubahan iklim di sekitar wilayah tersebut. (Halim, Hailili, & Afu, 2016). Aktivitas abrasi juga dapat disebut sebagai erosi akhir – akhir ini memang seringkali dijumpai dan cenderung meningkat di berbagai daerah (Damayanti, 2013).

Aktivitas abrasi juga dapat disebabkan oleh adanya arus sejajar dari pantai yang dibangkitkan dengan bantuan dari gelombang laut pecah yang tegak lurus dengan garis pantai pada

perairan tersebut. Tinggi gelombang yang cukup besar dapat mengakibatkan adanya arus yang menyusuri pantai dengan kecepatan tinggi dan tentu saja memberikan dampak berupa gerusan material di bibir pantai yang kemudian gerusan tersebut akan menghilang terbawa oleh arus. Dengan kata lain, arus sejajar pantai juga menjadi penentu terjadinya abrasi pada suatu pantai. (Lubis, et al., 2020).

2. Akresi

Akresi merupakan sebuah proses yang menyebabkan kemajuan garis pantai dan factor utama yang dapat menyebabkan terjadinya akresi adalah aktivitas sedimenasi berupa proses pembukaan lahan oleh masyarakat sekitar maupun pemerintah setempat, volume limpasan air yang cenderung besar dan yang paling umum adalah adanya kiriman sedimen dari sungai di sekitar perairan tersebut. (Setyawan, Sari, & Aliviyanti, 2021).

Pengertian lain dari aktivitas akresi merupakan terjadinya perubahan garis pantai menuju laut lepas yang diakibatkan oleh adanya proses sedimentasi dari daratan maupun sungai yang berada di sekitar wilayah pantai menuju ke arah laut. Proses sedimentasi yang terjadi di wilayah daratan dapat terjadi diakibatkan oleh adanya hujan yang terjadi dalam waktu berkepanjangan dan adanya proses transport sedimen menuju ke arah laut serta adanya aktivitas manusia dalam pemanfaatan lahan di sekitar wilayah pantai. Wilayah pesisir termasuk dalam wilayah yang seringkali dimanfaatkan oleh manusia untuk menunjang kehidupan sehari – hari seperti contohnya yakni pendirian Pelabuhan, daerah budidaya perikanan, tempat pelelangan ikan, kegiatan pertambakan, tempat tinggal dan masih banyak lagi. Pengadaan pembangunan ini dengan segala aktivitas manusia yang terjadi di sekitarnya tentu saja meningkatkan kebutuhan lahan, sarana serta prasarana yang dapat menimbulkan masalah – masalah baru dan salah satu masalah yang

dapat terlihat adalah terjadinya perubahan garis pantai. (Winasis, 2018).

Akresi pesisir umumnya akan menghasilkan lanau yang seragam dan menuju ke wilayah perairan dimana secara bertahap akan terbentuk tanah yang berbentuk delta. Terjadinya akresi jenis ini umumnya di wilayah perairan yang memiliki estuary tinggi dan kondisi hantaman gelombang laut yang cenderung rendah dan di konisi wilayah yang mengalami cuaca buruk (Istiqomah , Sasmito, & Amarrohman, 2016).

2.1.4.4 Sedimentasi

Sedimen merupakan hasil dari erosi permukaan, erosi celah, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen biasanya mengendap di perbukitan, dataran banjir, saluran air, sungai, dan waduk. Produksi sedimen adalah jumlah sedimen yang dihasilkan oleh erosi cekungan, diukur pada waktu dan lokasi tertentu. Proses erosi terdiri dari tiga bagian yaitu separasi, transpor dan sedimentasi. Sedimentasi adalah pengendapan batuan yang dibawa oleh tenaga air atau angin, dan erosi adalah pengangkutan air ke sungai, danau, dan akhirnya laut. Batu menumpuk di cekungan saat daya dukung berkurang atau habis. (A.P. & Basri, 2018).

Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air yang mengendap pada titik-titik di mana alirannya melambat atau berhenti. Peristiwa sedimen ini dikenal sebagai peristiwa atau proses sedimentasi. Proses sedimentasi sangat kompleks dan diawali dengan turunnya hujan, yang menghasilkan energi kinetik yang menandai dimulainya proses erosi. Ketika dasar menjadi partikel halus dan menggelinding di sungai, sebagian tetap berada di dasar dan sebagian lagi mengalir dari sungai ke sungai . (Diansari, 2014).

Beberapa dampak yang diberikan dari adanya aktivitas sedimentasi di berbagai lokasi perairan yakni sebagai berikut (Rantung, Binilang, Wuisan, & Halim, 2013):

1. Terjadinya pengendapan sedimen di bagian dasar sungai dan menyebabkan kenaikan dasar sungai yang selanjutnya berdampak pada kenaikan muka air sungai dan menimbulkan banjir pada wilayah yang terdampak.
2. Berkurangnya sumber air bersih dikarenakan kandungan sedimen yang tinggi pada perairan terdampak.

Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen dalam skala Wentworth terbagi menjadi beberapa partikel yakni mulai dari pasir, partikel sangat kecil seperti lumpur dan tanah liat serta kerikil. Seperti yang disajikan pada tabel berdasarkan ukuran butir sebagai berikut :



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 2. 1 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen dalam Skala Wentworth

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan Phi
Batu		256	-8
Cobble		128	-7
Koral (Pebble)	Besar	64	-6
	Sedang	32	-5
	Kecil	16	-4
	Sangat Kecil	8	-3
Kerikil		4	-2
Pasir	Sangat Kasar	2	-1
	Kasar	1	0
	Sedang	0,5	1
	Halus	0,25	2
	Sangat Halus	0,125	3
Lumpur	Kasar	0,063	4
	Sedang	0,031	5
	Halus	0,015	6
	Sangat Halus	0,0075	7
Lempung	Kasar	0,0037	8
	Sedang	0,0018	9
	Halus	0,0009	10
	Sangat Halus	0,0005	11
		0,0003	12

Sumber : (Triatmodjo, Teknik Pantai (Beta Offse), 1996).

2.1.4.5 Pasang Surut

Pasang surut merupakan fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda – benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya yang dapat diabaikan dalam fenomena pasang surut air laut karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Pada bidang kelautan kehidupan manusia setiap harinya, pasang surut sangat penting untuk dikaji sebagai keperluan seperti bidang geologi, pembangunan pelabuhan, lingkungan, bidang pertanian dan

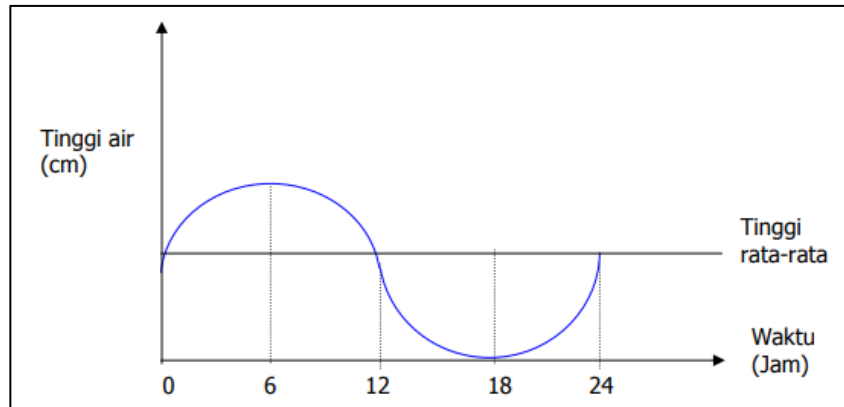
biologi, serta pengembangan pembangkit listrik tenaga pasang surut. (Setyawan, Sari, & Aliviyanti, 2021).

Pasang surut adalah sebuah fluktuasi yang terjadi pada muka air laut yang dapat disebabkan oleh adanya gaya Tarik menarik pada benda – benda di langit seperti matahari dan bulan yang berpengaruh pada massa air laut di bumi. Massa bulan memang diketahui jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan massa matahari, namun perlu diketahui bahwa jarak dari bulan ke bumi jauh lebih dekat jika dibandingkan dengan jarak matahari ke bumi. Oleh karena itu, gaya Tarik menarik yang disebabkan oleh bumi dan bulan juga jauh lebih besar jika dibandingkan dengan matahari. Gaya Tarik bulan diketahui mempengaruhi aktivitas pasang surut sebesar 2,2 kali lebih besar apabila dibandingkan dengan gaya Tarik yang di sebabkan oleh matahari. Oleh sebab itu, gaya Tarik menarik yang terjadi antara bumi dan bulan dapat menjadi satu system yang saling berhubungan dan menjadi satu kesatuan yang beredar secara Bersama – sama mengikuti sumbu perputaran yang sama. Pembentukan dan aktivitas pasang surut pada air laut sangat erat kaitannya dengan aktivitas ke tiga benda Langit tersebut. Beberapa contoh aktivitas tersebut diantaranya yakni revolusi yang terjadi pada bulan terhadap bumi, revolusi yang terjadi pada bumi terhadap matahari dan juga perputaran bumi terhadap sumbu yang dimilikinya. (Setyawan, Sari, & Aliviyanti, 2021).

Pasang surut di Indonesia terbagi menjadi empat tipe diantaranya yakni sebagai berikut (Ramdhan, 2011):

1. Pasang surut harian tunggal (diurnal tide)

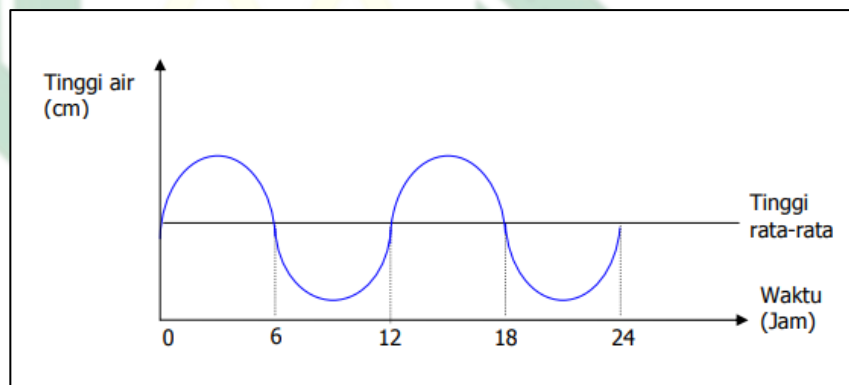
Tipe pasang surut yang dalam kurun waktu 24 jam terjadi satu kali pasang dan satu kali surut.



Gambar 2. 1 Pola Gerak Pasut Harian Tunggal

2. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

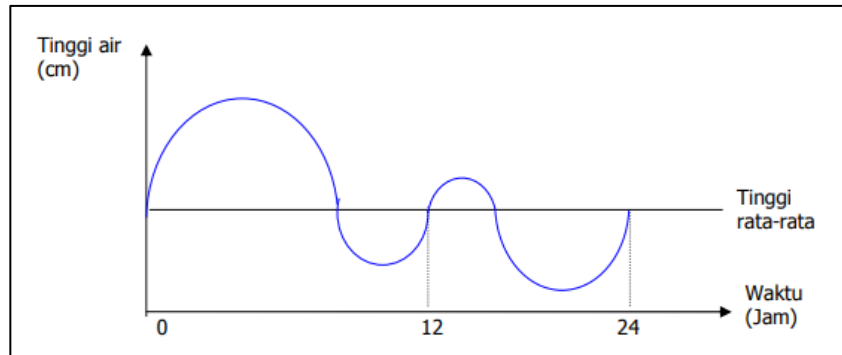
Tipe pasang surut yang dalam kurun waktu 24 jam terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan ketinggian yang hampir sama serta pasang surut terjadi secara berurutan dan teratur.



Gambar 2. 2 Pola Gerak Pasut Harian Ganda

3. Pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide prevealling diurnal*)

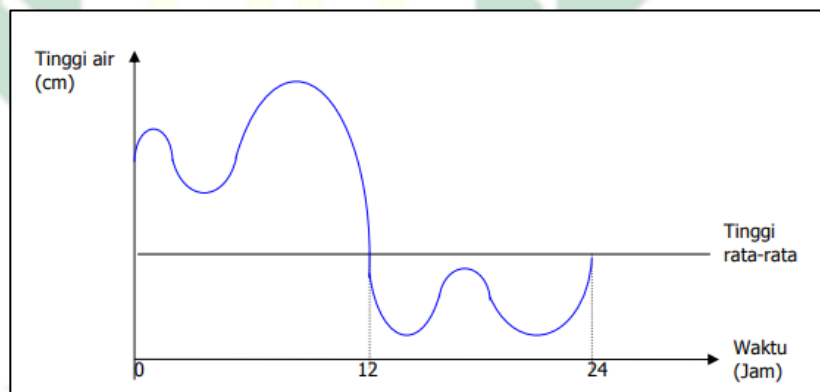
Tipe pasang surut yang dalam kurun waktu 24 jam terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, namun untuk beberapa waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan ketinggian serta periode yang terlampau berbeda.



Gambar 2. 3 Pola Gerak Pasut Campuran Condong Harian Tunggal

4. Pasang surut campuran condong harian ganda (mixed tide prevealing semi diurnal)

Tipe pasang surut yang dalam kurun waktu 24 jam terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, namun dalam beberapa waktu terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan ketinggian serta periode yang terlampau berbeda.



Gambar 2. 4 Pola Gerak Pasut Condong Harian Ganda

Jenis pasang surut dapat ditentukan melalui frekuensi pasang surut air laut yang terjadi setiap harinya. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan terdapat variasi dalam reaksi setiap daerah terhadap energi yang membantu dalam membangkitkan pasang surut. Tipe pasang surut dapat diketahui melalui penilaian antara amplitude detail pasut utama dan pasut ganda utama dan penilaian ini dapat disebut sebagai bilangan. Angka pasang surut “F” (tide form number “Formzahl”) dapat diperoleh melalui persamaan berikut ini (Fadilah, Suripin, & Sasongko , 2014) :

$$F = \frac{(O_1)+(K_1)}{(M_2)+(S_2)} \quad (2.1)$$

Nilai F dapat membantu untuk menentukan tipe pasang surut berdasarkan klasifikasi yakni sebagai berikut :

1. Pasang surut harian ganda jika $F \leq 0.25$
2. Pasang surut tipe campuran condong harian ganda jika $0.25 < F \leq 1.5$
3. Pasang surut tipe campuran condong harian tunggal jika $1.5 < F \leq 3$
4. Pasang surut tipe harian tunggal jika $F > 3$

Keterangan :

- F (Formzahl) : Angka pasang surut (tide form number)
- (K₁) : Amplitudo dari konstanta pasut K1
- (O₁) : Amplitudo dari konstanta pasut O1
- (M₂) : Amplitudo dari konstanta M2
- (S₂) : Amplitudo dari konstanta S2

Menurut (Poerbandono D. , 2005) pasang surut di setiap wilayah perairan selalu mengalami pergantian di setiap waktu. Guna memutuskan ketinggian perairan dan juga kedalaman perairan, telah terdapat acuan yang dapat dipergunakan untuk menentukan muka air laut dengan memakai beberapa keterangan yakni sebagai berikut :

- a. *High Water Level* (HWL) merupakan perairan maksimum yang diperoleh pada periode pasang surut ketika air dalam kondisi tinggi.
- b. *Low Water Level* (LWL) merupakan perairan minimum yang diperoleh dalam kondisi air rendah di satu periode pasang surut.
- c. *Mean High Water Level* (MHWL) merupakan rata – rata suatu perairan pada 19 tahun terakhir.
- d. *Mean Low Water Level* (MLWL) merupakan ketinggian perairan minimum selama 19 tahun rata – rata.

- e. *Mean Sea Level* (MSL) merupakan rata – rata tinggi perairan dan rendah dari perairan dimana sudut ini diaplikasikan sebagai sudut di wilayah daratan.
- f. *Highest High Water Level* (HHWL) merupakan nilai tertinggi pada suatu perairan Ketika terjadi pasang surut di waktu bulan purnama.
- g. *Lowest Low Water Level* (LLWL) merupakan nilai terendah suatu perairan Ketika terjadi suatu proses pasang surut pada saat bulan purnama.
- h. *Higher High Water Level* (HHWL) merupakan nilai tertinggi dalam sehari pada sebuah perairan dalam kurun 2 waktu.
- i. *Lower Low Water Level* (LLWL) merupakan nilai terendah dalam sehari pada sebuah perairan dalam kurun 2 waktu.

Komponen – komponen utama yang terdapat pada pasang surut terdiri atas komponen harian dan komponen tengah harian. Dikarenakan interaksi dengan morfologi pantai dan superposisi antar gelombang pasang surut komponen utama, maka akan terbentuk komponen pasang surut yang baru. Penjelasan dari komponen – komponen harmonik untuk membantu dalam menentukan konstanta pasang surut yakni sebagai berikut (Poerbandono & Djunarsyah, Survei Hidrografi, 2005) :

Tabel 2. 2 Komponen - Komponen Pasang Surut

Spesies	Komponen	Periode (Jam)	Fenomena
Semi Diurnal	M_2	12.45	Gravitasi bulan sejajar dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	S_2	12.00	Gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
	N_2	12.66	Perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
	K_2	11.97	Perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
Diurnal	K_1	32.93	Deklinasi sistem bulan dan matahari
	O_1	25.82	Deklinasi bulan
	P_1	21.07	Deklinasi matahari
Panjang Panjang	M_r	327.86	Variasi setengah bulan
	M_m	661.30	Variasi bulanan

Spesies	Komponen	Periode (Jam)	Fenomena
	S_{S0}	219.43	Variasi semi tahunan
Perairan Dangkal	$2SM_2$	11.61	Interaksi bulan dan matahari
	MNS_2	13.13	Interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak matahari akibat lintasan berbentuk elips
	MK_3	8.18	Interaksi bulan dengan matahari dengan perubahan jarak bulan akibat lintasan berbentuk elips
	M_4	6.21	2x kecepatan sudut
	M_{S4}	2.20	Interaksi M dan S

2.1.4.6 Arus

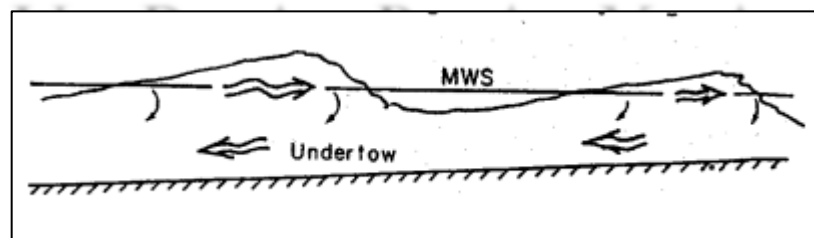
Arus merupakan pergerakan massa air secara horizontal yang membentuk suatu pola sirkulasi arus khusus. Dimana pergerakannya disebabkan oleh adanya tiupan angin di permukaan laut, serta perbedaan densitas suatu perairan maupun pengaruh dari kondisi pasang surut air laut. Pergerakan arus dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti adanya perbedaan tekanan dalam suatu perairan, terbentuknya gaya Coriolis, upwelling, downwelling, serta arus Ekman. Bahkan adanya perbedaan dari topografi suatu perairan juga dapat menyebabkan adanya perbedaan pergerakan arus antara satu wilayah dengan wilayah perairan lainnya (Effendi, 2013).

Pergerakan kolom air yang dapat disebabkan oleh perbedaan massa jenis air laut, hembusan angin maupun pergerakan yang terjadi dalam jangka yang panjang dan secara berkala dapat didefinisikan sebagai arus. Gerakan dari arus sendiri umumnya difaktori oleh pergerakan angin dan perbedaan massa jenis air. Arus laut sendiri dapat tercipta oleh beberapa factor diantaranya yakni adanya rambatan angin, adanya perbedaan massa jenis air, adanya perbedaan dari tekanan air serta terjadinya aktivitas *upwelling* dan *downwelling* di suatu perairan (Irawan, Fahmi, & Roziqin, 2018).

Arus memiliki peran penting dalam menentukan kondisi dari suatu perairan. Salah satunya ialah sebagai penentu kondisi dinamis pada suatu

perairan. Arus memiliki karakteristik berpola khusus dengan kecepatan dan arah sehingga menjadikan suatu kolom perairan menjadi dinamis. Selain itu, peran arus sebagai pembawa, perantara serta distribusi yang berkaitan dengan aspek biologi, kimia bahkan polutan. Pada aspek biologi, arus membawa peran penting dalam distribusi biota di perairan. Mulai dari kelimpahan hingga rantai makanan pada kolom perairan dipengaruhi oleh arus. Pada aspek kimia, arus memiliki peran dalam hal distribusi unsur-unsur kimia baik yang diperlukan oleh alam itu sendiri ataupun sebagai penunjang kebutuhan metabolisme suatu biota. Sedangkan untuk polutan, arus membantu adanya penyebaran polutan dari satu tempat ke tempat lain, mulai dari hulu hingga hilir. Selain berperan dalam beberapa aspek, arus juga memiliki peran penting untuk para nelayan. Arus membantu para nelayan sebagai penentu arah pelayaran (Abrianto & Jaelani, 2016).

Pembagian zona untuk Bergeraknya arus terbagi menjadi beberapa bagian, namun dari salah satu zona yang tentunya memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap dinamika pantai dan zona tersebut sering disebut sebagai *Surf Zone*. Terdapat arus vertikal pantai yang umumnya menjadi penyebab utama aktivitas erosi di lingkungan pesisir pantai. Arus ini bergerak di bawah kolom air menuju pantai dibawah gelombang pecah. Arus ini seringkali disebut dengan arus *undertow*. Apabila arus ini telah menyentuh pantai maka akan mengumpalkan volume air dan menghasilkan energi yang kuat dalam kurun waktu yang cepat.



Gambar 2. 5 Arus Undertow

(Sumber : (Svendsen, 1984))

Sirkulasi arus air laut terbagi menjadi dua kategori yaitu sirkulasi di permukaan laut (*surface circulation*) dan sirkulasi di dalam laut. Arus pada sirkulasi di permukaan laut didominasi oleh arus yang ditimbulkan oleh

angin sedangkan sirkulasi di dalam laut didominasi oleh arus termohalin. Arus termohalin timbul sebagai akibat adanya perbedaan densitas karena berubahnya suhu dan salinitas massa air laut. Perlu diingat bahwa arus termohalin dapat pula terjadi di permukaan laut demikian juga dengan arus yang ditimbulkan oleh angin dapat terjadi hingga dasar laut. Sirkulasi yang digerakan oleh angin terbatas pada gerakan horizontal lapisan atas air laut. Berbeda dengan sirkulasi yang digerakan angin secara horizontal, sirkulasi termohalin mempunyai komponen gerakan vertikal yang menjadi agen pencampuran massa air di lapisan dalam. Arus permukaan laut umumnya digerakan oleh stress angin yang bekerja pada permukaan laut. Angin cenderung mendorong lapisan air di permukaan laut dalam arah gerakan angin. Tetapi karena pengaruh rotasi bumi atau pengaruh gaya Coriolis, arus tidak bergerak searah dengan arah angin tetapi dibelokkan ke arah kanan dari arah angin di belahan bumi utara dan arah kiri di belahan bumi selatan (Abrianto & Jaelani, 2016).

2.1.4.7 Angin

Angin merupakan aktivitas sirkulasi udara yang yang mengalir hampir sejajar dengan permukaan bumi. Siklus ini dapat terjadi dikarenakan terjadinya perubahan suhu. Kecepatan angin dapat diukur menggunakan alat bernama anemometer dan umumnya satuan yang dipergunakan dalam mengukur kecepatan angin adalah knot. Satu knot panjangnya yakni satu menit untuk mengukur khatulistiwa selama satu jam (1 knot = 1.852 km/jam). Data angin yang diukur setiap jamnya menampilkan kecepatan, arah dan juga periode angin. Data angin tahunan perlu untuk di proses yang nantinya dapat ditampilkan dalam bentuk grafik yang disebut tabular maupun *wind rose*. *Wind rose* membantu dalam membaca karakteristik angin seperti arah dan kecepatan dominan dalam waktu yang singkat (Triatmodjo, 2009).

Gelombang merupakan sebuah aktivitas pergerakan naik turunnya air yang bersifat tegak lurus dengan permukaan air laut yang kemudian membentuk kurva sinusoidal. Terbentuknya gelombang sangat umum terjadi dan ditemukan pada perairan laut lepas. Gelombang memiliki bentuk

yang Panjang dan melintasi laut serta akan bergerak dalam jangka yang cukup Panjang. Gelombang laut juga merupakan salah satu indicator yang perlu diperhatikan dan paling umum untuk mengetahui adanya perubahan garis pantai. Bergeraknya gelombang laut dapat dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya yakni pegerakan musiman air pada permukaan laut yang berkaitan dengan pola musim dan juga angin musim seperti musim barat, timur dan lain sebagainya (Wakkary, Jasin, & Dundu, 2017).

Berdasarkan penjabaran diatas, tenaga pembangun gelombang umumnya dibangkitkan oleh keberadaan gravitasi bumi, bulan dan juga matahari. Selain itu, pembangkit gelombang yang juga umum untuk dijumpai diantaranya yakni angin, tsunami dan gempa bumi. Gelombang termasuk sebagai hal yang penting untuk diketahui terutama untuk kebutuhan yang berhubungan dengan meteorologi laut. Gelombang laut umumnya juga diciptakan oleh angin atau yang biasa disebut sebagai gelombang laut sehingga angin ini mempengaruhi karakteristik yang dimiliki oleh gelombang tersebut. Apabila kondisi angin semakin kencang maka dapat menyebabkan kecepatan gelombang semakin tinggi dan panjang dari suatu gelombang juga akan semakin panjang (Nadia & Oktaviandra, 2019).

2.1.4.8 Batimetri

Dalam pekerjaan maupun bidang penelitian, Survei batimetri merupakan salah satu kegiatan survei yang sering dilakukan. Survei batimetri merupakan suatu kegiatan menentukan posisi titik dasar permukaan air pada koordinat tertentu. Output dari kegiatan tersebut adalah model bentuk topografi dasar perairan yang disajikan dalam peta batimetri (Ayu, 2020).

Selain itu, definisi lain dari batimetri ialah nilai rendah maupun tingginya topografi batimetri yang menampilkan gambaran yang ada di dasar laut dan nantinya dapat menghasilkan peta maupun citra. Aktivitas yang dilakukan selama proses batimetri berlangsung diantaranya yakni pengukuran kedalaman laut, pengolahan data yang telah diperoleh dan

proses visualisasi data yang telah diolah. Model dasar laut dapat diketahui melalui proses pendugaan spot Ketika proses pengukuran kedalaman yang dilakukan sepanjang tempat penelitian. Kepadatan data yang diperoleh bergantung pada lajur perum yang telah dibuat, semakin dekat jarak antar lajur maka akan semakin banyak dan padat data yang telah diperoleh. Teknologi perekaman yang saat ini digunakan menggunakan teknologi digital sehingga data yang dihasilkan mencapai kecepatan lebih dari 1 titik per detik (Tanto, 2016).

Selain dari mendapatkan bentuk topografi dasar perairan, kegiatan survei batimetri juga memberikan data informasi mengenai kedalaman, sehingga dapat memberikan informasi benda-benda dasar perairan mengenai keberadaan objek yang dapat menimbulkan bahaya dalam kegiatan pelayaran. Untuk mendapatkan data informasi kedalaman perairan, survei batimetri menggunakan metode pemeruman. Metode pemeruman disini menggunakan gelombang akustik untuk pengukuran kedalaman dasar perairan dengan memanfaatkan teknologi echosounder. (Ayu, 2020)

Proses pembuatan peta batimetri terdiri dari tiga tahapan, yang diawali dengan tahap pengumpulan data atau pencarian data sekaligus di dalamnya kegiatan akuisisi data, kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data dan terakhir penyajian data. Kegiatan survei batimetri harus berpedoman pada standar minimum ketelitian dari International Hydrographic Organization (IHO) untuk mendapatkan hasil peta batimetri sesuai syarat kualitas yang baik. (Ayu, 2020)

2.1.4.9 Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis merupakan suatu system maupun teknologi yang berbasis computer dan dibangun dengan tujuan guna mengumpulkan, menyimpan, mengolah, menganalisa dan juga untuk menyajikan data dan informasi dari suatu objek ataupun sebuah fenomena fenomena yang memiliki keterkaitan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi. Teknologi system informasi geografis umumnya digunakan untuk keperluan investigasi ilmiah, upaya perencanaan

pembangunan dan rute, pengelolaan sumberdaya dan juga kartografi (Setianingrum, 2014).

Pengertian lain dari system informasi geografis yakni sebuah system computer yang mampu untuk merekam, menulis, menyimpan dan menganalisis serta menampilkan data geografis. Hal ini tentu saja dapat mempermudah dalam hal memberikan informasi mengenai profil suatu wilayah dengan mudah. Sistem Informasi Geografis atau yang dapat disebut sebagai SIG merupakan teknologi yang berperan sebagai alat bantu yang bersifat sangat esensial dalam hal menyimpan, memanipulasi, menganalisis dan juga menampilkan Kembali data kondisi – kondisi alam yang dibutuhkan menggunakan bantuan data atribut dan spasial. Umumnya system ini memang berhubungan dengan computer dan jaringan. (Sasmito, 2017).

1. ArcGIS

ArcGIS merupakan salah satu peranti lunak berupa aplikasi yang terintegrasi dengan system informasi geografis (GIS). ArcGIS menyediakan layanan yang dapat melakukan pekerjaan yang berbeda – beda, diantaranya yakni *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcReader* dan juga *ArcView*. Peranti lunak ini telah disempurnakan fungsinya oleh *Environmental System Research (ESRI)* dimana organisasi ini bekerja khusus pada bidang solusi peta digital yang terintegrasi (Sasoeng, Sentinuwo, & Rindegan, 2018).

2.1.4.10 Citra Satelit

Citra merupakan sebuah gambaran atau rekaman pada suatu objek yang umumnya dapat berupa gambaran rekaman pada objek pada foto. Citra juga dapat diartikan sebagai salah satu komponen multimedia yang memiliki peranan penting dan sebagai bentuk informasi visual. Citra memiliki karakteristik tersendiri yang tidak dimiliki oleh data lain yakni citra kaya akan informasi baik mengenai lokasi maupun koordinat tampilan yang ditunjukkan.

Secara harfiahnya, citra atau *image* merupakan sebuah gambar dwimatra atau dua dimensi. Apabila ditinjau dari sudut pandang matematis, citra adalah fungsi penerus yang dihasilkan dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Sumber cahaya ini nantinya akan menerangi objek dan dilanjutkan pemantulan Kembali yang dilakukan objek sebagai berkas cahaya. Pantulan ini nantinya akan ditangkap alat – alat optic seperti contohnya mata manusia, segala jenis kamera baik analog maupun digital, pemindai atau scanner atau *pemindai* dan lain sebagainya, sehingga nantinya dapat menghasilkan bayangan objek yang dapat disebut sebagai citra (Permadi & Murinto, 2015).

Kemampuan sensor dalam upaya merekam obyek yang berukuran kecil sekalipun pada setiap pikselnya dapat disebut sebagai resolusi spasial. Citra satelit apabila di dasarkan pada resolusi spasial menurut USGS dapat dibagi menjadi 3 yang dikutip dari (Nahdhliyah, 2017), diantaranya yakni :

- a. Citra beresolusi rendah : citra ini memiliki resolusi spasial yakni sekitar 15 meter hingga 30 meter (Citra satelit Landsat : Landsat 4/5/7, Landsat 8 LDCM dan juga SPOT – 2, SPOT – 4.
- b. Citra beresolusi sedang : citra ini memiliki resolusi spasial yakni sekitar 2.5 meter hingga 10 meter (Citra Satelit SPOT)
- c. Citra beresolusi tinggi : citra ini memiliki resolusi spasial yakni sekitar 0.6 meter hingga 1 meter (Citra satelit Ikonos dan Quickbird)

Tabel 2. 3 Komposisi Band dan Fungsinya

No	Band Spektral	Panjang Gelombang	Resolusi Spasial	Fungsi
1.	Band 1 – Coastal Aerosol	0,43 – 0,45 μ	30 meter	Penelitian Coastal dan Aerosol
2.	Band 2 – Blue	0,45 – 0,51 μ	30 meter	Pemetaan Batimetri, membedakan vegetasi/ karakteristik tanah dan daun.
3.	Band 3 - Green	0,53 – 0,59 μ	30 meter	Lebih menekankan puncak vegetasi yang nantinya berguna untuk kekuatan tanaman.
4.	Band 4 - Red	0,64 – 0,67 μ	30 meter	Perbedaan vegetasi lereng.
5.	Band 5 – <i>Near Infrared</i>	0,85 – 0,88 μ	30 meter	Menegaskan jumlah biomassa dan garis pantai.
6.	Band 6 – <i>Short Wavelength Infrared</i>	2,11 – 2,29 μ	30 meter	Meningkatkan hasil kadar air, tanah dan juga vegetasi serta awan tipis sebagai penetrasi.
7.	Band 7 – <i>Short Wavelength Infrared</i>	2,11 – 2,29 μ	30 meter	Meningkatkan hasil kadar air, tanah dan vegetasi serta awan

No	Band Spektral	Panjang Gelombang	Resolusi Spasial	Fungsi
				tipis yang berperan sebagai penetrasi.
8.	Band 8 - <i>Panchromatic</i>	0,50 – 0,68 μ	30 meter	Menajamkan resolusi gambar.
9.	Band 9 - <i>Cirrus</i>	1,36 – 1,39 μ	30 meter	Meningkatkan hasil deteksi kontaminasi awan cirrus.
10.	Band 10 - <i>Long Wavelegth Infrared</i>	10,30 – 11,30 μ	30 meter	Resolusi 100 meter, pemetaan suhu panas dan kelembapan tanah.
11.	Band 10 - <i>Long Wavelength Infrared</i>	11,50 – 12,50 μ	30 meter	Resolusi 100 meter, peningkatan pemetaan suhu panas dan estimasi kelembaban tanah.

Sumber : Lapan, 2015

2.1.4.11 Metode Numerik

Metode numerik adalah salah satu cabang ilmu matematika yang umumnya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang diformulasikan secara matematis menggunakan operasi perhitungan. Metode ini merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan numerik menggunakan pendekatan real dari model matematis. Metode ini menggunakan operasi perhitungan berulang guna menyelesaikan persamaan numeriknya (Santoso, 2011).

Pemodelan numerik merupakan salah satu metode yang umum digunakan dalam menentukan pola arus di lautan. (Rachman, Hendrawan,

& Putra, 2016). Simulasi numerik sendiri merupakan pemodelan yang menggunakan rumus matematika yang selanjutnya diselesaikan dengan cara mentransformasikan kondisi fisik pantai ke dalam lingkup komputasi yang kemudian dipecahkan secara numerik menggunakan bantuan perangkat lunak salah satunya Delft 3D (Arizal, 2011).

Pemodelan numerik digunakan pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak yakni Delft 3D. Perangkat lunak ini membantu dalam melakukan berbagai macam simulasi, mulai dari simulasi pengangkutan sedimen, simulasi aliran, gelombang, perubahan morfologi, ekologi serta kualitas air. Metode numerik dapat dijumpai pada modul Delft 3D salah satunya modul Delft 3D – FLOW berupa metode numerik elemen hingga (Nugraha, Maulana, Wardoyo, & Negara, 2021).

2.1.4.12 Delft 3D

Perangkat lunak Delft 3D merupakan sebuah perangkat yang dikembangkan di University of Delft. Dikembangkan dengan teknologi Belanda, perangkat ini dipergunakan untuk melakukan pemodelan 2D dan 3D hidrodinamik lepas pantai. Dasar yang diterapkan pada Delft 3D – FLOW yakni memperkirakan aliran yang tidak stabil (*Unsteady flow*) serta fenomena transportasi sebagai akibat dari pasang surut dan kekuatan eksternal (Meteorologi). Tujuannya yakni untuk mensimulasikan arah angin dan pasang surut dalam bentuk 2D maupun 3D dengan memecahkan persamaan aliran di perairan dangkal (SWE). Pendekatan ini membantu untuk mengubah persamaan momentum vertical menjadi hubungan tekanan hidrostatis (DELFT 3D, 2020).

Delft 3D merupakan sebuah perangkat lunak yang dipergunakan untuk melakukan pemodelan tiga dimensi di wilayah pesisir, sungai dan juga muara. Pada proses pemodelannya, Delft 3D akan mensimulasikan area tertentu seperti aliran, aliran sedimen, gelombang, kualitas air, perkembangan ekologi dan morfologi. Delft 3D dapat menautkan modul yang nantinya dapat dipergunakan

untuk bertukar hasil dengan data – data yang diperlukan guna memverifikasi model menggunakan formulasi yang sesuai dengan modul saat proses running tengah berlangsung (DELFT 3D, 2020).

Delft 3D adalah sebuah perangkat lunak yang memiliki kegunaan untuk membantu memberikan simulasi mengenai aktivitas arus, sedimen, gelombang, kualitas air serta morfologi dan juga ekologi pantai dalam bentuk komputasi. Delft 3D umumnya digunakan pada lingkup pantai, muara, danau dan juga sungai. Delft 3D memiliki beberapa system yang dibedakan berdasarkan fungsinya, diantaranya yakni (Zuriat , 2020):

- a. Delft 3D – FLOW : sistem ini umumnya difungsikan untuk mensimulasi pasang surut air laut, banjir dan juga aliran sungai. Modul ini di pergunakan untuk memodelkan secara numerik terkait kondisi hidrodinamika seperti contohnya salinitas, temperature, aktivitas transport sedimen dan juga perubahan morfologi dasar yang terjadi di wilayah pantai. Delft 3D – Flow merupakan salah satu fitur yang dipergunakan untuk menghitung *Shallow Water Equation* atau SWE. SWE ini merupakan persamaan yang terdapat pada kondisi air dangkal dalam variable kecepatan dan juga tinggi yang disajikan dalam bentuk baik dua dimensi maupun tiga dimensi pada sebuah grid atau garis bantu (Arizal, 2011). Pada perangkat lunak Delft-3D – Flow terdapat tujuh fungsi yang dapat dijalankan sesuai dengan kebutuhan pengguna, yakni sebagai berikut :
 - Delft 3D – RFGRID : Dipergunakan untuk membuat zona segmen yang memiliki bentuk berupa grid pada topografi.
 - Delft 3D – Quickin : dipergunakan sebagai salah satu lokasi untuk memasukkan output pada grid yang berisikan data batimetri, kondisi awal pada water level, pengujian salinitas dan juga arus.
 - Delft 3D – TRIANA : dipergunakan untuk menganalisis pasang surut dengan interval waktu.
 - Delft 3D – TIDE : Dipergunakan untuk menganalisis pasang surut terhadap water level serta kecepatannya.

- Delft 3D – NESTHD : Dipergunakan untuk membuat Batasan dari keseluruhan model. Dipergunakan untuk
 - Delft 3D – QUICKPLOT : Dipergunakan untuk menampilkan hasil running data yang telah dijalankan. Hasil yang ditampilkan nantinya dapat berupa visualiasi gambar maupun animasi bergerak.
- b. Delft 3D – WAVE : sistem ini umumnya difungsikan untuk mengetahui rambatan gelombang. Modul ini dipergunakan untuk menyediakan layanan perambatan gelombang, pembangkitan gelombang angin, interaksi gelombang ke gelombang linier serta topografi dasar laut tertentu, ketinggian angin, medan angin serta arus kedalaman air baik yang sedang, besar maupun terbatas.
- c. Delft 3D – WAQ : sistem ini umumnya difungsikan untuk mengetahui parameter kualitas perairan pada wilayah far – field. Modul ini dapat dipergunakan untuk memodelkan kualitas air dan juga merupakan salah satu *tools* atau alat yang terbukti dapat untuk pengelolaan kualitas air dan juga pengelolaan air secara terpadu. Model kualitas air memiliki lebih dari satu variable keadaan, polutan maupun zat yang masuk ke dalam area model melalui batas model maupun aliran masuk secara lateral.
- d. Delft 3D – ECO : sistem ini umumnya difungsikan untuk melakukan pemodelan ekologi. Modul ini menyediakan eutrofikasi secara kompleks yang memungkinkan untuk memodelkan organisme maupun ekosistem.
- e. Delft 3D – SED : sistem ini umumnya difungsikan untuk aktivitas pengangkutan sedimen.
- f. Delft 3D – PART : sistem ini umumnya difungsikan untuk mengetahui kualitas air dan Gerakan partikel di wilayah Midfield. Modul ini menyajikan pemodelan numerik yang dapat dipergunakan untuk menganalisis pergerakan partikel sekaligus kualitas perairan serta dapat juga digunakan untuk memodelkan wilayah perairan yang tercemar oleh minyak.

Pada modul DELFT3D – Flow, memiliki dasar berupa memperkirakan aliran tidak stabil (*Unsteady flow*) serta fenomena transport yang dapat disebabkan oleh aktivitas pasang surut maupun gaya – gaya yang berasal dari luar bumi (*meteorological forcing*). Tujuannya ialah melakukan simulasi pasang surut dan juga arah hembusan angin yang disajikan dalam bentuk 2D dan 3D dengan menyelesaikan persamaan dangkal. Pada pendekatan yang dilakukan ini, persamaan momentum vertical nantinya akan diubah menjadi hubungan tekanan hidrostatik. Kecepatan arah vertical akan dianggap sangat kecil jika dibandingkan dengan percepatan gravitasi. Terdapat beberapa persamaan yang dipergunakan dalam pengerjaan penelitian ini, yakni sebagai berikut.

- **Persamaan Momentum arah x dan y**

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} - fv + \frac{\tau_{bx}}{\rho w(d+\eta)} - \frac{F_x}{\rho w(d+\eta)} - v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial y} + fu + \frac{\tau_{by}}{\rho w(d+\eta)} - \frac{F_y}{\rho w(d+\eta)} - v \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (2.3)$$

Kemudian, *Bottom stress* yang disajikan dalam bentuk 2D dapat dihitung dengan persamaan lain, tegangan dasar dalam arah x dan arah y yang disebabkan oleh turbulensi aliran ditentukan dengan menggunakan persamaan gesekan kuadratik sebagai berikut.

$$\tau_{bx} = \rho w g \left(\frac{|U|u}{c^2} \right) \quad (2.4)$$

$$\tau_{by} = \rho w g \left(\frac{|U|v}{c^2} \right) \quad (2.5)$$

Keterangan :

- d : Kedalaman air dibawah garis reference (m)
- f : Parameter *coriolis* (1/s)
- u,v : Kecepatan rata – rata (m/s)
- ρw : Massa jenis air (Kg/m³)
- $F_{x,y}$: Gaya arah x dan y (N/m²)
- U : Total kecepatan, $U = (u^2+v^2)^{1/2}$; (m/s)
- η : Ketinggian air diatas garis reference (m)

- g : Percepatan gravitasi (m/s²)
 $\tau_{bx, y}$: Komponen arah x dan y *bed shear stress* (N/m²)

1. Modul *Hydro-Morphodynamics*

- **Kondisi Aliran**

Metode aliran yang diterapkan pada software Delft 3D di dasarkan pada *finite differences*. Guna mendiskritisasi persamaan pada aliran air dangkal, maka area model akan ditutup oleh garis lengkung (grid) dengan asumsi bahwa grid orthogonal dan terstruktur dengan baik. Dasar persamaan aliran merupakan persamaan *Navier Stokes* untuk *incompressible fluid* pada perairan dangkal serta asumsi *Boussinesq*. Pada persamaan momentum vertical, percepatan vertical ditiadakan dan mengarah pada tekanan hidrostatik. Pada Delft 3D – Flow persamaan kontinuitas dari persamaan pengatur dan hukum kekekalan momentum berlaku untuk semua komponen yang ada dalam Delft3D. Persamaan kontinuitas yang digunakan memiliki empat komponen yakni perubahan massa sumbu z, perubahan massa sumbu y, perubahan massa sumbu x serta perubahan massa sistem. Persamaan kontinuitas ditunjukkan yakni sebagai berikut (Flow, 2020):

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G\xi\xi}\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial((d+\zeta)U\sqrt{G\eta\eta})}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G\xi\xi}\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial((d+\zeta)V\sqrt{G\xi\xi})}{\partial \eta} = (d + \zeta)Q \quad (2.6)$$

Sementara itu, persamaan kekekalan momentum yang digunakan dalam modul Delft3D-Flow seperti yang disajikan pada persamaan dibawah ini.

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial t} \\ \frac{\partial v}{\partial t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{u}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial u}{\partial \xi} - \frac{uv}{\sqrt{G\xi\xi}\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \sqrt{G\xi\xi}}{\partial \eta} \\ -\frac{v}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial v}{\partial \eta} - \frac{uv}{\sqrt{G\xi\xi}\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \sqrt{G\eta\eta}}{\partial \xi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{v}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial u}{\partial \eta} - \frac{v^2}{\sqrt{G\xi\xi}\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \sqrt{G\eta\eta}}{\partial \xi} \\ -\frac{u}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial v}{\partial \xi} - \frac{u^2}{\sqrt{G\xi\xi}\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \sqrt{G\xi\xi}}{\partial \eta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \\ -\frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} fv \\ -fu \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{1}{\rho_0\sqrt{G\xi\xi}} P\xi \\ -\frac{1}{\rho_0\sqrt{G\eta\eta}} P\eta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F\xi \\ F\eta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} (v \frac{\partial u}{\partial \sigma}) \\ \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} (u \frac{\partial v}{\partial \sigma}) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M\xi \\ M\eta \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Persamaan kekekalan momentum diatas terdiri atas 9 komponen yang memiliki arti persamaan yang berbeda – beda. Adapun secara berturut – turut dari kiri atas dalam istila abjad, komponen yang Menyusun persamaan momentum diatas yakni.

- Komponen A adalah percepatan internal system
- Komponen B adalah percepatan yang diakibatkan oleh transportasi yang searah dengan sumbu tinjauan
- Komponen C adalah percepatan yang diakibatkan transport lateral terhadap sumbu tinjauan
- Komponen D adalah percepatan akibat adveksi vertical
- Komponen E adalah percepatan yang terjadi akibat pengaruh gaya koriolis
- Komponen F adalah percepatan akibat gradien tekanan barotropic dan tekanan baroklinik
- Komponen G adalah percepatan yang diakibatkan oleh viskositas
- Komponen H adalah percepatan akibat momentum dari difusi vertical
- Komponen I adalah percepatan yang diakibatkan oleh momentum gaya eksternal tambahan seperti struktur terapung, debit sungai, struktur pengaman pantai dan lain sebagainya.

Keterangan :

ξ, η, σ : Posisi pada sumbu x, y dan z (m)

u, v, w : Kecepatan partikel sumbu x, y, z (m/s)

f_u dan f_v : Faktor akibat gaya koriolis pada sumbu x dan y (m/s²)

$\sqrt{G_{\xi\xi}}$ & $\sqrt{G_{\eta\eta}}$: Lebar grid pada sumbu x dan y (m)

F_{ξ} & F_{η} : Variabel percepatan dari momentum pada sumbu x dan y (m/s²)

- $P\xi$ & $P\eta$: Gradient tekanan pada sumbu x dan y (Pascal)
- $M\xi$ & $M\eta$: Variabel percepatan gaya eksternal pada sumbu x dan y (m/s^2)
- V_v : Vertikal eddy viscosity (kg m/s)
- ζ : Elevasi muka air (m)
- t : waktu (detik)
- ρ_o : Massa jenis air (Kg/m^3)
- d : Kedalaman perairan (m)
- Q : Debit per satuan luas (m/s)

- **Transport Sedimen**

Laju sedimen dan perubahan morfologi pada dasarnya menerapkan sedimen dasar maupun melayang. Selain itu, aktivitas laju sedimen dan perubahan morfologi juga berhubungan dengan jenis sedimen baik sedimen kohesif maupun sedimen non – kohesif. Perhitungan transport sedimen yang dilakukan menggunakan software Delft3D menggunakan persamaan yakni sebagai berikut (Alfaisal, Syamsidik, & Masimin, 2017).

$$q_s = 0,012 \bar{u} \frac{(\bar{u} - \bar{u}_{cr})^{2.4} d_{50} D_*^{-0.6}}{((s-1)g d_{50})^{1.2}} \quad (2.8)$$

$$q_b = 0,005 \bar{u} h \left(\frac{\bar{u} - \bar{u}_{cr}}{((s-1)g d_{50})^{0.5}} \right)^{2.4} \left(\frac{d_{50}}{h} \right)^{1.2} \quad (2.9)$$

$$D_* = \left[\frac{g}{v^2} \right]^{\frac{1}{3}} D_{50} \quad (2.10)$$

Keterangan :

- D_{50} : Diameter butiran sedimen median (m)
- D_* : Diameter butiran
- \bar{u} : Kecepatan arus pada kedalaman rata – rata
- \bar{u}_{cr} : Kecepatan arus kritis
- h : Kedalaman (m)

- g : Percepatan gravitasi (m/d^2)
v : Kecepatan pada arah y
 q_b : Transpor sedimen dasar
 q_s : Transpor sedimen melayang

2.2 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

Judul	Penulis dan Tahun Terbit	Metode	Hasil
Analisis Perubahan Profil Pantai Parangtritis dengan Software DELFT3D	Rikan Syarifullah Hasan (2016)	Metode yang digunakan merupakan metode kualitatif dimana data yang didapatkan berasal Badan Meteorologi dan Geofisika setempat. Selain itu terdapat beberapa data olahan yakni data profil pantai dan data sampel sedimen yang telah diolah.	Diketahui terjadi perubahan bentuk profil Pantai Parangtritis saat kondisi ekstrim yakni terjadinya erosi yang mencapai 0,8 meter pada jarak profil dari 0 – 100 meter dari garis pantai dan kedalamannya mencapai 2 meter dari profil pantai dari jarak 100 meter hingga 1,6 kilometer dalam kurun waktu lima tahun. Sementara dalam kondisi tenang terjadi aktivitas erosi rata – rata yakni 0,1 meter hingga 0,5 meter dalam kurun waktu lima tahun.
Analisa Perubahan Garis Pantai Tangtu Kota Denpasar Bali menggunakan Software DELFT3D	Anggi Gwang Freddy Silaban (2016)	Metode yang digunakan merupakan metode kualitatif dimana data yang didapatkan berasal dari DWS Bali Penida. Selain itu, peneliti juga	Berdasarkan simulasi yang dilakukan menggunakan software Delft 3D selama setahun diketahui terjadi perubahan garis pantai sebesar 3,1 meter dengan validasi menggunakan metode analitis CERC sebesar 4,7 meter dan

Judul	Penulis dan Tahun Terbit	Metode	Hasil
		membandingkan perubahan garis pantai menggunakan Delft 3D, Google Earth dan Cerc.	citra satelit yang menggunakan Google Earth diketahui terjadi perubahan sebesar 2,07 meter.
Prakiraan Laju Transpor Sedimen Pelabuhan Boom Banyuwangi Menggunakan Metode Gelombang Angin	Yusuffi Kurnia Gushaf (2015)	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumus empiris dari CERC.	Berdasarkan Analisa yang telah dilakukan diketahui nilai koefisien, K, 0,39 maka diperoleh nilai laju transport sedimen Q_5 Pelabuhan Boom Banyuwangi yakni sebesar 26.266,47 m ³ /hari. Nilai Q_5 merupakan nilai potensial yang didasarkan pada kondisi gelombang angin signifikan di wilayah tersebut.
Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai akibat Konstruksi Jetty pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar menggunakan Software DELFT 3D	Mirza Fahmi dan T. Mudi Hafli (2019).	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dimana data yang dipergunakan merupakan data sekunder. Pengolahan data menggunakan bantuan perangkat lunak DELFT – 3D modul flow dan wave.	Berdasarkan hasil simulasi dan Analisa yang telah dilakukan, diketahui bahwa telah terjadi sedimentasi yang membuat mulut muara tertutup setelah 2 bulan. Sedimentasi bergerak maju mencapai 165 meter dan terjadinya erosi diketahui sebesar 90 meter. Terjadi sedimentasi pada sebelah kiri jetty karena terkena gelombang arah timur yakni sebesar 334 meter.

Judul	Penulis dan Tahun Terbit	Metode	Hasil
Pemodelan dan Analisis Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Situbondo, Jawa Timur.	M. Arif Zainul Fuad, Annisa Kusuma Fajari dan Nurin Hidayati (2021).	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode CERC.	Berdasarkan hasil Analisa yang telah dilakukan, diketahui bahwa wilayah yang berpotensi terkena erosi tertinggi yakni di Pantai Tampora dengan laju sedimentasi yakni sebesar 0,562 meter per tahunnya dan laju akresi tertinggi terdapat di lokasi Pantai Wisata Dubibir dengan lajur sedimentasinya yakni sebesar 0,632 meter per tahun.

2.3 Integrasi Keislaman

Manusia pada keberlangsungan hidupnya sering kali lupa akan kodratnya, dimana kodrat mereka sebagai penjaga bumi dan wakil Allah yang dipercaya dapat menjaga bumi dan hidup di bumi dengan layak seharusnya mampu untuk menjaga lingkungan terutama wilayah lingkungan pesisir laut seperti pantai. Fenomena yang umumnya terjadi di wilayah Pantai diantaranya yakni abrasi dan akresi dapat mengakibatkan kerusakan di lingkungan pesisir dan wilayah yang ada di sekitarnya. Allah telah berfirman di QS. As Shad ayat 26 yang berbunyi :

يٰدَاوُدْ اِنَّا جَعَلْنَاكَ خَلِيفَةً فِى الْاَرْضِ فَاحْكُم بَيْنَ النَّاسِ بِالْحَقِّ وَلَا تَتَّبِعِ الْهَوٰى فَيُضِلَّكَ عَنْ سَبِيْلِ اللّٰهِ ۗ اِنَّ الدّٰنِىْنَ
 ؕ يَضِلُّوْنَ عَنْ سَبِيْلِ اللّٰهِ لَهُمْ عَذَابٌ شَدِيْدٌ ۗ بِمَا نَسُوْا يَوْمَ الْحِسَابِ

Artinya :

“Wahai Dawud! Sesungguhnya engkau kami jadikan khalifah (penguasa) di bumi, maka berilah keputusan (perkara) di antara manusia dengan adil dan janganlah engkau mengikuti hawa nafsu, karena akan menyesatkan engkau dari jalan Allah. Sungguh, orang - orang yang sesat dari jalan Allah akan mendapat azab yang berat, karena mereka melupakan hari perhitungan.”

Ibnu Katsir dalam bukunya telah memberikan gambaran bahwa ayat ini merupakan titah Allah SWT. Apabila kita membiarkan penguasa menghakimi orang menurut kebenaran yang telah diamanahkan terhadap mereka dan dengan menjaga orang - orang dari upaya menyimpang dari kebenaran itu, mereka dapat menyesatkan orang - orang dari Allah SWT. Dia memperingatkan dengan keras kepada orang - orang yang telah menyimpang dari jalan - Nya dan tidak peduli terhadap Hari Pembalasan kelak dengan peringatan dan juga hukuman yang berat.

Selain itu, beberapa manusia juga kerap kali memanfaatkan lahan pesisir yang tidak menutup kemungkinan memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan itu sendiri. Perkembangan pemukiman dan juga beberapa aktivitas yang ada perlu untuk dilakukan pembatasan agar setiap perkembangannya dapat terkendali. Pengelolaan wilayah pesisir dan laut juga merupakan salah satu tanggung jawab setiap insan dimana manusia yang berpenduduk di muka bumi ini perlu untuk menjaga setiap Tindakan yang akan dilakukan agar tidak memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan dan mampu mempertanggungjawabkan setiap perbuatan yang telah dilakukan atau dengan kata lain manusia harus mampu mengelola dan juga memanfaatkan segala hal yang telah ada di dunia tanpa harus merusak tatanan yang telah ada sebelumnya. Allah SWT menciptakan manusia yang berperan sebagai makhluk hidup berakal dan diberikan kewenangan untuk menninggali bumi, melakukan berbagai macam aktivitas dan juga berinteraksi dengan lingkungan di sekitarnya. Amanah ini tentu saja perlu diimbangi dengan pengelolaan yang mengarah ke hal yang positif seperti dilakukannya hal pemeliharaan secara berkelanjutan. Seperti halnya firman Allah SWT dalam QS. Ar – Rum ayat 41 yang berbunyi yakni sebagai berikut :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya :

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka Sebagian dari akibat perbuatan mereka, agar mereka Kembali ke jalan yang benar”

Ayat ini telah mampu untuk menjawab dan menjelaskan bahwasannya adanya kerusakan yang terjadi di muka bumi, baik di lingkup daratan maupun di lingkup lautan. Sebagian besar disebabkan oleh aktivitas yang dilakukan oleh manusia itu sendiri yang tidak bertanggungjawab atas segala sesuatu yang telah diperbuat. Memelihara lingkungan yang telah diciptakan oleh Allah SWT merupakan tanggung jawab bagi setiap manusia yang meninggal bumi ini. Sehingga, seluruh lapisan masyarakat memiliki peranan penting dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan agar senantiasa aman, nyaman dan tentram. Dalam ayat ini juga telah menjelaskan bahwa baiknya manusia tidak lagi merusak lingkungan yang telah berjasa memberikan hal – hal yang dibutuhkan manusia untuk bertahan hidup seperti contohnya bahan sandang, pangan dan pokok dan hendaknya manusia Kembali ke jalan yang benar, yakni dengan cara merencanakan pembangunan suatu wilayah yang perlu memperhatikan kondisi social dari masyarakat juag dengan kelestarian serta norma – norma maupun peraturan – peraturan yang berlaku. Tidak lupa, kita juga harus selalu berpedoman pada ajaran islam sehingga kedepannya kita dijauhkan dari hal – hal yang tidak diinginkan dan tidak menimbulkan kerusakan di masa mendatang.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Pantai Boom merupakan sebuah pantai yang terletak di Kabupaten Banyuwangi dan merupakan pantai yang lokasinya berada dekat dengan wilayah perkotaan. Lokasi dari pantai ini berada pada Kelurahan Mandar, Kecamatan Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi. Pantai ini terletak pada bagian timur kota dan berada pada jarak yang dekat dengan kota sehingga kerap kali menjadi destinasi wisata andalan para wisatawan. Pantai Boom memiliki luasan yakni sekitar 44,2 hektar yang berdiri serta dikelola secara berkelanjutan oleh PT. Pelabuhan Indonesia III. (Dinata, Murdyastuti, & Azhari, 2018).

Pantai Boom merupakan salah satu pantai yang mulai disadari potensinya oleh pemerintah sekitar. Hal ini dikarenakan jaraknya yang dekat dengan perkotaan, pemandangan yang ditawarkan, adanya spot foto yang menarik, dermaga apung dan juga rumah peninggalan pada masa penjajahan belanda yang tentu saja sangat menarik untuk di kunjungi. Selain itu, pantai ini juga kerap kali menjadi lokasi pengadaan festival – festival bertahap nasional maupun internasional yang secara tidak langsung juga mengenalkan budaya dan adat istiadat dari masyarakat sekitar kepada masyarakat awam serta turis luar negeri. Ditambah lagi karena pada bagian timur juga berbatasan dengan Pulau Bali maka tampilan Pulau ini juga makin terlihat jelas. (Aini, Saroh, & Krisdianto, 2021).

Kabupaten Banyuwangi terletak pada koordinat 7°43' – 8°46' Lintang selatan dan 113°53' – 114°38' Bujur Timur. Luasan Kabupaten Banyuwangi yakni sebesar 5782,50 Km² yang terbagi atas beberapa kecamatan. Batas wilayah dari Kabupaten Banyuwangi adalah :

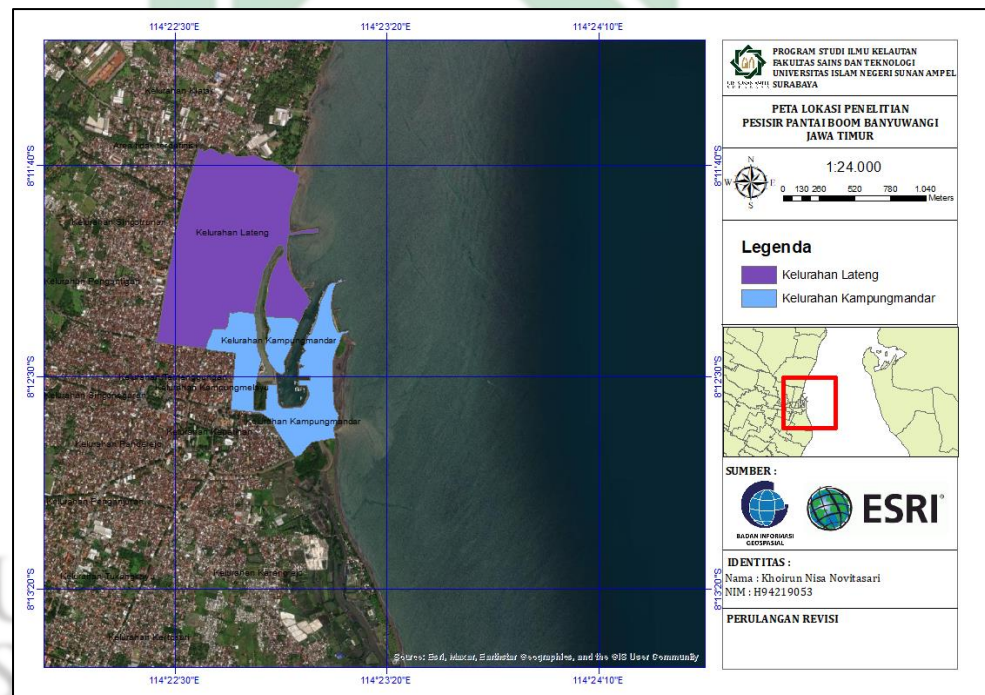
Sebelah Utara : Kabupaten Situbondo

Sebelah Barat : Kabupaten Jember dan Kabupaten Bondowoso

Sebelah Selatan : Samudera Hindia

Sebelah Timur : Selat Timur

Penelitian ini terletak di Perairan Pantai Boom, Banyuwangi. Pantai Boom merupakan pantai yang terletak di Kelurahan Kampung Mandar, Kecamatan Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur. Pantai ini terletak di koordinat $8^{\circ}12'30''S$ dan $114^{\circ}22'59''E$. Pantai ini memiliki proyek khusus berupa pembangunan Pelabuhan khusus untuk kapal pesiar yang dibangun dan dikelola oleh PT. Pelabuhan Indonesia III yang nantinya memiliki aktivitas pendukung pariwisata. Proyek Pelabuhan ini dibangun di lahan seluas 44,2 hektar.

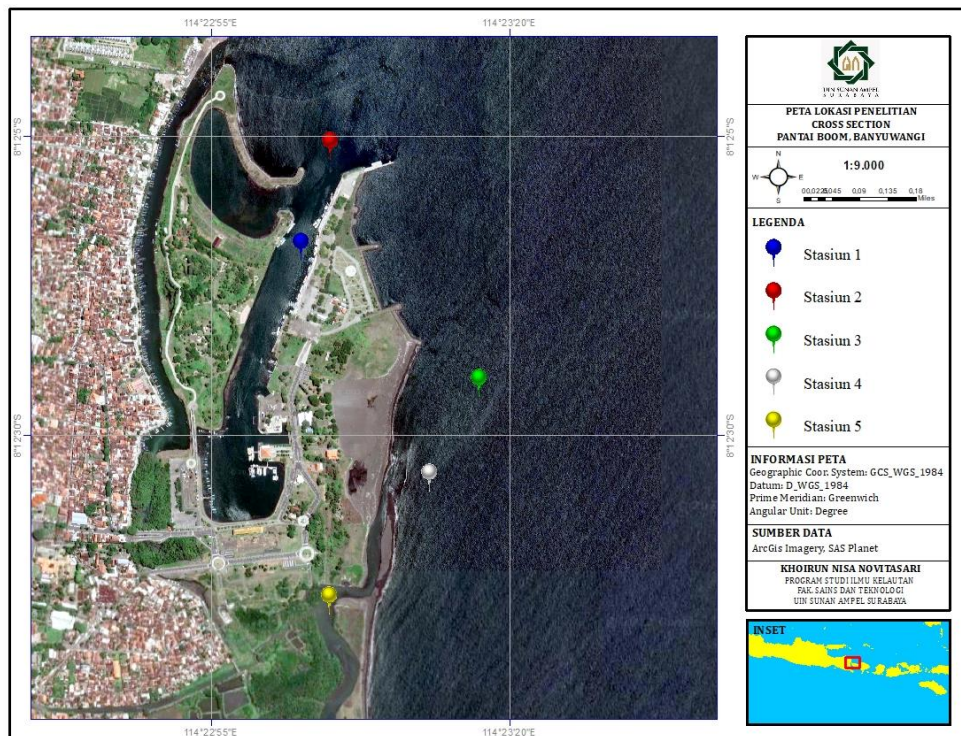


Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian

Waktu penelitian mulai dilaksanakan pada bulan Agustus hingga November 2022. Diawali dengan melakukan studi literatur terkait perubahan garis pantai serta mengunjungi lokasi penelitian secara langsung untuk mengetahui kondisi terkini di lapangan serta mengetahui keadaan umum yang ada di lokasi penelitian. Selanjutnya, dapat dilanjutkan dengan pengolahan data penelitian yang telah diperoleh serta proses analisis data yang dilanjutkan hingga penyusunan laporan. Kondisi iklim yang ada di

Kelurahan Kampungmandar dan Kelurahan Lateng ialah iklim tropis dengan dua musim, yakni musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan umumnya dimulai pada bulan Oktober hingga Mei, sementara musim kemarau umumnya dimulai pada bulan Juni hingga September.

Pemodelan dikerjakan menggunakan perangkat lunak Delft – 3D yakni menggunakan modul *Hydro – Morphodynamics* (FLOW) di Perairan Pantai Boom Banyuwangi.



Gambar 3. 2 Peta Titik Lokasi Pengambilan Sampel

Titik pengamatan yang diambil berada di sepanjang garis Pantai Boom. Titik pengamatan tersebutlah yang selanjutnya akan diamati apakah pada daerah tersebut terjadi proses sedimentasi ataupun aktivitas abrasi yang akan divisualisasikan menggunakan perangkat lunak Delft 3D. Penelitian pemodelan dilakukan dengan jangka waktu 1 bulan yakni pada musim barat (01 – 01 – 2022 sampai 31 – 01 – 2022) dan musim timur (01 – 07 – 2022 sampai 31 – 07 – 2022) dengan menggunakan factor skala morfologi pada masing – masing musim sebesar 60. Morfologi skala factor

adalah tahapan simulasi yang dilakukan secara numerik dengan skala waktu mencapai puluhan tahun (Fahmi & Hafli, 2019).

3.2 Alat

Penelitian yang dilakukan membutuhkan peralatan – peralatan yang nantinya dapat membantu dalam memaksimalkan dan mengoptimalkan proses pengerjaan dalam pengolahan data, proses visualisasi numerik dan juga penyusunan laporan tugas akhir. Berikut ini merupakan data Data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Peralatan yang Digunakan Selama Penelitian

No	Alat	Fungsi
1.	Laptop Processor : Intel Core i5 7200U 2.50GHz RAM : 1 x 4096 MB DDR4 Operation System (OS) : Windows 10 Home Single Language 64-Bit	Berfungsi untuk mengolah data, menjalankan perangkat lunak dan Menyusun laporan.
2.	Alat Tulis	Berfungsi untuk mencatat data
3.	ArcGIS 10.8	Berfungsi untuk memvisualisasikan peta batimetri dan melakukan digitasi pada peta
4.	MS. Excel	Berfungsi untuk mengolah data pasang surut dan data angin
5.	WRPlot	Berfungsi untuk mengolah data arah dan kecepatan angin
6.	Delft3D	Berfungsi untuk memodelkan perubahan garis pantai, mengolah data sedimentasi dan data arus.
7.	Microsoft Office	Penyusunan laporan

3.3 Sumber Data

Berdasarkan aspek hidro – oseanografi dalam memvisualisasikan dan memodelkan perubahan garis pantai di Pantai Boom Banyuwangi, maka data – data yang diperlukan untuk analisis dan dimasukkan dalam software demi kelancaran penelitian ini seperti yang tersaji pada *Tabel 3. 2* sebagai berikut :

Tabel 3. 2 Sumber Data Peneliti

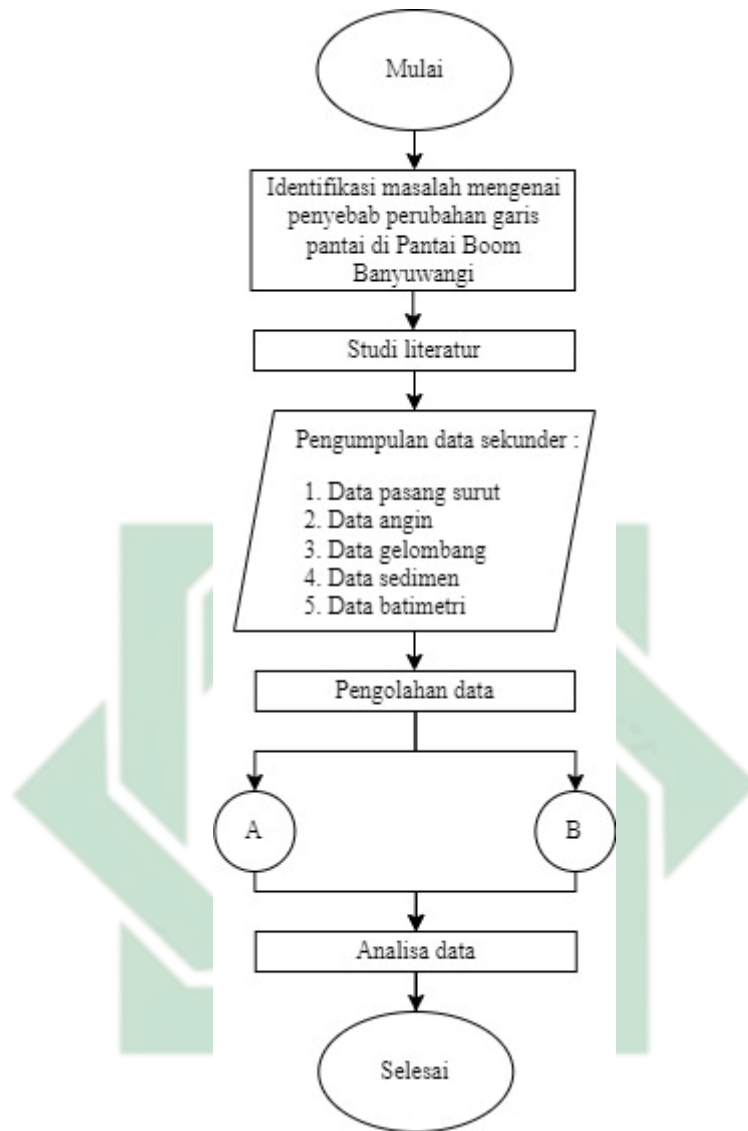
No	Data	Sumber
1.	Pasang Surut	BIG 2022
2.	Batimetri	Batimetri Nasional (BATNAS) dan Distrik Navigasi Kelas 1 Surabaya
3.	Angin	Era5 The European Centre for Medium – Range Weather Forecast (ECMWF) 2017 – 2022
4.	Penginderaan Jauh	https://apps.sentinel-hub.com/

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur analisis perubahan garis pantai yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode ini diterapkan dikarenakan dalam proses Analisa perubahan garis pantai menggunakan Analisa numerik dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS dan Delft 3D.

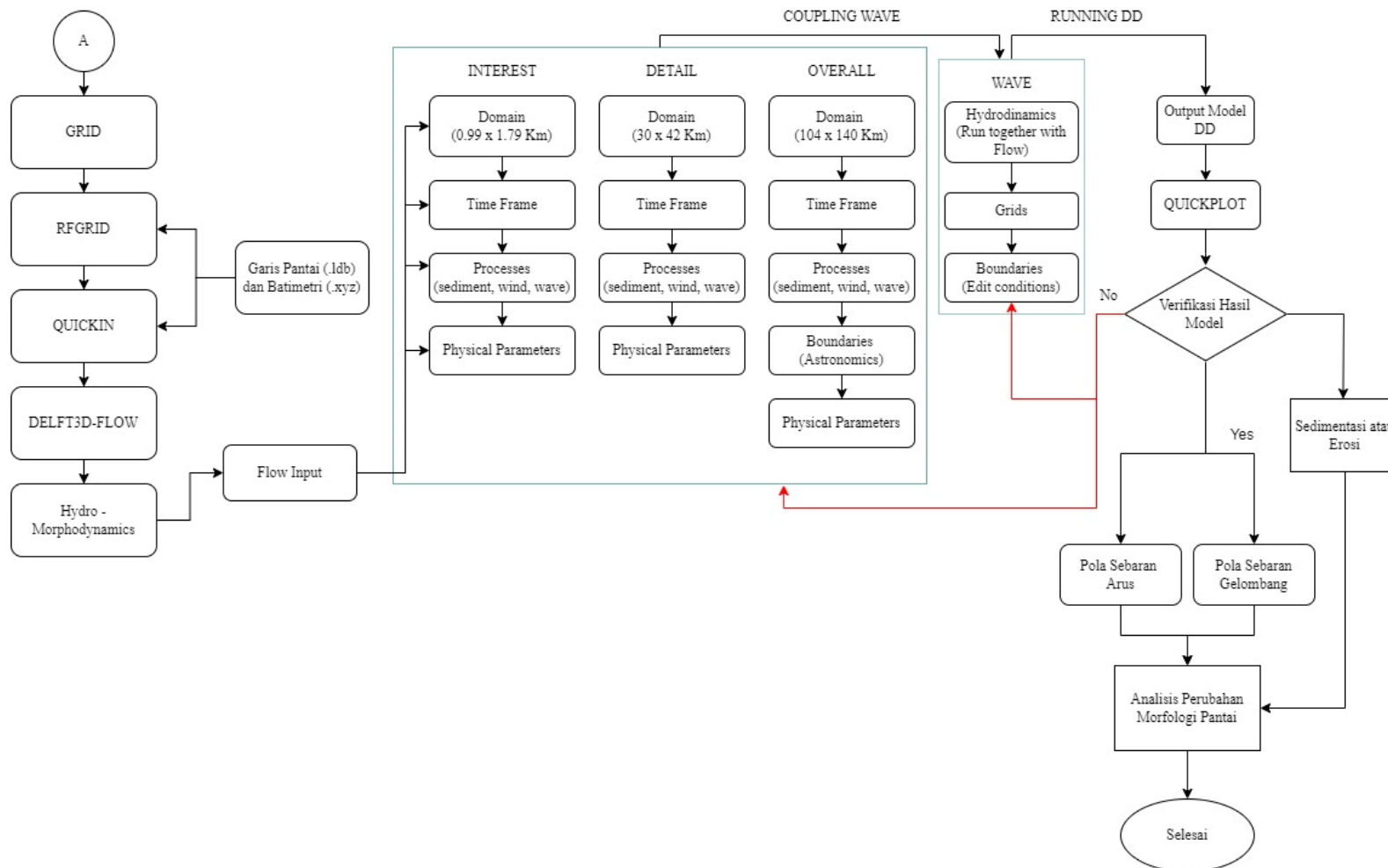
3.3 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan yakni sebagai berikut :

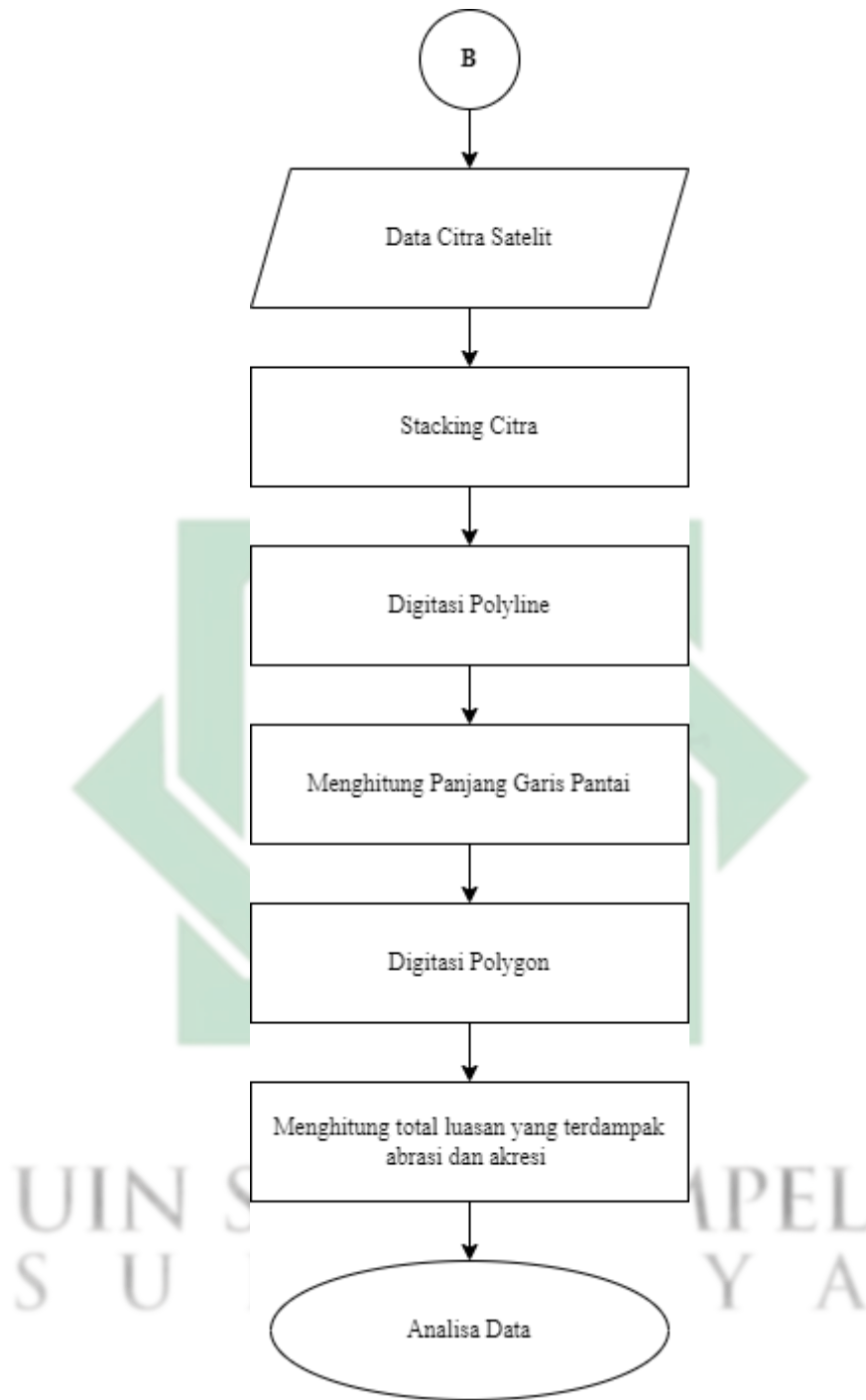


Gambar 3. 3 Diagram Tahapan Penelitian

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 3. 4 Diagram Pengolahan Data menggunakan Delft 3D



Gambar 3.5 Diagram Pengolahan Data menggunakan ArcGIS

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah merupakan salah satu bentuk upaya yang dilakukan peneliti guna melihat peluang yang ada untuk dapat diangkat serta dilakukan pengkajian dalam suatu penelitian yang akan dilakukan, persoalan apa yang perlu untuk dibahas serta urgensi yang menjadi dasar dalam penelitian tersebut. Tahapan identifikasi masalah dapat diartikan sebagai tahapan yang melatarbelakangi persoalan yang sedang maupun yang telah terjadi guna mendapatkan tujuan, rumusan masalah, manfaat serta batasan – batasan penelitian yang akan diterapkan oleh peneliti pada penelitian yang akan dilakukan.

Persoalan yang sedang terjadi dan akan dibahas oleh peneliti merupakan analisis perubahan garis pantai di Perairan Pantai Boom, Banyuwangi. Pada penelitian ini dilakukan analisis perubahan garis pantai pada lima tahun terakhir dan memodelkan perubahan morfologi pantai pada sepuluh tahun kedepan.

2. Studi literatur

Tahapan ini bertujuan untuk membantu menambah wawasan mengenai tema penelitian yang akan dikaji dan dibahas. Peneliti juga perlu untuk mencari informasi terkait wilayah studi yang akan digunakan serta menelusuri dasar – dasar teori baik berupa jurnal, laporan penelitian, buku, makalah, koran publikasi media serta berbagai sumber terpercaya lainnya yang memiliki keterkaitan dan berkesinambungan dengan analisis perubahan garis pantai. Diharapkan, informasi – informasi yang telah didapatkan ini dapat membantu peneliti untuk mempermudah dalam proses pengerjaan penelitian, serta membantu untuk memberikan referensi mengenai software yang dapat dipergunakan untuk melakukan pemodelan perubahan morfologi pantai.

3. Pengumpulan data

Pengumpulan data merupakan kegiatan mengumpulkan semua jenis data dan informasi guna menunjang kegiatan penelitian. Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan jenis data yang diperoleh secara langsung, pada penelitian ini dilakukan ground check atau survey lapangan. Survei lapangan dibuktikan dengan adanya dokumentasi terkait kondisi eksisting lokasi penelitian. Dokumentasi ini tentunya dapat dipergunakan sebagai data pendukung dalam menganalisis kondisi tertentu pada lokasi penelitian.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan jenis data yang diperoleh secara tidak langsung atau data yang tidak diambil secara langsung oleh peneliti. Sumber – sumber yang dipergunakan pada data jenis ini umumnya berasal dari jurnal, buku, tesis, instansi dan beberapa sumber terpercaya lainnya. Data – data tersebut yakni sebagai berikut :

1. Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua musim yakni musim barat yang menggunakan data pasang surut tanggal 01 – 31 Januari 2022 dan musim timur yang menggunakan data pasang surut tanggal 01 – 31 Juli 2022.

2. Batimetri

Data batimetri yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil kombinasi dari data Distrik Navigasi Kelas 1 Surabaya dan Batimetri Nasional (BATNAS).

3. Angin

Data angin yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua musim yakni musim barat yang menggunakan data angin selama 5 tahun yakni pada tahun 2017 – 2022.

4. Data Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra dengan rentang waktu 2017 – 2022. Data citra yang digunakan merupakan citra Sentinel

2A Data Citra satelit diperoleh melalui website <https://apps.sentinel-hub.com/>.

4. Pengolahan data

Pengolahan data merupakan salah satu langkah yang harus dilakukan setiap dilakukannya penelitian sesuai dengan kaidah dan juga metode yang ditentukan. Data – data yang telah di dapatkan baik data sekunder maupun primer selanjutnya dikumpulkan dan dilakukan pengolahan pada data tersebut. Kegunaan dari setiap data – data yang akan diolah ini adalah agar data dapat dikenakan proses running dari pemodelan yang menggunakan *software Delft 3D*. Pembuatan grid atau pembuatan garis bantu dilakukan guna membantu untuk meninjau lokasi yang diteliti apakah telah sesuai dengan koordinat yang digunakan dengan resolusi tertentu. Pada tahapan persiapan model dan input konfigurasi juga turut masuk dalam tahapan pengolahan data, dimana pada tahapan tersebut secara structural mulai dilakukannya *input* data yang memiliki hubungan dengan hidro – oseanografi seperti data – data yang telah tersaji pada **Tabel 3.2** diatas. Adapun penjelasan dari tahapan (A) pada **Gambar 3.4** diatas yakni sebagai berikut :

- a. Pertama yang perlu untuk dilakukan dalam pengolahan data yakni mendigitasi bibir pantai dan melakukan penyesuaian datum dari referensi koordinat yang digunakan. Data format garis pantai yang dipergunakan dalam software *DELFT3D* yakni *landboundary (.ldb)*. Begitu pula dengan data batimetri yang akan digunakan, perlu untuk dilakukan digitasi dengan tujuan untuk membedakan wilayah daratan dan lautan. Hal ini dikarenakan mesh yang berlaku software *DELFT3D* bukan merupakan jaring – jarring triangulasi melainkan jaring – jarring rectangulasi.
- b. Perlakuan selanjutnya yakni pembuatan Kisi (*Grid*) dalam domain lokasi penelitian di Pantai Boom, Banyuwangi. Pembuatan grid dilakukan dengan pola persegi dimana wilayah laut memiliki jangkauan yang lebih luas dibandingkan dengan wilayah daratannya dengan membuat 3 kondisi yakni di wilayah Pantai Boom, wilayah

- Pantai Boom dan Bali dan wilayah yang mencakup Benua Australia. Editing grid juga dipergunakan dalam software *DELFT3D* berbentuk persegi, dimana semakin kecil resolusi grid yang digunakan maka semakin tinggi juga tingkat ketelitian grid tersebut.
- c. Proses untuk memperoleh hasil visualisasi perubahan garis pantai membutuhkan beberapa data diantaranya yakni data pasang surut, angin dan data debit sungai yang selanjutnya data pengukuran pasang surut digunakan sebagai validasi dari output pemodelan. Hasil yang nantinya di dapatkan yakni arah dan kecepatan arus serta laju sedimentasi di wilayah Pantai Boom, Banyuwangi yang terjadi pada musim timur dan musim barat.
 - d. Hasil dari pemodelan pola arus yang terjadi pada musim barat dan musim timur selanjutnya dapat dilakukan pemodelan numerik sedimentasi dengan menambahkan data sedimen kohesif. Pemodelan laju sedimentasi didasarkan pada hasil observasi lapangan yang menunjukkan bahwa secara umum komposisi sedimen di wilayah perairan Pantai Boom Banyuwangi yakni lumpur.

Berikut ini merupakan konfigurasi beserta penjelasan singkat mengenai beberapa hal yang terdapat dalam *Software Delft3D* :

a. *Grid/RFGRID*

Garis bantu koordinat yang dibuat secara terstruktur dalam domain yang telah di tentukan dengan tujuan untuk membatasi wilayah yang akan di simulasikan dalam penelitian ini. Grid yang dibuat di RFGRID berasal dari spline yang selanjutnya akan membentuk grid rectangulasi. Grid yang telah terbentuk harus dilakukan tahapan ortogonalisasi. Hal ini bertujuan agar grid dapat memenuhi persyaratan ortogonalitas pada DELFT3D – FLOW (RFGRID, 2020).

b. *Quickin*

Setelah melewati beberapa tahapan dalam pembuatan domain penelitian di RFGRID, selanjutnya dilakukan proses

Quickin yang merupakan tahapan untuk membantu dalam menginterpolasikan dari domain grid dengan data batimetri di wilayah lokasi penelitian. (QUICKIN, 2020). Grid dan batimetri yang telah di interpolasikan merupakan data kedalaman awal yang ada di lokasi studi dan nantinya data ini akan dipergunakan sebagai input di DELFT3D FLOW.

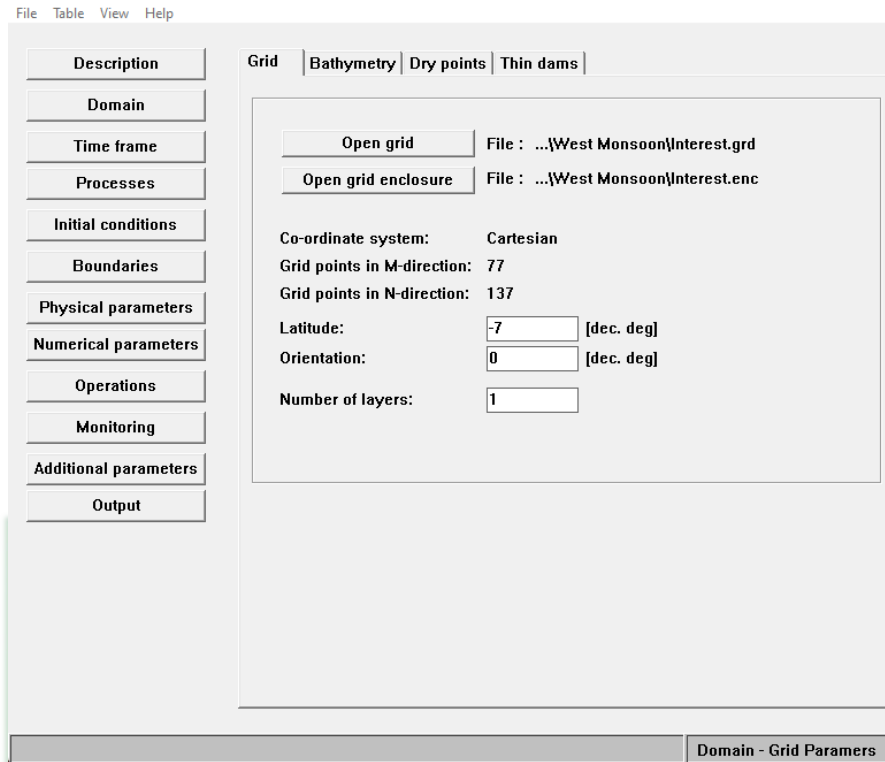
c. *FLOW*

Selanjutnya adalah memasukkan data – data yang telah diolah ke dalam input konfigurasi di FLOW input, yang mana di dalam input flow sendiri terdiri atas beberapa fitur yang memprogram proses visualisasi setelah memasukkan data – data pemodelan *Hydro – Morphodynamic* seperti yang terdapat pada table 3.1. Adapun penjelasan singkat dari setiap fitur yang terdapat di Flow input yakni sebagai berikut (FLOW, 2020) :

a. *Domain*

Pada fitur pertama terdapat Domain, Domain merupakan cakupan dari wilayah yang dibuat menggunakan garis bantu koordinat dan dibuat melalui proses RFGRID sebelumnya yakni (.grd), (.enc) dan (.dep).

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

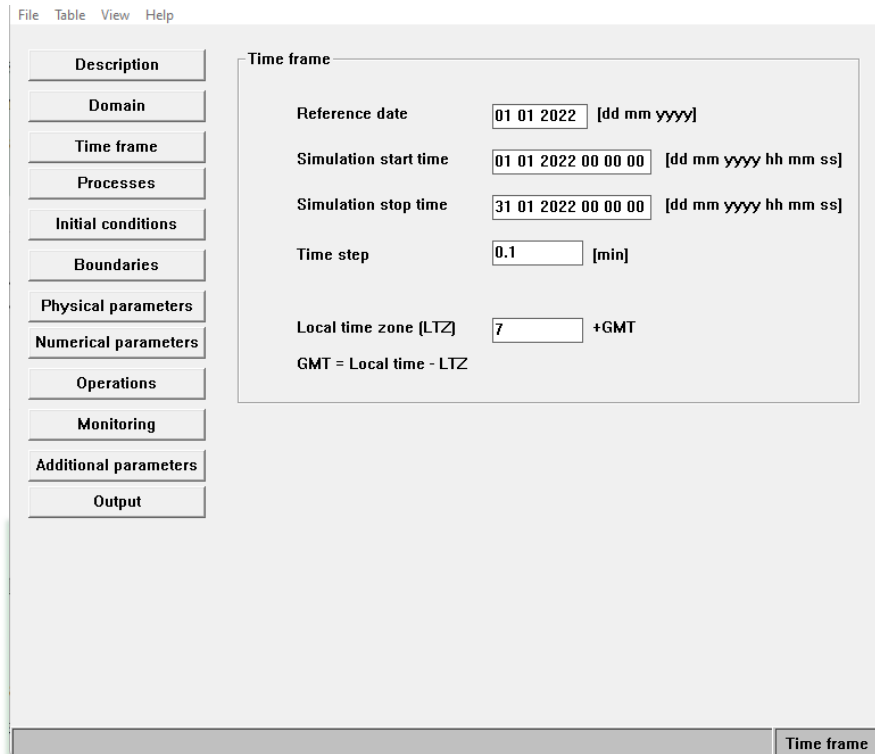


Gambar 3. 6 Input Domain Pemodelan

b. *Time Frame*

Menentukan waktu simulasi berdasarkan hasil olah data presentase distribusi angin. Pemodelan dilakukan pada 2 bulan yang mewakili kondisi musim di Indonesia yakni bulan Januari 2022 (musim barat) dan Juli 2022 (musim timur).

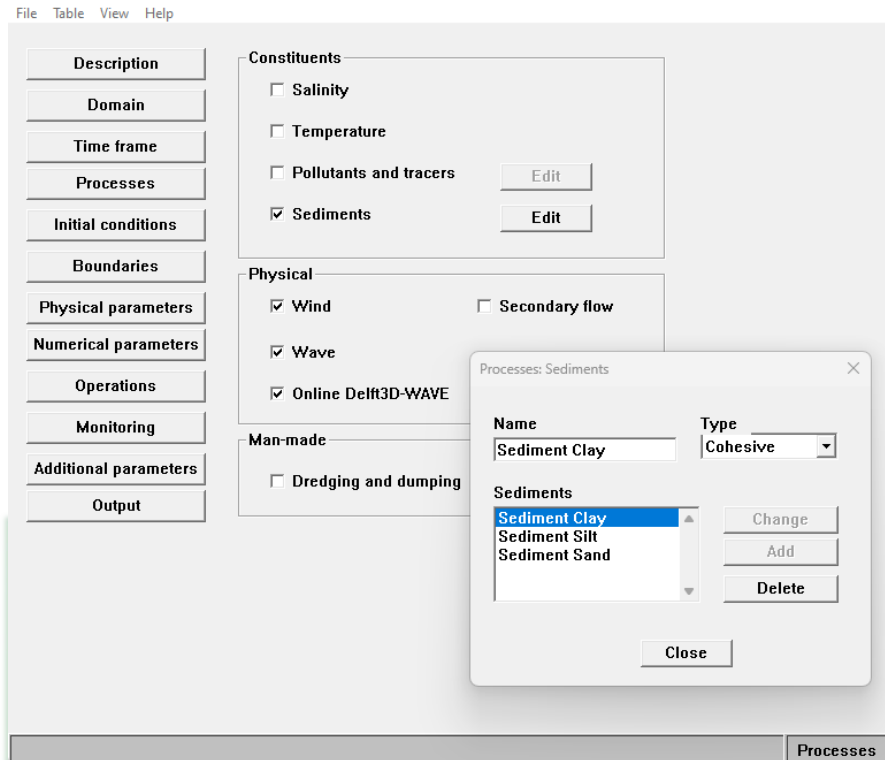
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 3. 7 Input Waktu Pemodelan

c. *Processes*

Input flow proses melibatkan konstituen dan parameter fisik yang tersedia. Beberapa fitur yang perlu untuk diaktifkan dalam penelitian ini diantaranya yakni sediment morphology, wind dan wave. Jenis fraksi yang digunakan dalam penelitian ini terdapat sedimen kohesif dan sedimen non – kohesif, hal ini dilakukan dikarenakan pada grid besar dan grid kecil memiliki struktur sedimen yang berbeda. Angin menggunakan *space varying and pressure* yang menyesuaikan dengan musimnya.

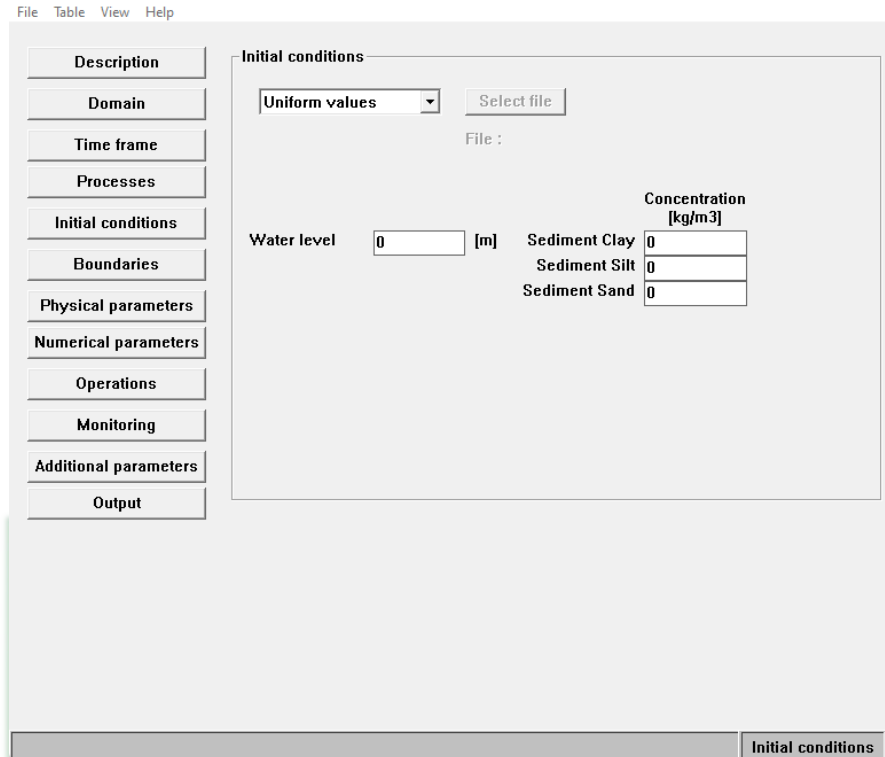


Gambar 3. 8 Input Proses dalam Pemodelan

d. *Initial Condition*

Input data initial condition berupa data ketinggian muka air dan konsentrasi sedimen, dimana nilai 0 mengindikasikan bahwa ketinggian muka air dan konsentrasi sedimen memiliki tingkat keseimbangan di seluruh komputasional grid atau dapat disebut sebagai threshold value.

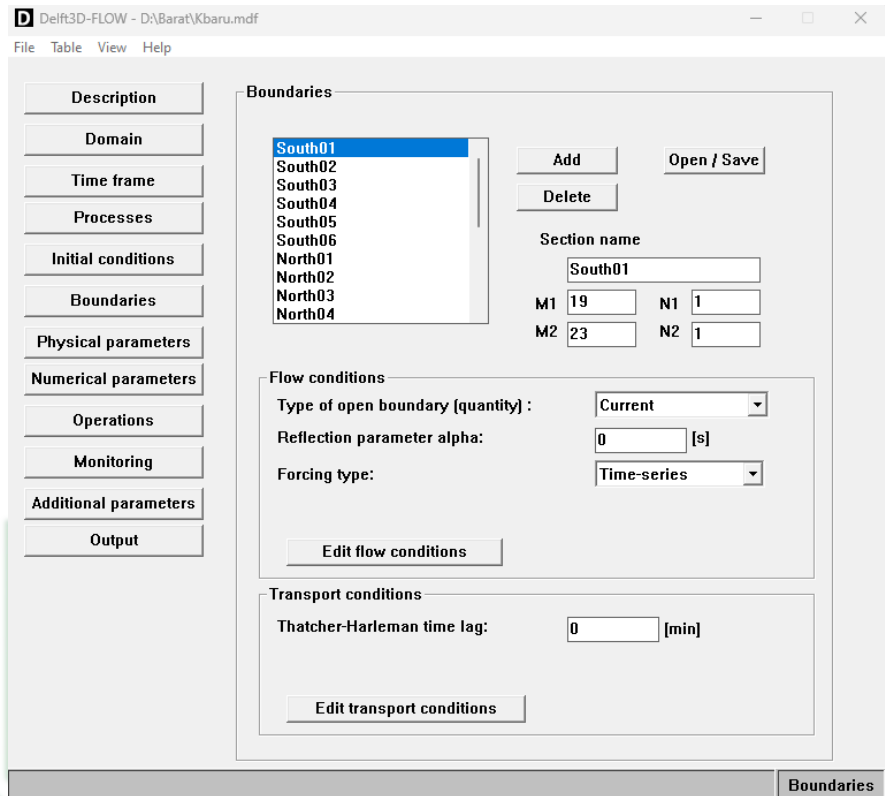
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



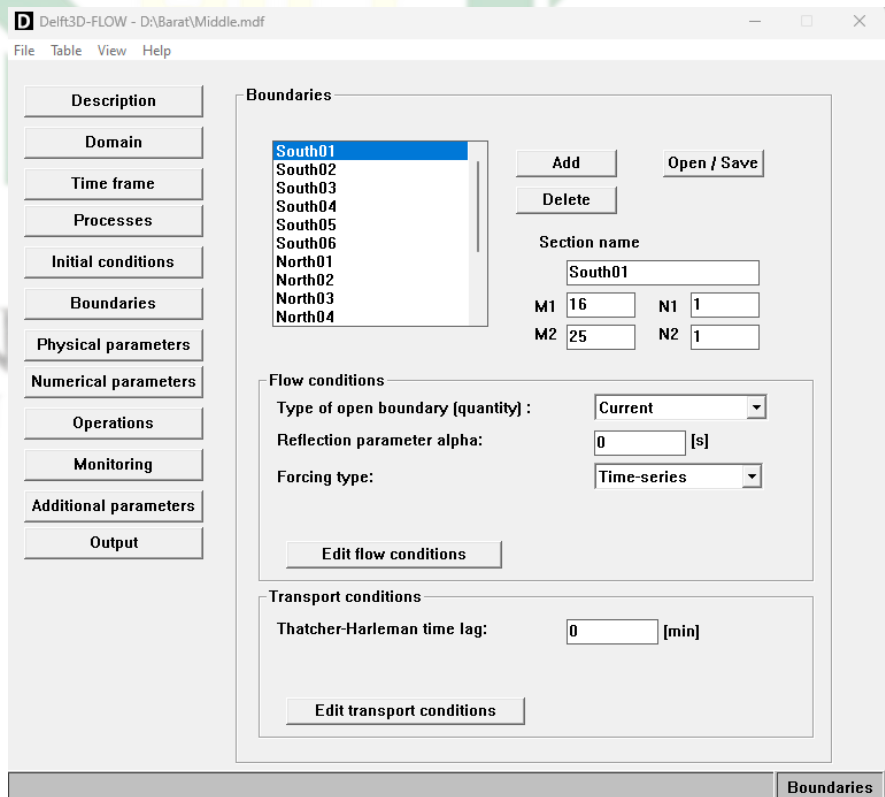
Gambar 3. 9 Input Kondisi Awal Pemodelan

e. *Boundaries*

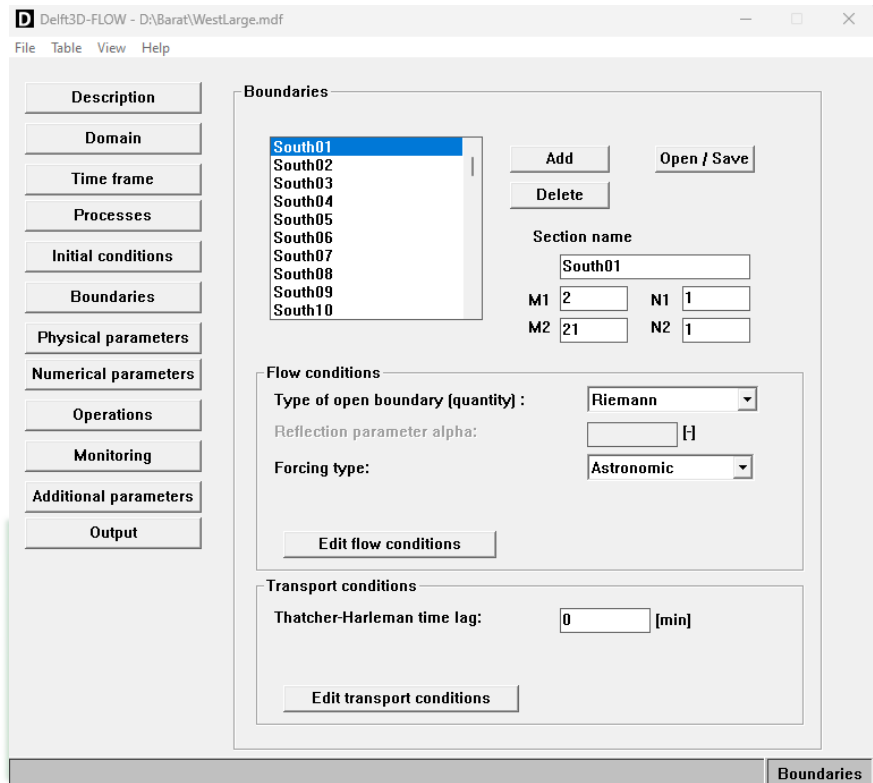
Penentuan kondisi batas ditentukan menggunakan kondisi batas ketinggian muka air. Pada penelitian ini, hanya grid besar saja yang menggunakan data boundaries sehingga *forcing type* yang digunakan adalah Astronomic dengan memasukkan nilai konstanta harmonic pasang surut pada kondisi musim barat dan musim timur.



a



b



C

Gambar 3. 10 Input Kondisi Batas Grid Kecil (a), Input Kondisi Batas Grid Sedang (b), Input Kondisi Batas Grid Detail (c)

f. *Physical Parameters*

Pada fitur parameter fisik memungkinkan untuk memilih maupun menggunakan beberapa parameter yang terkait dengan kondisi fisik cakupan wilayah pemodelan. Tab parameter fisik berisi beberapa data yakni konstanta, kekasaran dan juga viskositas. Sementara itu, tab lainnya baru muncul apabila telah diaktifkan sebelumnya pada bagian *processes*. Penelitian ini mengaktifkan proses sedimen, pasang surut dan juga angin.

File Table View Help

Bottom roughness

Roughness formula:

Uniform U: V:

File

File: Filename unknown

Wall roughness

Slip condition:

Roughness length: [m]

Physical parameters - Roughness

a

File Table View Help

Overall sediment data

Sediment data

File: C:\Users\Saintek1\Downloads\West Monsoon\Bali.sed

Reference density for hindered settling [kg/m3]

Data for cohesive Sediment Clay

Specific density [kg/m3]

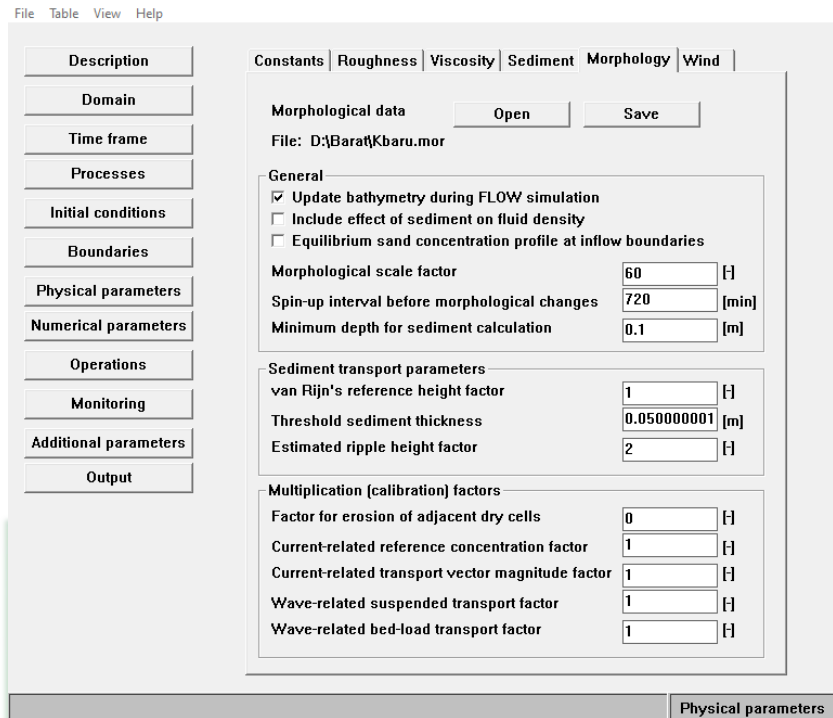
Dry bed density [kg/m3]

Fresh settling velocity [mm/s]

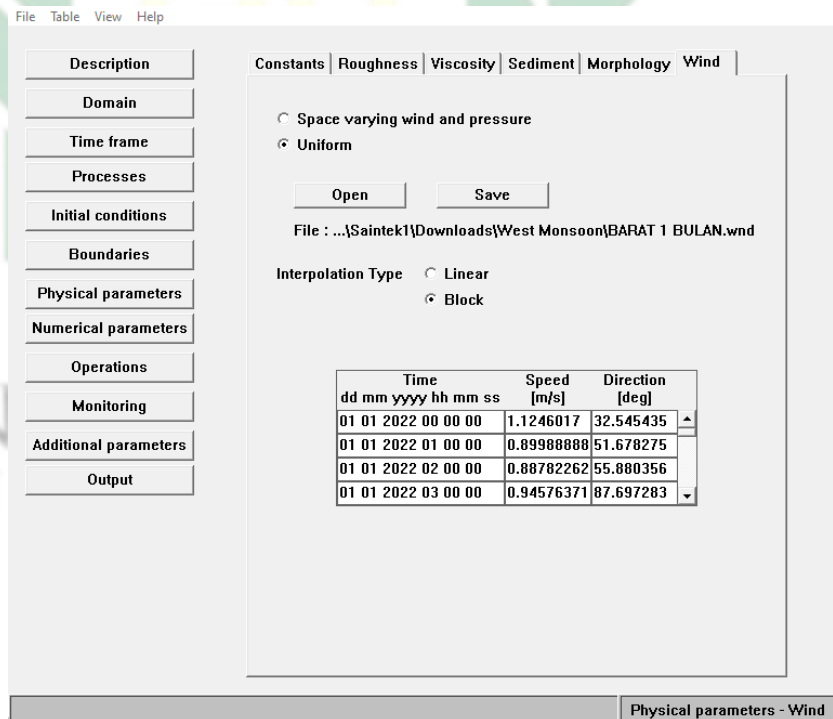
Saline settling velocity [mm/s]

Physical parameters - Sediment

b



C



d

Gambar 3. 11 *Input Roughness (a), Sediment (b), Morphology (c), Wind (d)*

g. *Monitoring*

Pada fitur monitoring terdapat tiga komponen yang terdiri atas observations, drogues dan juga cross-section. Pada ketiga komponen tersebut merupakan titik pengamatan yang telah di tentukan, diidentifikasi nama lokasinya dan telah disimpan pada area model. Selain itu terdapat beberapa tanda tertentu pada masing – masing titiknya yang digunakan pada grid pemodelan.

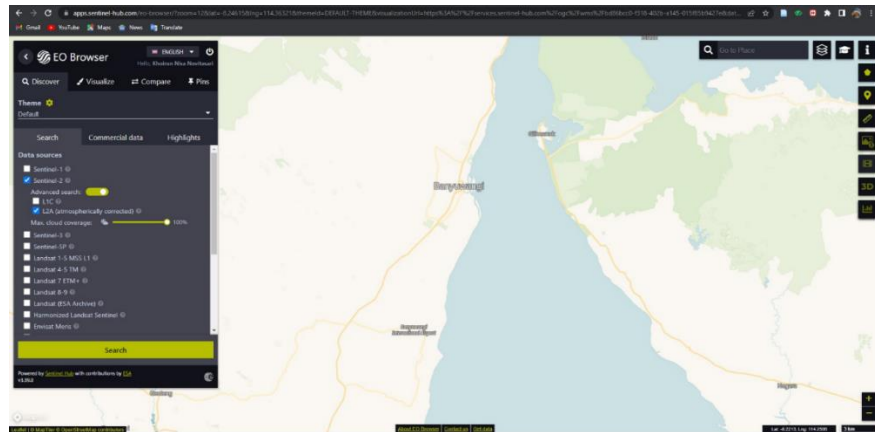
h. *Running Model*

Tahapan dalam menjalankan model flow dapat dilakukan sesuai dengan folder output yang dihasilkan dari proses input di setiap konfigurasinya. Sebelum menjalankan output dari grid besar, maka dapat dilakukan NESTHD1 yang nantinya nantinya akan menghasilkan output file *observation* (.obs) dan *administration* (.adm). Setelah dilakukan proses running NESTHD1 dan menghasilkan kedua output diatas, selanjutnya dapat dilakukan proses running NESTHD2 dan menghasilkan output file *forcing type* (.bct) dan *transport condition* (.bcc). Output yang dihasilkan oleh NESTHD2 nantinya akan memberikan hasil berupa pola sebaran arus yang sesuai dengan time series yang telah di tentukan, kemudian dapat diperoleh visualisasi kumulatif aktivitas sedimentasi maupun erosi yang terjadi di titik observasi penelitian.

d. *WAVE*

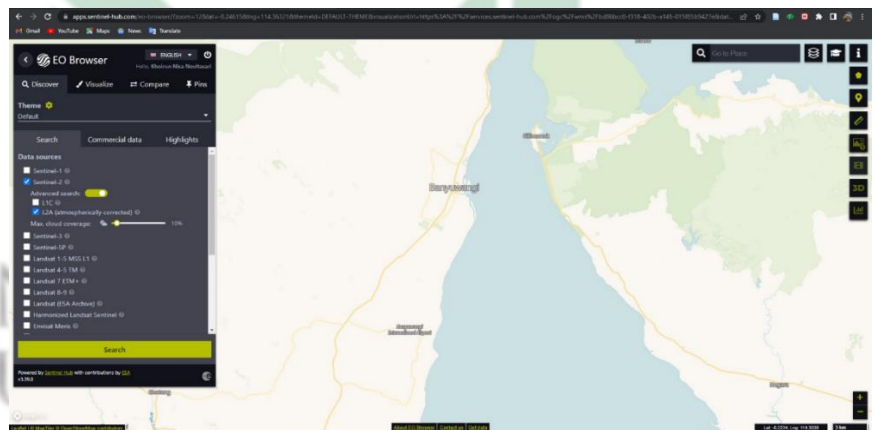
Adapun penjelasan dari tahapan (B) pada **Gambar 3.5** diatas yakni sebagai berikut :

- a. Tahapan pertama dalam tahapan ini adalah pengambilan data citra pada website Sentinel. Website Sentinel menyediakan berbagai macam jenis citra dimulai dari landsat 1 – 9. Selain itu, terdapat citra sentinel yang merupakan citra yang telah terkoreksi secara atmosferik. Pengambilan data band citra juga dapat di *custom* sesuai dengan kebutuhan pengguna dengan jumlah keseluruhan band mencapai band 11. Data citra yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Citra Sentinel 2A.



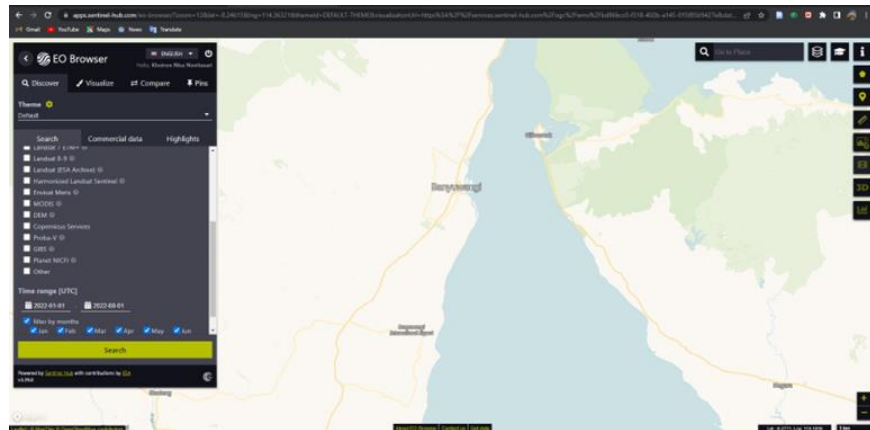
Gambar 3. 12 Tampilan Utama Laman Website Sentinel

- b. Tahapan selanjutnya yakni menentukan tutupan awan yang akan di tampilkan, dimana semakin kecil tutupan awan yang digunakan maka akan semakin jelas tampilan citra. Pada penelitian ini, persentase tutupan awan yang digunakan yakni 10 %. Persentase tutupan awan yang digunakan di dasarkan pada ketersediaan data citra yang dibutuhkan di wilayah tersebut.



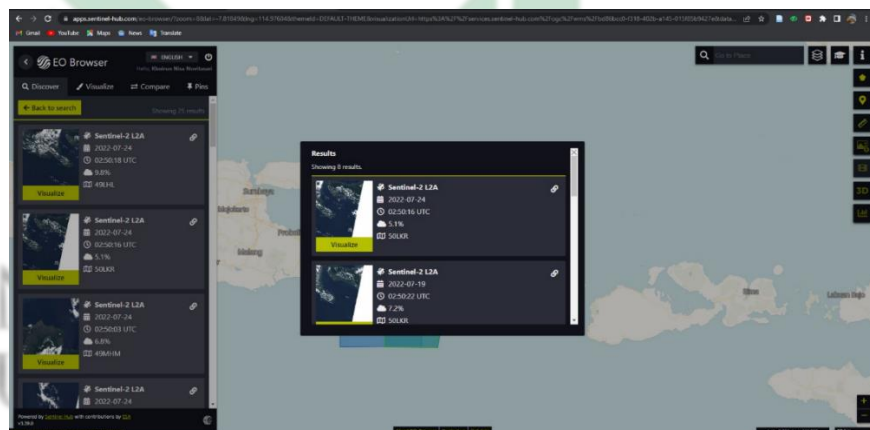
Gambar 3. 13 Setting Tutupan Awan Citra dan Tipe Citra

- c. Kemudian, dilanjutkan dengan menyetting waktu yang akan digunakan. Terdapat pilihan untuk mencentang keseluruhan bulan pada tahun yang telah di pilih, sehingga data citra yang ditampilkan akan lebih beragam. Setelah mengatur waktu yang akan digunakan, selanjutnya klik search. Pada penelitian ini, setting waktu yang digunakan yakni pada bulan Februari 2017



Gambar 3. 14 Setting Bulan yang akan digunakan

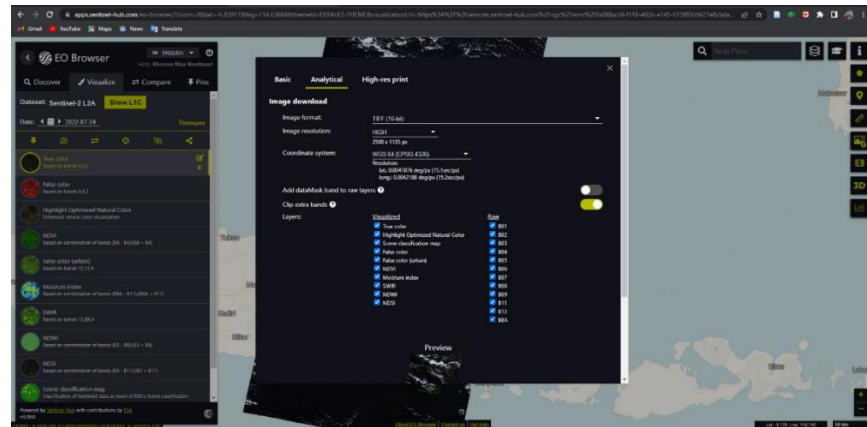
- d. Kemudian, dilanjutkan dengan menentukan citra yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan. Terdapat pilihan citra dengan berbagai presentase tutupan awan, pilih yang mendekati lokasi penelitian dan yang memiliki tutupan awan rendah, sehingga tampilan citra menjadi lebih jelas dan mempermudah dalam melakukan digitasi wilayah garis pantai.



Gambar 3. 15 Pemilihan Citra Sesuai Kebutuhan

- e. Terakhir, pilih logo unduh foto pada bagian kanan, dimana nantinya akan menampilkan opsi mengenai data citra yang akan di unduh. Data citra yang akan diunduh memiliki beberapa opsi yang dapat dipilih. Pertama yang perlu diatur yakni format unduhan terdapat tiff, png, jpg dan kmz. Kemudian, pilih resolusi gambar yang akan diunduh dan memilih system koordinat wilayah citra yang akan

diunduh. Pada lokasi penelitian ini menggunakan pengaturan koordinat UTM 50S. Terakhir, pilih keseluruhan band mulai dari band 1 hingga band 12 dan pilih visualisasi true color sehingga tampilan citra sesuai dengan kondisi asli di lapangan.



Gambar 3. 16 Pengunduhan Citra

5. Analisis Data

Proses yang dilakukan pada analisis data yaitu mengamati dan menganalisis hasil yang di dapatkan dari pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis tersebut yakni sebagai berikut :

a. Validasi Data Pasang Surut

Validasi yang digunakan pada penelitian ini yakni menggunakan data pasang surut. Data pasang surut yang digunakan untuk validasi merupakan data prakiraan pasang surut Admiralty. Metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil pengolahan pada data yang digunakan dapat diketahui nilai kesalahan relatifnya menggunakan rumus *Root Mean Square Error* (RMSE).

b. Analisis Pola Sebaran Arus pada kondisi eksisting sesuai dengan musim angin berhembus yakni musim timur dan musim barat.

c. Analisis Pola Gelombang pada kondisi eksisting sesuai dengan musim angin yang berhembus yakni musim timur dan musim barat.

d. Analisis Perubahan Morfologi Pantai yang dipengaruhi salah satunya oleh sedimentasi sesuai dengan titik pengamatan pada kondisi eksisting (erosi/akresi).

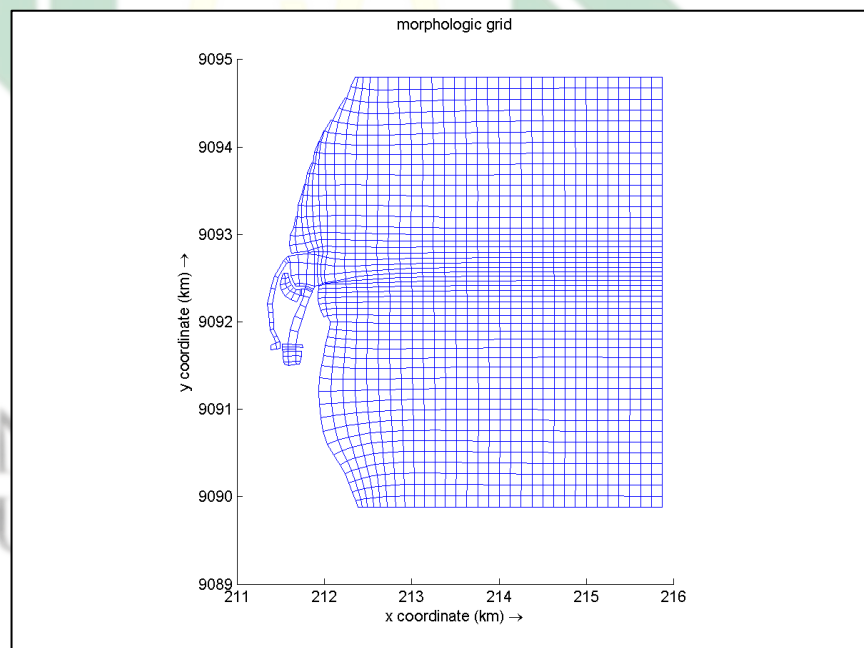
6. Penyusunan Laporan

Tahap penyusunan laporan merupakan tahapan akhir apabila telah menyelesaikan pengolahan data dan analisis yang mana hasil dari keduanya akan disajikan dan dijelaskan dalam tahap penyusunan laporan. Hingga nantinya akan menghasilkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran terhadap persoalan yang sedang dikaji.

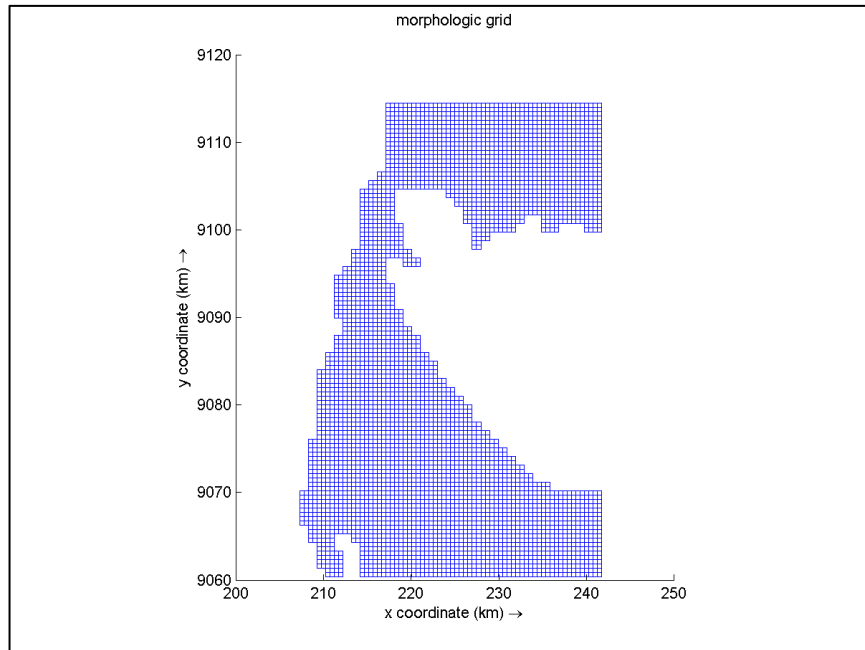
3.5 Desain Model

3.5.1 Grid Pemodelan

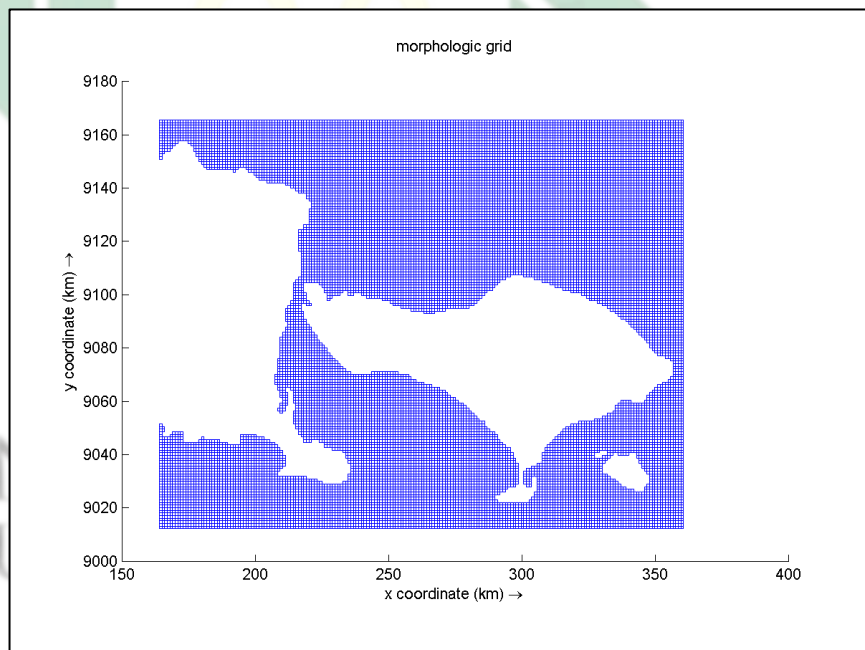
Grid pemodelan yang digunakan pada penelitian ini yakni menggunakan curvilinear grid yang mengacu pada system koordinat cartesian. Tahapan dalam pembuatan grid yakni dengan cara dilakukan penyesuaian dengan *landboundary(.ldb)* pada lokasi studi, dimana *landboundary* merupakan garis pembatas pada wilayah daratan dan lautan yang digunakan dalam software Delft3D.



a



b



c

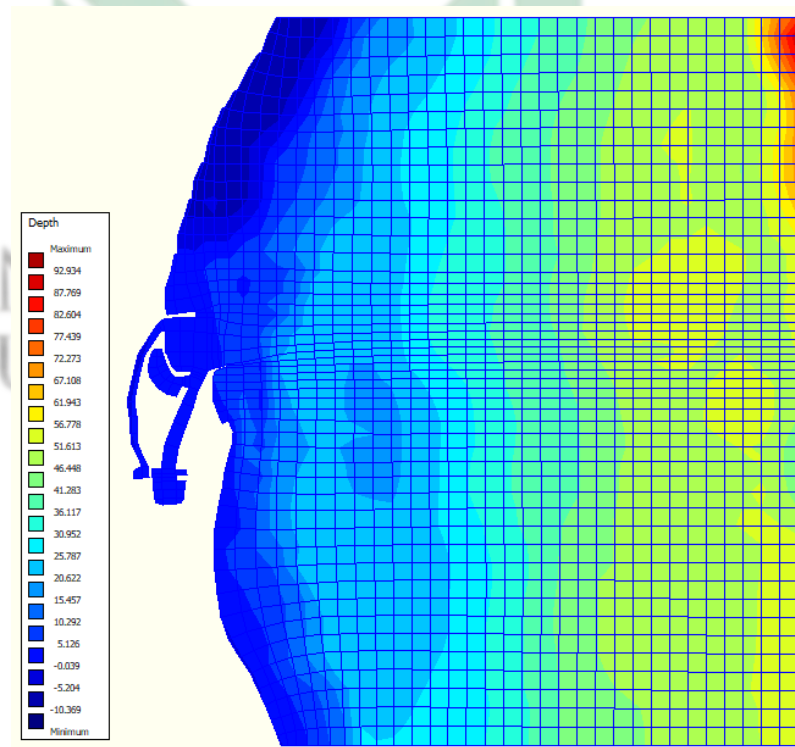
Gambar 3. 17 Grid Kecil (a), Grid Sedang (b), Grid Besar (c)

Penggunaan tiga grid dengan ukuran yang berbeda berfungsi untuk memaksimalkan jarak terjauh yang telah diketahui melalui fetch. Apabila tidak menggunakan 3 grid dengan ukuran yang berbeda, maka gelombang yang menjalar di sekitar wilayah perairan Pantai Boom Banyuwangi memiliki hasil yang tidak sesuai dengan

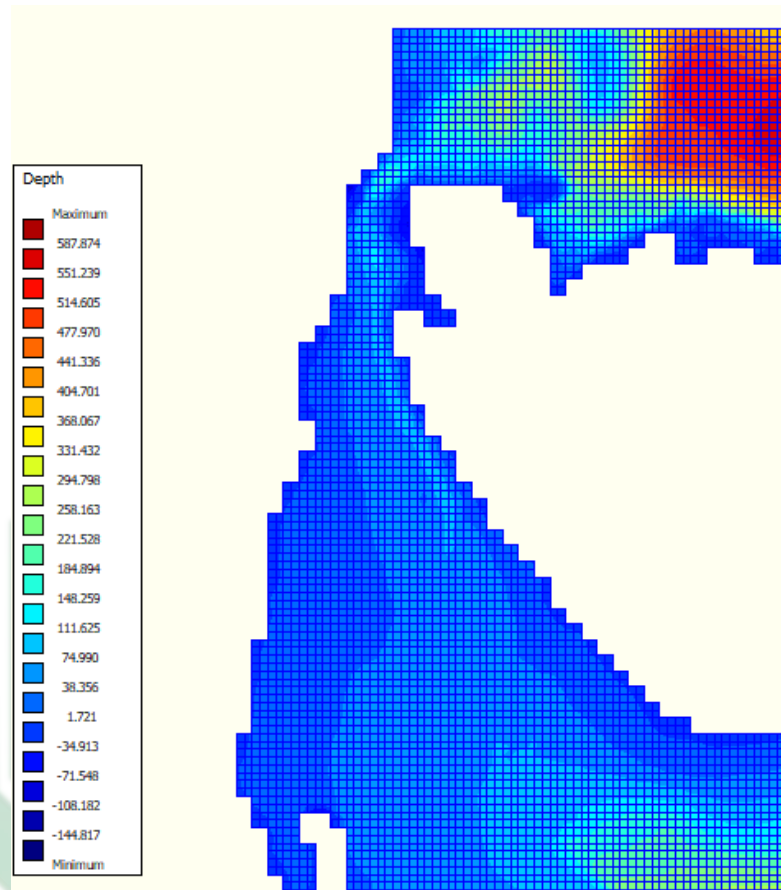
kondisi semestinya. Terdapat beberapa lokasi yang grid modelnya dibuat dengan resolusi yang lebih kecil dikarenakan perlu untuk menyesuaikan dengan bentuk *landboundary(.ldb)* serta terdapat mulut sungai yang memiliki kemungkinan untuk membawa aliran sedimen ke sekitar wilayah perairan Pantai Boom Banyuwangi.

3.5.2 Domain Kedalaman Awal

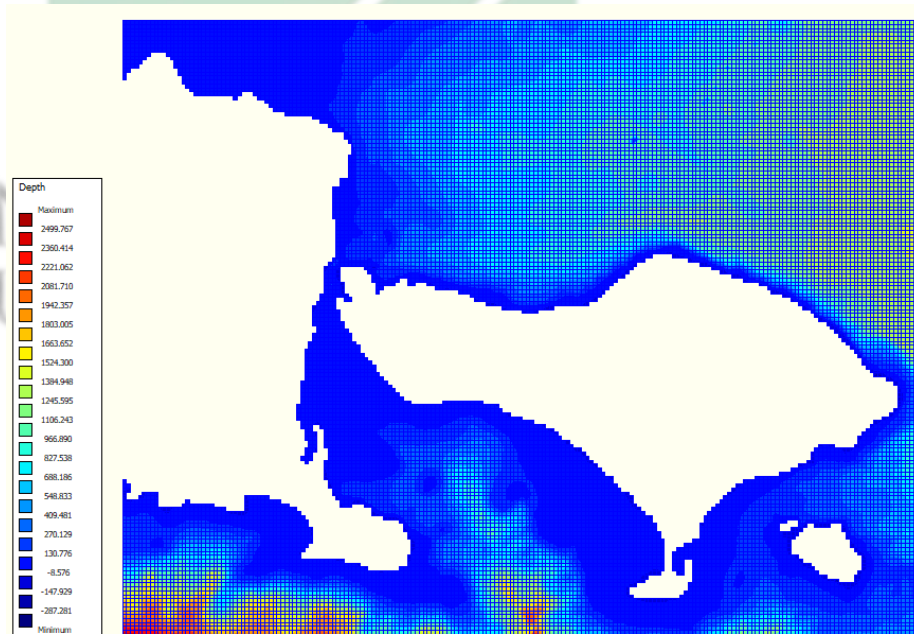
Skenario wilayah pemodelan awal yang merupakan proses interpolasi data kedalaman atau batimetri pada QUICKIN yang dilakukan penggabungan data antara data yang diperoleh melalui Distrik Navigasi Kelas 1 Surabaya dan data dari Badan Informasi Geospasial (BATNAS). Proses memasukkan data kedalaman pada perangkat lunak Delft3D menggunakan format (.xyz) yang merupakan data sampel dalam QUICKIN. Daerah pemodelan di perairan Pantai Boom Banyuwangi terdiri atas 3 perlakuan model yakni pada Pantai Boom Banyuwangi, pada pesisir Banyuwangi dan Bali serta Selat Bali.



Gambar 3. 18 Desain Model Detail



Gambar 3. 19 Desain Model Middle



Gambar 3. 20 Desain Model Besar

Pada penginputan data batimetri atau topografi di QUICKIN pada Delft3D untuk tanda positif (+) digunakan untuk wilayah lautan dan untuk tanda negative (-) digunakan untuk wilayah daratan. Output yang dihasilkan dari proses interpolasi data kedalaman ini adalah DEPTH(.dep).

3.5.3 Parameter Model

Parameter pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini menggabungkan perhitungan antara parameter hidrodinamika dengan morfologi seperti yang disajikan pada **Tabel 3. 3** di bawah ini.

Tabel 3. 3 Parameter Pemodelan

Komponen	Jenis Data		
<i>Domain</i>	Grid		
	Batimetri		
<i>Time Frame</i>	Musim	Barat	Timur
	Waktu Mulai Simulasi	01-Jan-22	01-Jul-22
	Waktu Selesai Simulasi	31-Jan-22	31-Jul-22
	Time Step		
<i>Processes</i>	Constituents :		
	Sedimen Kohesif dan Sedimen Non - Kohesif		
	Physical :		
<i>Boundaries Conditions</i>	Wind dan Wave		
	Grid Besar (Astronomic)		
	Grid Kecil (Time Series)		
<i>Physical Parameter</i>	Konstanta :		
	Gravitasi		
	Densitas Air		
	Kekasaran :		
	Manning		
	Sedimen Kohesif dan Sedimen Non - Kohesif		
	Berat Jenis		
	Berat Kering		
	Morfologi :		
	Faktor Skala Morfologi		
	Interval Putaran sebelum Perubahan Morfologi		

Keluaran atau output yang dihasilkan dari gabungan parameter pemodelan seperti yang telah disajikan pada **Tabel 3. 3** yakni berupa hasil visualisasi kecepatan arus, arah arus dan morfologi dasar perairan (*Cumm. Erotion / Sedimentation*) yang sesuai dengan aliran pada komputasional grid pemodelan.



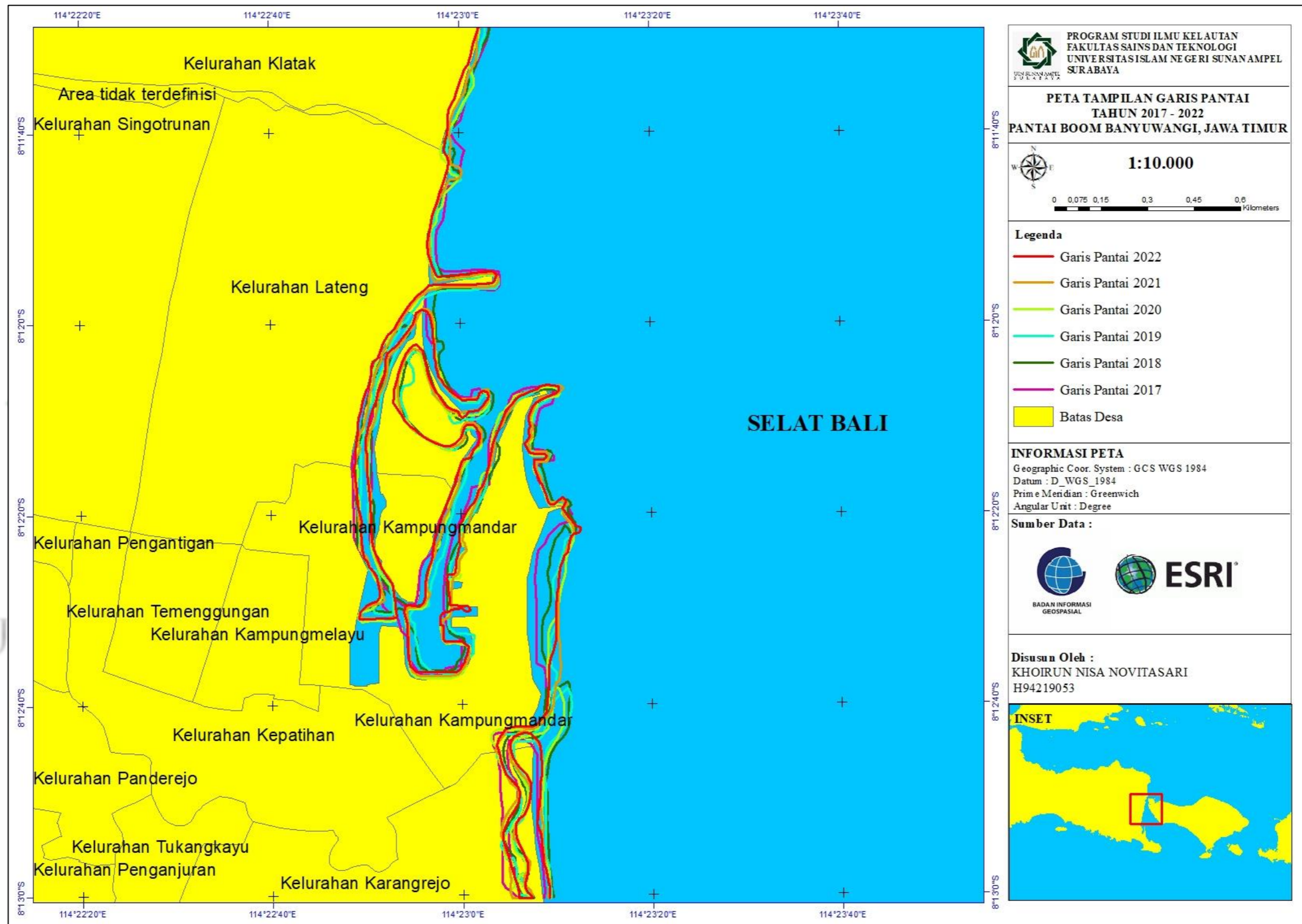
UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perubahan Garis Pantai selama Lima Tahun Terakhir

Wilayah pesisir merupakan salah satu wilayah yang seringkali mengalami perubahan secara dinamis dan terjadi secara terus menerus. Garis pantai memiliki sifat yang dinamis sehingga dapat mengalami perubahan dalam waktu yang cukup cepat. Perubahan garis pantai merupakan sebuah aktivitas yang terjadi secara terus – menerus melalui berbagai macam proses yang terjadi di pantai. Seluruh kegiatan yang berlaku diatas tentu saja dapat memberikan dampak perubahan pada garis pantai baik berupa abrasi atau pengikisan garis pantai maupun akresi yakni penambahan garis pantai. (Istiqomah , Sasmito, & Amarrohman, 2016).

Kawasan Pantai Boom yang seringkali dihantam oleh gelombang tinggi dapat menjadi salah satu factor penyebab terjadinya abrasi maupun akresi di sekitar bibir pantai. Pantai Boom membentang pada dua kelurahan yakni Kelurahan Kampungmandar dan Kelurahan Lateng. Luasan dari Pantai Boom yakni sekitar 44,2 hektar (Utomo & Prasetyo, 2018). Berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan, terdapat beberapa titik yang seringkali menjadi titik utama terjadinya abrasi dan akresi. Proses Terjadinya perubahan garis pantai dapat diketahui menggunakan data citra satelit yang telah diolah dan juga di tumpang serta susun sehingga terlihat perubahan setiap tahunnya. Citra yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan citra sentinel-2A yang diunduh melalui website sentinel. Data citra yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah citra sentinel-2A tahun 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 dan 2022. Berikut ini merupakan hasil interpretasi citra menggunakan overlay garis pantai yang berasal dari citra sentinel-2A pada tahun 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 dan 2022 yang ditampilkan pada **Gambar** 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4. 1 Peta Overlay Perubahan Garis Pantai Rentang Tahun 2017 – 2022

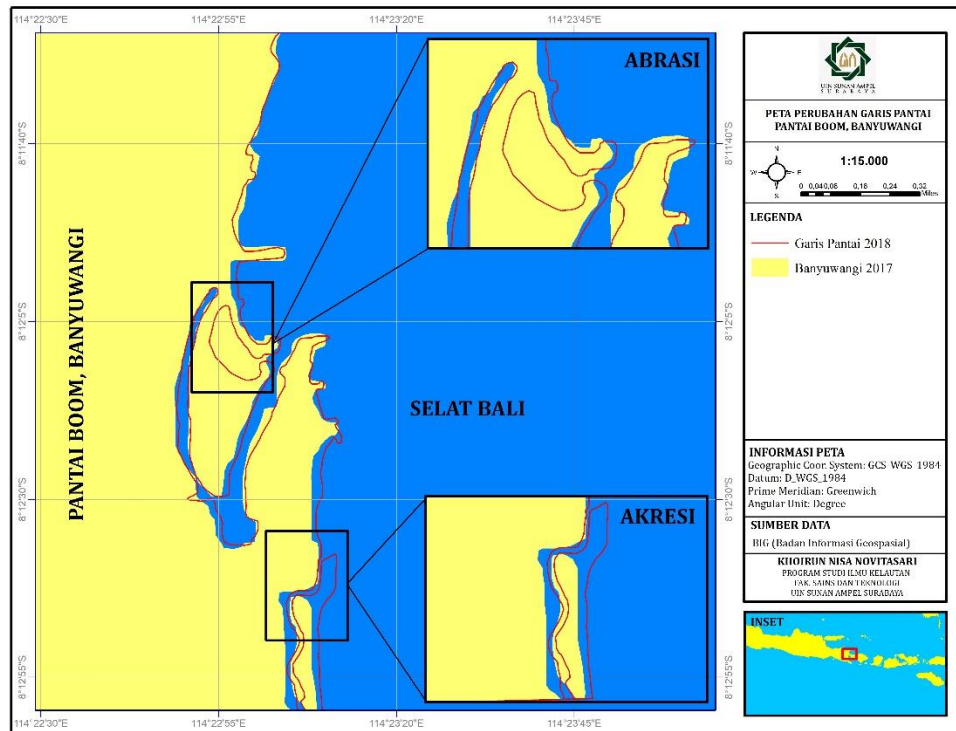
Dari **Gambar 4. 1**, dapat terlihat bahwa garis yang memiliki warna coklat merupakan hasil digitasi citra sentinel-2A pada tahun 2017. Garis berwarna hijau tua merupakan hasil digitasi citra sentinel-2A pada tahun 2018. Garis berwarna biru tua merupakan hasil digitasi citra sentinel-2A pada tahun 2019. Garis berwarna merah merupakan hasil digitasi citra sentinel-2A pada tahun 2020. Garis berwarna ungu merupakan hasil digitasi citra sentinel-2A pada tahun 2021. Garis berwarna hijau muda merupakan hasil digitasi citra sentinel-2A pada tahun 2022. Secara keseluruhan, saat garis pantai yang telah dilakukan proses digitasi disatukan, terlihat jelas bahwa terdapat perubahan garis pantai baik berupa abrasi maupun akresi. Perubahan garis pantai yang disebabkan oleh terjadinya abrasi atau yang dikenal sebagai pengurangan lahan daratan dapat menyebabkan kemunduran garis pantai. Sementara itu, perubahan garis pantai yang disebabkan oleh terjadinya akresi atau yang dikenal sebagai penambahan lahan daratan yang mengikis wilayah perairan dapat menimbulkan garis pantai menjadi lebih maju ke arah perairan. Adanya perubahan garis pantai ini tentu saja tidak lepas dari adanya pengaruh manusia dalam pemanfaatan lahan di sekitar wilayah pesisir dan juga adanya aktivitas alam. Fenomena alam yang dapat terjadi seperti yang telah dijabarkan sebelumnya yakni berupa adanya gelombang tinggi, cuaca buruk dan masih banyak lagi.

Perhitungan perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Pantai Boom Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur ini menggunakan digitasi polyline dan juga polygon. Maksud dari penggunaan kedua metode ini ialah untuk mengetahui luasan area wilayah pantai boom setiap tahunnya sehingga secara tidak langsung dapat mengetahui selisih luasan wilayah pada setiap tahunnya dan juga untuk mengetahui Panjang area yang terdampak perubahan garis pantai ini.

Analisa perubahan garis pantai yang diaplikasikan pada Perairan Pantai Boom, Banyuwangi menggunakan data citra satelit sentinel-2A dan diunduh pada *website* Sentinel. Citra jenis ini telah dilengkapi dengan instrument multispectral dengan 13 saluran spectral yang terdiri atas saluran cahaya yang tampak (*visible*), saluran inframerah jarak dekat (*NIR*), serta

adanya saluran gelombang pendek inframerah (SWIR) (Purhantarto, Danoedoro, & Wicaksono, 2019).

4.1.1 Perubahan Garis Pantai Tahun 2017 – 2018

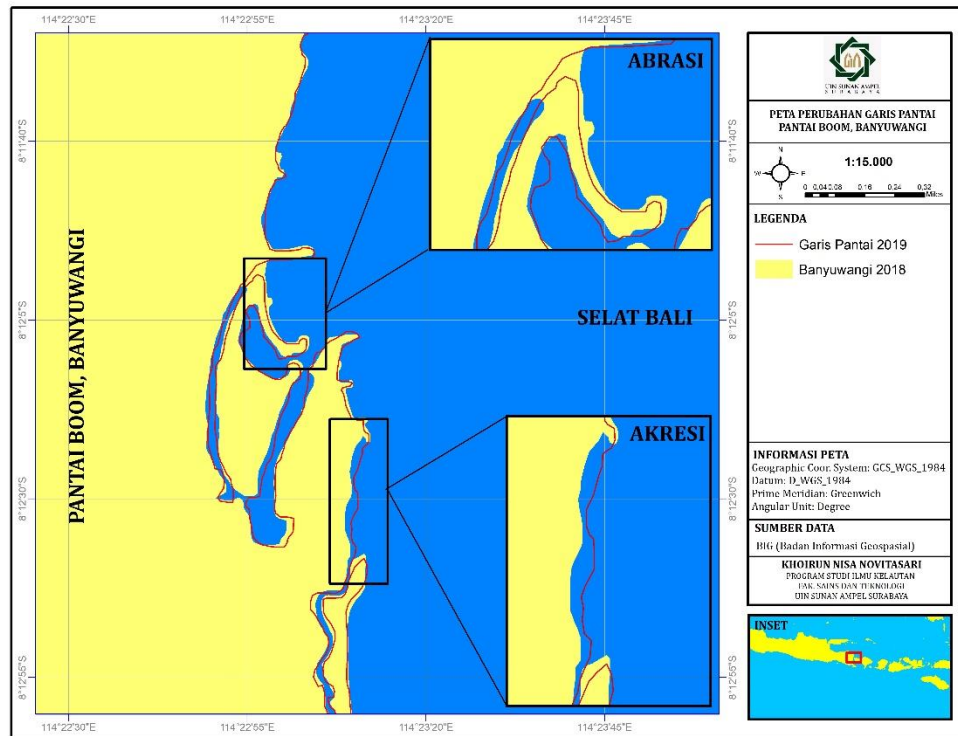


Gambar 4. 2 Peta Overlay Garis Pantai 2017 - 2018

Berdasarkan peta yang ditampilkan pada **Gambar 4. 2**, garis berwarna coklat menyatakan garis pantai pada tahun 2017 dan garis pantai berwarna hijau tua menyatakan garis pantai pada tahun 2018. Digitasi garis pantai dilakukan menggunakan polyline. Diketahui Panjang garis pantai tahun 2017 yakni sebesar 9,50 km dan untuk Panjang garis pantai pada tahun 2018 yakni sebesar 11,39 km. Selain itu telah dilakukan pula digitasi polygon untuk mengetahui luasan wilayah yang terdampak oleh abrasi dan akresi. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa luasan akresi yang terjadi pada rentang tahun 2017 – 2018 yakni sebesar 111.542 m². Sementara untuk luasan abrasi yang terjadi pada rentang tahun 2017 – 2018 yakni sebesar 81.515 m². Dapat diketahui bahwa pada rentang tahun 2017 – 2018, aktivitas akresi lebih dominan terjadi dibandingkan dengan aktivitas abrasi. Aktivitas akresi paling terlihat terjadi

yakni pada zona pesisir selatan Pantai Boom yang lokasinya berdekatan dengan sungai yang berpotensi meningkatkan kadar sedimentasi.

4.1.2 Perubahan Garis Pantai Tahun 2018 – 2019

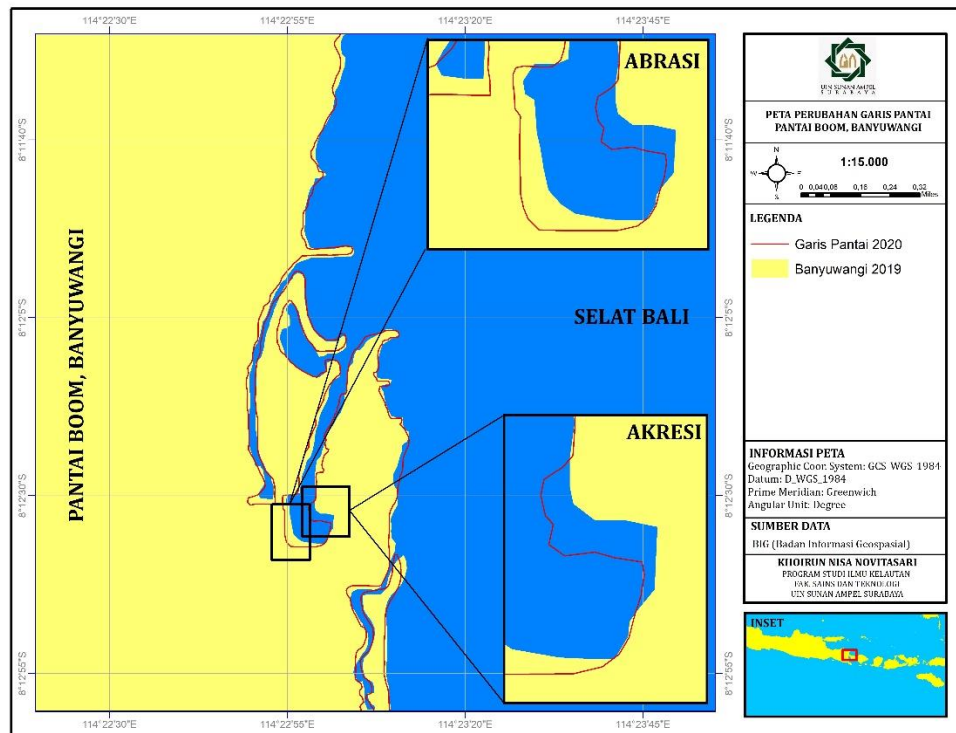


Gambar 4. 3 Peta Overlay Garis Pantai 2018 - 2019

Berdasarkan peta yang ditampilkan pada **Gambar 4. 3**, garis berwarna hijau tua menyatakan garis pantai pada tahun 2018 dan garis berwarna biru tua menyatakan garis pantai pada tahun 2019. Digitasi garis pantai dilakukan menggunakan polyline. Diketahui Panjang garis pantai pada tahun 2019 yakni sebesar 11,02 km. Setelah itu, dilakukan pula digitasi polygon untuk mengetahui luasan wilayah yang terdampak oleh aktivitas abrasi dan akresi. Berdasarkan hasil digitasi yang telah dilakukan, diketahui luasan akresi yang terjadi pada rentang tahun 2018 – 2019 yakni sebesar 57.318 m². Sementara itu, luasan abrasi yang di dapatkan berdasarkan hasil digitasi yang telah dilakukan pada rentang tahun 2018 – 2019 yakni sebesar 47.355 m². Dapat diketahui bahwa, pada rentang tahun 2018 – 2019, aktivitas akresi lebih dominan jika dibandingkan dengan aktivitas abrasi. Diketahui pula bahwa aktivitas abrasi terlihat lebih dominan pada zona pesisir selatan Pantai Boom yang lokasinya berdekatan dengan sungai,

dimana sekali lagi tentu saja dapat meningkatkan sedimentasi di sekitar wilayah tersebut. Keberadaan sungai yang membawa partikel sedimen menuju laut menjadi salah satu factor yang menyebabkan terjadinya akresi di bibir sungai tersebut.

4.1.3 Perubahan Garis Pantai Tahun 2019 – 2020

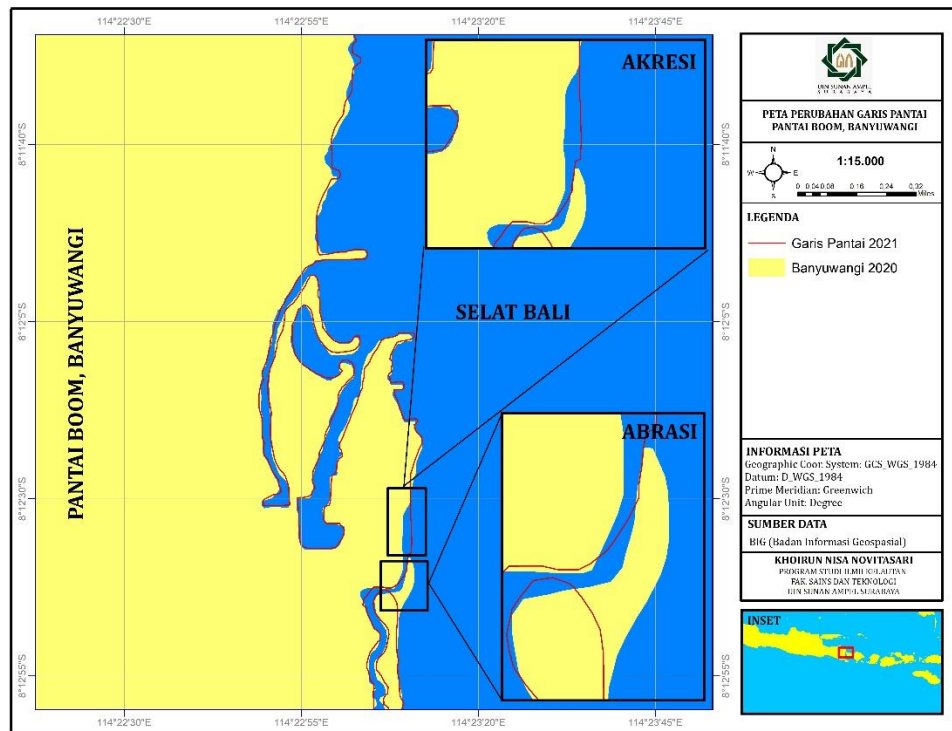


Gambar 4. 4 Peta Overlay Garis Pantai 2019 2020

Berdasarkan peta yang ditampilkan pada **Gambar 4. 4**, garis berwarna biru tua menyatakan garis pantai pada tahun 2019 dan garis berwarna merah menyatakan garis pantai pada tahun 2020. Digitasi garis pantai dilakukan dengan polyline. Diketahui Panjang garis pantai pada tahun 2020 yakni sebesar 11,01 km. Selain itu, telah dilakukan pula digitasi polygon untuk mengetahui luasan wilayah yang terdampak abrasi dan akresi. Berdasarkan hasil digitasi yang telah dilakukan, diketahui luasan wilayah yang terdampak akresi pada rentang tahun 2019 – 2020 yakni sebesar 35.264 m². Sementara itu, luasan abrasi yang didapatkan berdasarkan hasil digitasi yang telah dilakukan pada rentang tahun 2019 – 2020 yakni sebesar 77.082 m². Dapat diketahui bahwa pada rentang tahun 2019 – 2020, aktivitas abrasi lebih dominan terjadi jika dibandingkan dengan aktivitas akresi. Aktivitas

abrasi yang terjadi pada rentang tahun ini terlihat pada wilayah dekat lampu suar pantai Boom, dimana lokasi ini merupakan tebing yang seringkali dihantam oleh gelombang tinggi dan seringkali terjadi pengikisan di wilayah tersebut berdasarkan pernyataan nelayan setempat.

4.1.4 Perubahan Garis Pantai Tahun 2020 - 2021

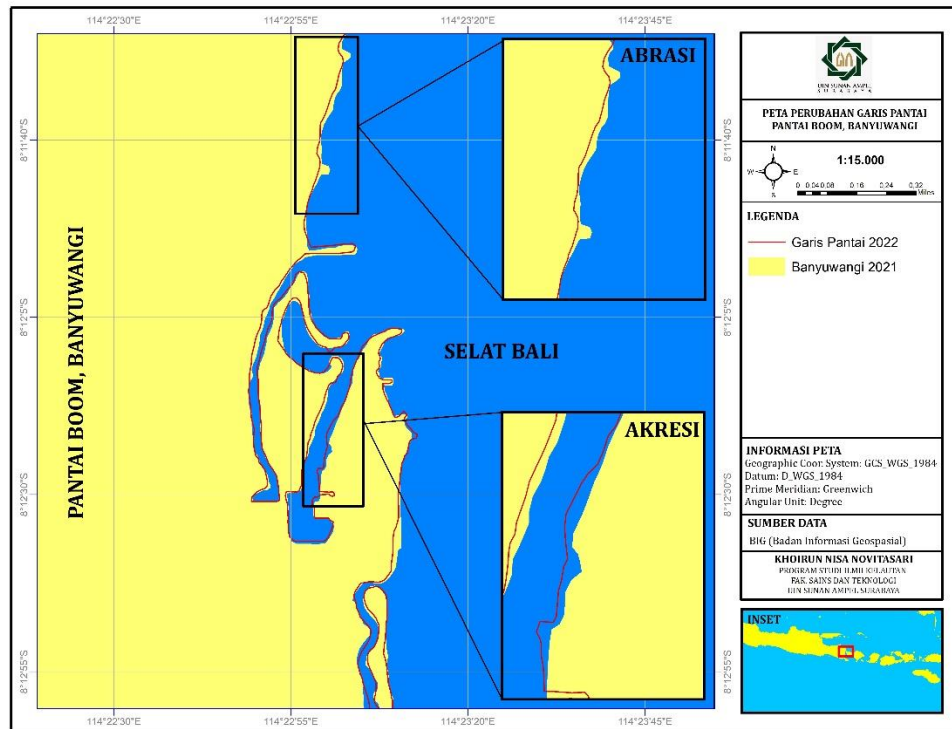


Gambar 4. 5 Peta Overlay Garis Pantai 2020 2021

Berdasarkan peta yang ditampilkan pada **Gambar 4. 5**, garis berwarna merah menyatakan garis pantai pada tahun 2020 dan garis berwarna ungu menyatakan garis pantai pada tahun 2021. Digitasi garis pantai dilakukan menggunakan polyline. Diketahui Panjang garis pantai pada tahun 2021 yakni sebesar 10,99 km. Setelah itu, dilakukan pula digitasi polygon untuk mengetahui luasan wilayah yang terdampak oleh aktivitas akresi dan abrasi. Berdasarkan hasil digitasi yang telah dilakukan, diketahui luasan akresi yang terjadi pada rentang tahun 2020 – 2021 yakni sebesar 36.313 m². Sementara itu, luasan abrasi yang didapatkan berdasarkan hasil digitasi yang telah dilakukan pada rentang tahun 2020 – 2021 yakni sebesar 53.324 m². Dapat diketahui bahwa pada rentang tahun 2020 – 2021, aktivitas abrasi lebih dominan jika dibandingkan dengan aktivitas akresi.

Aktivitas abrasi pada tahun ini terlihat terjadi di wilayah bagian pesisir utara Pantai Boom Banyuwangi.

4.1.5 Perubahan Garis Pantai Tahun 2021 – 2022



Gambar 4. 6 Peta Overlay Garis Pantai 2021 2022

Berdasarkan peta yang ditampilkan pada **Gambar 4. 6**, garis berwarna biru tua menyatakan garis pantai pada tahun 2021 dan garis berwarna merah muda menyatakan garis pantai pada tahun 2022. Digitasi garis pantai dilakukan menggunakan polyline. Diketahui Panjang garis pantai pada tahun 2022 yakni sebesar 10,95 km. Setelah itu, dilakukan pula digitasi polygon untuk mengetahui luasan wilayah yang terdampak oleh aktivitas akresi dan abrasi. Berdasarkan hasil digitasi yang telah dilakukan, diketahui luasan akresi yang terjadi pada rentang tahun 2021 – 2022 yakni sebesar 19.210 m². Sementara itu, luasan abrasi yang didapatkan berdasarkan hasil digitasi yang telah dilakukan pada rentang tahun 2021 – 2022 yakni sebesar 53.324 m². Dapat diketahui bahwa pada rentang tahun 2021 – 2022, aktivitas abrasi lebih dominan jika dibandingkan dengan aktivitas akresi. Aktivitas abrasi pada tahun ini terlihat terjadi di wilayah kolam lokasi kapal nelayan bersandar.

Berikut ini merupakan rangkuman perubahan garis pantai yang diakibatkan oleh aktivitas akresi dan abrasi pada rentang tahun 2017 – 2022 yang telah disajikan pada **Tabel 4. 1** yakni sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Tabel Luasan Abrasi dan Akresi

No	Tahun	Luasan Abrasi	Luasan Akresi	Hasil
1.	2017 - 2018	81.515 m ²	11.1542 m ²	akresi
2.	2018 - 2019	47.355 m ²	57.318 m ²	akresi
3.	2019 - 2020	77.082 m ²	35.264 m ²	abrasi
4.	2020 - 2021	47.230 m ²	36.313 m ²	abrasi
5.	2021 - 2022	53.324 m ²	19.210 m ²	abrasi
Rata – rata luasan :		61.301,2 m ²	51.929,4 m ²	abrasi

(Sumber : Olah Data 2022)

Tabel 4. 2 Tabel Perubahan Garis Pantai

No	Tahun	Panjang Garis Pantai
1.	2017	9,501 km
2.	2018	11,39 km
3.	2019	11,02 km
4.	2020	11,01 km
5.	2021	10,99 km
6.	2022	10,95 km

(Sumber : Olah Data 2022)

Berdasarkan **Tabel 4. 1** telah diketahui bahwa aktivitas abrasi secara konstan terjadi selama tiga tahun berturut – turut. Hal ini diketahui dikarenakan berdasarkan hasil wawancara singkat yang telah dilakukan peneliti kepada masyarakat sekitar menyatakan bahwa pada pertengahan tahun 2017 masyarakat telah berupaya untuk menanam mangrove dan juga membangun breakwater guna meredam gelombang tinggi dan berharap agar dapat mengurangi abrasi yang semakin sering terjadi di sekitar wilayah Pantai Boom, Banyuwangi. Namun, upaya yang dilakukan oleh masyarakat sekitar dengan tujuan untuk menjaga lingkungan dan mengurangi dampak

dari aktivitas abrasi hanya bertahan paling lama yakni 3 bulan saja. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya yakni arus yang cepat, angin kencang dan juga adanya alun yang secara berkala menghantam bibir pantai hingga dapat memberikan dampak berupa abrasi dan juga akresi. Selain itu, berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan di lapangan kecepatan arus dari sungai yang berada pada sisi timur Pantai Boom Banyuwangi juga cenderung cepat sehingga hal ini menjadi salah satu penyebab terjadinya percepatan transport sedimen ke wilayah pesisir Pantai Boom. Para nelayan juga mengaku, terdapat tanggul yang telah di bangun oleh pihak pengelola Pantai Boom yang juga telah hancur tergerus ombak yang menghantam secara berkala. Hasil yang didapatkan menyatakan bahwa aktivitas abrasi jauh lebih dominan terjadi selama lima tahun terakhir jika dibandingkan dengan aktivitas akresi dengan total luasan rata – rata yakni mencapai 61301,2 m² selama lima tahun terakhir. Penyebab dari terjadinya abrasi dapat ditimbulkan oleh adanya aktivitas arus dan gelombang yang terjadi secara alami dan berdampak pada penggerusan wilayah daratan (Suwandana, 2019). Dalam hal ini, tentu saja peran masyarakat sangat diperlukan guna menopang masa depan dan keberlanjutan dari Pantai Boom Banyuwangi.

4.2 Perubahan Morfologi Pantai untuk Sepuluh Tahun Kedepan

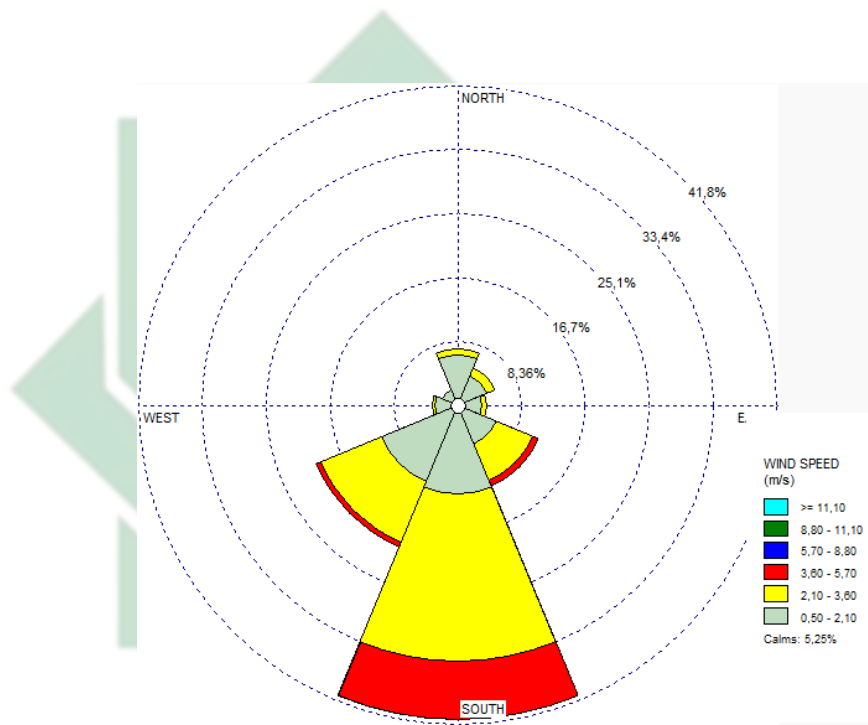
4.2.1 Distribusi Data Angin

Data angin merupakan salah satu aspek penting pada bidang oseanografi, dimana data ini umumnya digunakan untuk mengetahui kondisi angin berhembus dominan yang terjadi pada wilayah perairan. Pencatatan data angin yang di dapatkan melalui *European Centre for medium – Range Weather Forecast* (ECMWF) yakni dalam rentang waktu 5 tahun yang dimulai sejak tahun 2017 – 2022. Perolehan hasil dari pengolahan distribusi data angin menggunakan MS Excel dapat diketahui karakteristiknya dengan mudah melalui mawar angin atau *windrose* yang diolah menggunakan perangkat lunak bernama *WRPlot View* yakni sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Presentase Distribusi Angin Tahun 2017 - 2022

	Directions / Wind Classes (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Total (%)
1	N	6,55903	0,85007	0,01902	0	0	0	7,42812
2	NE	4,17618	1,1049	0,03994	0	0	0	5,32101
3	E	3,30519	0,48494	0	0	0	0	3,79013
4	SE	5,46174	5,15936	0,8881	0	0	0	11,5092
5	S	11,6842	21,7614	7,46615	0,05325	0	0	40,9649
6	SW	10,8569	8,57866	0,59714	0	0	0	20,0327
7	W	3,03895	0,38795	0,03423	0	0	0	3,46113
8	NW	2,22691	0,01141	0	0	0	0	2,23832
Sub-Total		47,3091	38,3387	9,04458	0,05325	0	0	94,7455
Calms								5,25445
Missing/Incomplete								0
Total								100

(Sumber : ECMWF (Olah Data 2022))



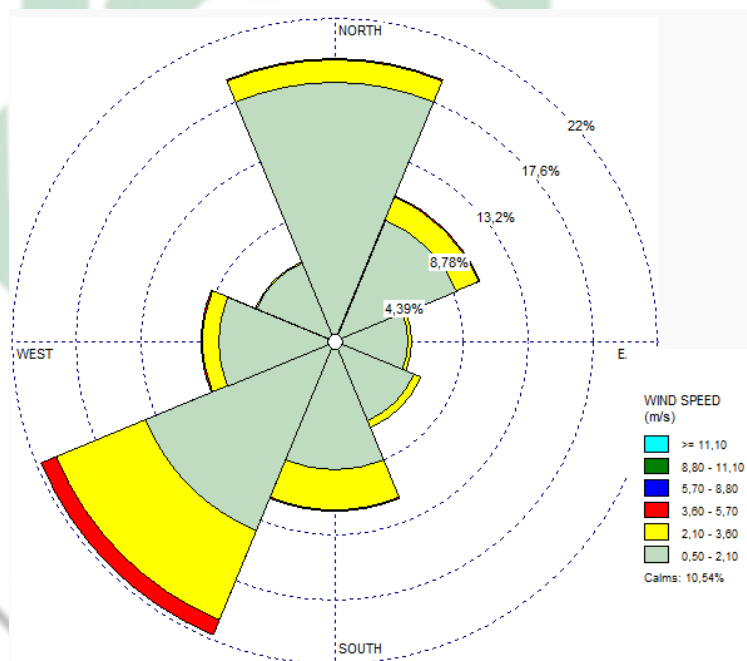
Gambar 4. 7 Mawar Angin Pantai Boom Banyuwangi Tahun 2017 – 2022

(Sumber : ECMWF (Olah Data 2022))

Pada **Tabel 4. 3** dapat diketahui bahwa presentase distribusi data angin yang mendominasi pada tahun 2017 – 2022 di wilayah Pantai Boom Banyuwangi terbesar berhembus dari arah Selatan yakni dengan presentase total sebesar 40,9 % dan untuk arah berhembus angin dengan nilai terkecil diperoleh presentase 2,3 %. Selanjutnya, kecepatan angin paling mendominasi berada pada rentang 0,5 – 2,10 m/s yang datang dari arah selatan dengan nilai presentase sebesar 11,68 %. Pada tabel frekuensi yang telah disajikan diatas juga dapat diketahui bahwa terdapat arah berhembus dominan lainnya selain dari sisi selatan yakni pada arah barat daya dengan

kisaran kecepatan yang berada pada rentang 0,5 – 2,10 m/s dengan nilai presentase sebesar 10,85 %.

Selanjutnya pada **Gambar 4. 7** dapat diketahui bahwa pola mawar angin pada rentang tahun 2017 – 2022 di wilayah Pantai Boom Banyuwangi menunjukkan bahwa arah angin berhembus berasal dari arah selatan dan barat daya yang merupakan arah angin signifikan dengan masing – masing nilai presentase secara berurutan sebesar 40,96 % dan 20,03 %. Nilai rata – rata kecepatan angin yang diperoleh melalui hasil analisis data angin ERA5 ECMWF dengan tampilan berupa grafik mawar angin selama kurun waktu 5 tahun diperoleh nilai sebesar 2,02 m/s.



Gambar 4. 8 Mawar Angin Pantai Boom Banyuwangi pada Musim Barat Tahun 2017 – 2022

(Sumber : ECMWF (Olah Data 2022))

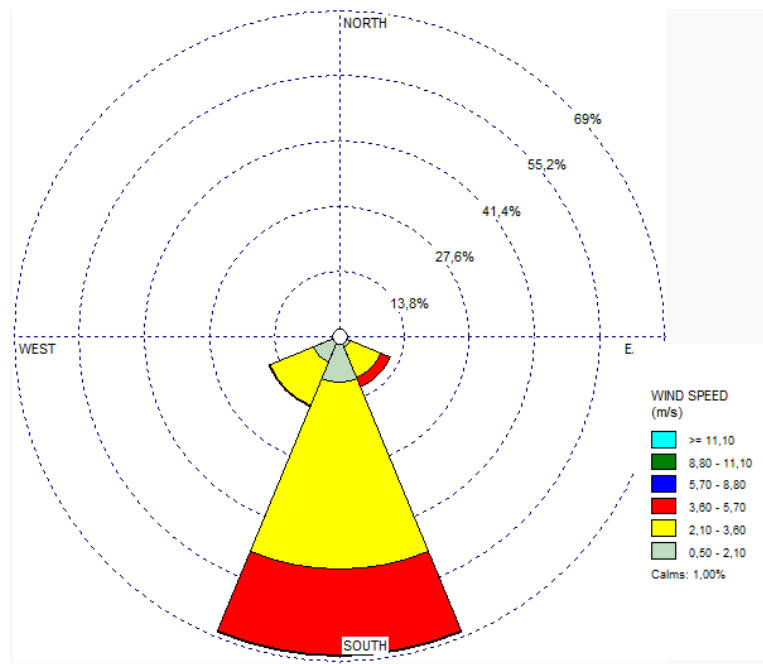
Tabel 4. 4 Presentase Distribusi Angin pada Musim Barat Tahun 2017 - 2022

	Directions / Wind Classes (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Total (%)
1	N	17,537	1,57116	0,03081	0	0	0	19,1389
2	NE	8,94177	1,65588	0,10783	0	0	0	10,7055
3	E	4,99076	0,28497	0	0	0	0	5,27572
4	SE	5,87646	0,49291	0	0	0	0	6,36938
5	S	8,74153	2,68792	0,10012	0	0	0	11,5296
6	SW	13,9402	6,4772	1,11676	0	0	0	21,5342
7	W	7,92514	1,08595	0,08472	0	0	0	9,09581
8	NW	5,78404	0,03081	0	0	0	0	5,81485
Sub-Total		73,7369	14,2868	1,44023	0	0	0	89,464
Calms								10,536
Missing/Incomplete								0
Total								100

(Sumber : ECMWF (Olah Data 2022))

Seperti yang telah ditampilkan pada **Gambar 4. 8** dapat diketahui bahwa pola mawar angin pada musim barat dengan rentang tahun 2017 – 2022 di wilayah Pantai Boom Banyuwangi menunjukkan bahwa arah angin berhembus berasal dari arah barat daya dan utara yang merupakan arah angin signifikan dengan masing – masing nilai presentase secara berurutan sebesar 21,53 % dan 19,13 %. Nilai rata – rata kecepatan angin yang diperoleh melalui hasil analisis data angin ERA5 ECMWF dengan tampilan berupa grafik mawar angin selama kurun waktu 5 tahun diperoleh nilai sebesar 2,02 m/s.

Pada **Tabel 4. 4** dapat diketahui bahwa presentase distribusi data angin yang mendominasi pada musim barat dengan tahun 2017 – 2022 di wilayah Pantai Boom Banyuwangi terbesar berhembus dari arah barat daya yakni dengan presentase total sebesar 21,53 % dan untuk arah berhembus angin dengan nilai terkecil diperoleh presentase 5,8 %. Selanjutnya, kecepatan angin paling mendominasi berada pada rentang 0,5 – 2,10 m/s yang datang dari arah utara dengan nilai presentase sebesar 17,53 %. Pada tabel frekuensi yang telah disajikan diatas juga dapat diketahui bahwa terdapat arah berhembus dominan lainnya selain dari sisi selatan yakni pada arah barat daya dengan kisaran kecepatan yang berada pada rentang 0,5 – 2,10 m/s dengan nilai presentase sebesar 13,94 %.



Gambar 4. 9 Mawar Angin Pantai Boom Banyuwangi pada Musim Timur Tahun 2017 – 2022

(Sumber : ECMWF (Olah Data 2022))

Tabel 4. 5 Presentase Distribusi Angin pada Musim Timur Tahun 2017 - 2022

	Directions / Wind Classes (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Total (%)
1	N	0,34722	0,00755	0	0	0	0	0,35477
2	NE	0,81522	0,32458	0	0	0	0	1,13979
3	E	1,22283	0,29438	0	0	0	0	1,51721
4	SE	2,69475	6,9218	2,05314	0	0	0	11,6697
5	S	9,96377	39,1984	18,2518	0,15097	0	0	67,5649
6	SW	6,22736	9,86564	0,06793	0	0	0	16,1609
7	W	0,27929	0	0	0	0	0	0,27929
8	NW	0,31703	0	0	0	0	0	0,31703
Sub-Total		21,8675	56,6123	20,3729	0,15097	0	0	99,0036
Calms								0,99638
Missing/Incomplete								0
Total								100

(Sumber : ECMWF (Olah Data 2022))

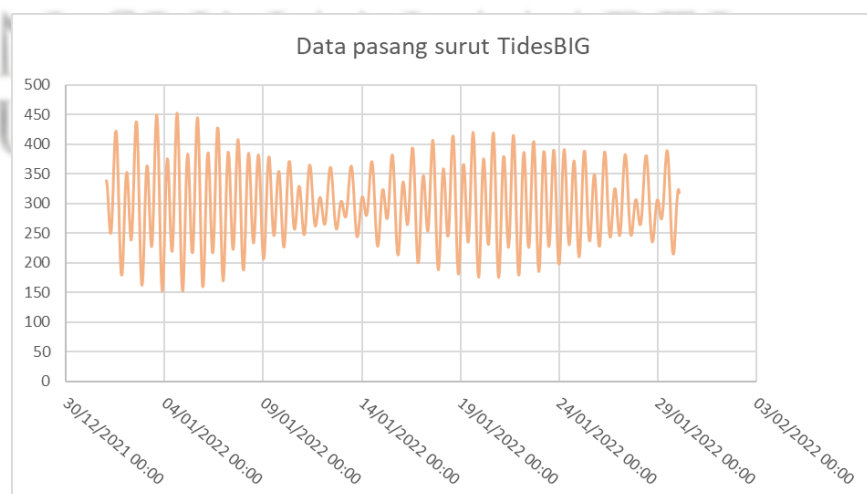
Seperti yang telah ditampilkan pada **Gambar 4. 8** dapat diketahui bahwa pola mawar angin pada musim timur dengan rentang tahun 2017 – 2022 di wilayah Pantai Boom Banyuwangi menunjukkan bahwa arah angin berhembus berasal dari arah selatan dan barat daya yang merupakan arah angin signifikan dengan masing – masing nilai presentase secara berurutan sebesar 67,56 % dan 16,16 %. Nilai rata – rata kecepatan angin yang diperoleh melalui hasil analisis data angin ERA5 ECMWF dengan tampilan

berupa grafik mawar angin selama kurun waktu 5 tahun diperoleh nilai sebesar 2,08 m/s.

Pada **Tabel 4. 5** dapat diketahui bahwa presentase distribusi data angin yang mendominasi pada musim timur dengan tahun 2017 – 2022 di wilayah Pantai Boom Banyuwangi terbesar berhembus dari arah selatan yakni dengan presentase total sebesar 67,56 % dan untuk arah berhembus angin dengan nilai terkecil diperoleh presentase 0,27 %. Selanjutnya, kecepatan angin paling mendominasi berada pada rentang 2,10 – 3,60 m/s yang datang dari arah selatan dengan nilai presentase sebesar 39,19 %. Pada tabel frekuensi yang telah disajikan diatas juga dapat diketahui bahwa terdapat arah berhembus dominan lainnya selain dari sisi selatan yakni pada arah barat daya dengan kisaran kecepatan yang berada pada rentang 2,10 – 3,60 m/s dengan nilai presentase sebesar 9,86 %.

4.2.2 Pasang Surut

Secara geografis berdasarkan datum WGS 1984, titik pengambilan pasang surut prediksi selama 30 hari terletak pada koordinat -8, 1884 LS dan 114,3876 BT. Data elevasi bersumber dari Badan Informasi Geospasial yang diambil pada rentang tanggal 01 – 31 Januari 2022 akan dipergunakan sebagai penentu kriteria pasang surut melalui perhitungan konstanta harmonik yang terdapat di Pelabuhan Boom Banyuwangi.



Gambar 4. 10 Grafik Pasang Surut Pantai Boom Banyuwangi

(Sumber : Olah Data 2022)

Data elevasi yang telah diketahui grafik pasang surutnya, selanjutnya diolah menggunakan metode *admiralty* guna memperoleh nilai – nilai harmonic (So, M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, M4, MS4) pasang surut yakni amplitudo (A) dan fase (g°) kejadian dari pasang surut. Perolehan nilai F (*Formzahl*) yang merupakan hasil dari perhitungan amplitudo pasang surut. Hasil dari perhitungan bilangan *formzahl* nantinya dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik pasang surut yang terjadi pada lokasi studi. Adapun nilai konstanta harmonic pasang surut beserta istilah nilai penting pasang surut yang dihasilkan melalui olahan menggunakan metode *Admiralty* di Pantai Boom Banyuwangi telah disajikan pada **Tabel 4. 6** yakni sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Komponen Harmonik dan Istilah Penting Pasut Pantai Boom Banyuwangi

Vertical Datum (cm)	Rumus	Hasil
HHWL	$S_0+M_2+S_2+N_2+K_1+O_1+K_2+P_1+M_4+MS_4$	3,58
MHWL	$Z_0+(M_2+S_2)$	2,91
MSL	S_0	0,00
MLWL	$Z_0-(M_2+S_2)$	0,94
LLWL	$S_0-(M_2+S_2+N_2+K_1+O_1+M_4+MS_4+K_2+P_1)$	0,27
Z0	$M_2+S_2+N_2+K_2+K_1+O_1+P_1+M_4+MS_4$	1,93
Formzahl	$(K_1+O_1)/(M_2+S_2)$	0,68

Konstanta	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A (cm)	0,0	0,8	0,2	0,1	0,0	0,5	0,2	0,2	0,0	0,0
g (°)		74,3	88,3	77,4	88,3	339,8	309,1	339,8	119,8	48,9

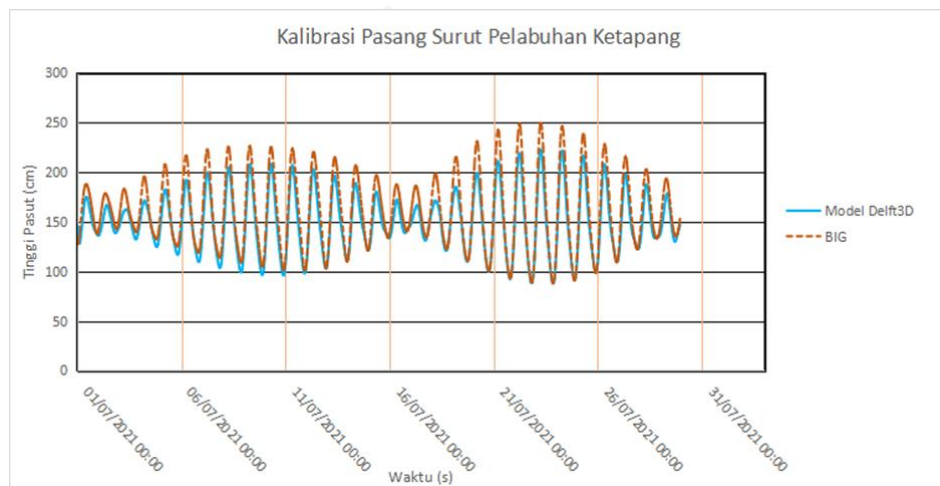
(Sumber : Olah Data, 2022)

Hasil perhitungan komponen harmonik serta penentuan karakteristik pasang surut menggunakan bilangan *formzahl*, diketahui bahwa pasang surut yang terjadi di Pantai Boom Banyuwangi memiliki tipe campuran condong harian ganda dengan nilai F sebesar 0,68. Dengan demikian, elevasi pasang surut yang tergolong kedalam tipe dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari.

4.2.3 Validasi Model

Hasil visualisasi dari pemodelan pasang surut menggunakan Delft3D kemudian dilakukan verifikasi atau validasi data yang digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan data dari model yang

telah dibuat. Verifikasi data pasang surut dilakukan dengan cara membandingkan data elevasi sekunder dengan hasil simulasi pemodelan. Elevasi muka air dari hasil pemodelan diperoleh hasil bahwa pasang surut di sekitar Pelabuhan Ketapang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari dengan waktu dan ketinggian yang berbeda. Grafik perbandingan data sekunder dengan data hasil pemodelan disajikan pada **Gambar 4. 11** berikut ini.



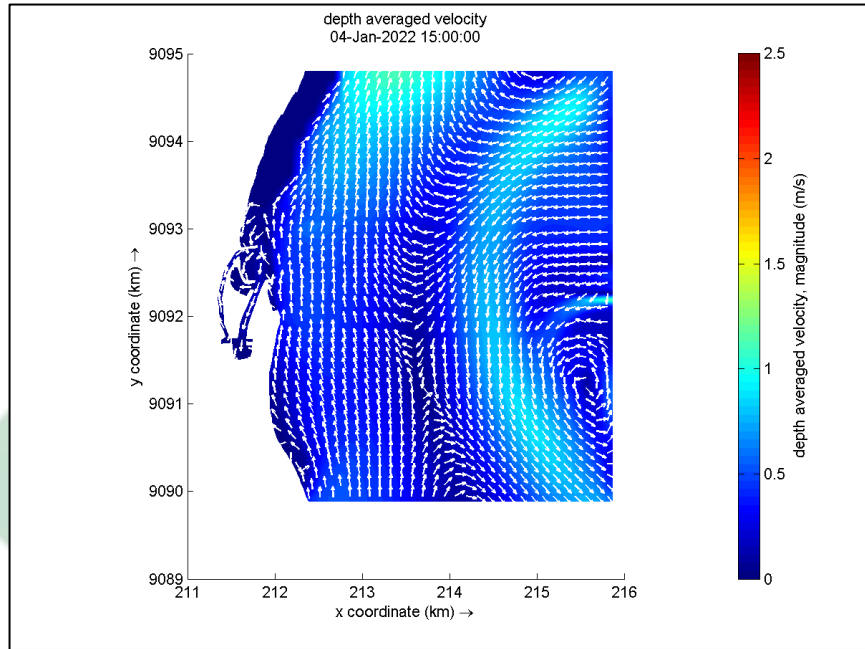
Gambar 4. 11 Kalibrasi Muka Air Pemodelan Delft3D dengan BIG

Berdasarkan grafik perbandingan muka air yang tersaji diatas, bahwa tipe pasang surut yang telah didapatkan yakni pasang surut campuran condong harian ganda dengan nilai Formzahl sebesar 0.6762. Dikutip dari (Siahaan, Ismanto, Atmodjo, Widiaratih, & Kunarso, 2021), menyatakan bahwa tipe pasang surut yang dihasilkan di Pantai Boom, Banyuwangi masuk pada tipe campuran condong harian ganda dimana hal ini sesuai dengan hasil yang di dapat. Perlunya dilakukan verifikasi menurut (Yoganda, Hendri, & Suprayogi, 2019) yakni guna mengetahui hasil prediksi yang telah didapatkan pada proses Analisa data, apakah sudah mendekati hasil sebenarnya atau tidak. Berdasarkan Analisa yang telah dilakukan menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk kedua data diatas menghasilkan nilai sebesar 0.08147, dimana dengan nilai tersebut diketahui masuk dalam tingkat toleransi data yang dapat diterima dan dilanjutkan untuk memodelkan perubahan morfologi di wilayah perairan Pantai Boom Banyuwangi.

4.2.2 Pola Arus

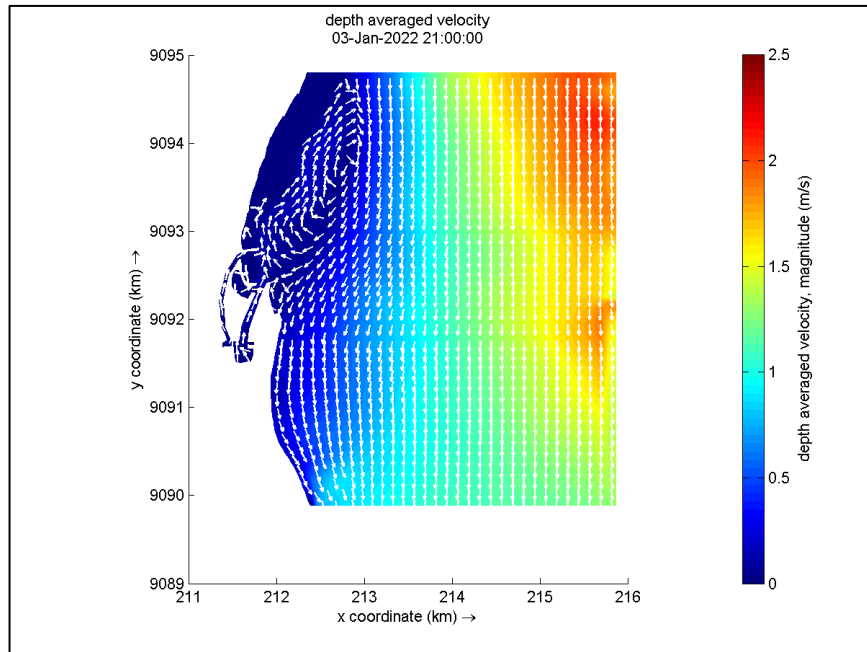
a. Musim Barat

Hasil dari pemodelan arus di wilayah perairan Pantai Boom Banyuwangi di kondisi eksisting saat pasang tertinggi dan surut terendah secara berturut – turut telah disajikan pada **Gambar 4. 12** dan **Gambar 4. 13** yakni sebagai berikut.



Gambar 4. 12 Pola Pergerakan Arus Musim Barat saat Pasang Tertinggi

Meninjau pola pergerakan arus yang terjadi pada musim barat dan terjadi di sekitar perairan Pantai Boom Banyuwangi, diketahui bahwa pergerakan arus dominan dipengaruhi oleh fenomena pasang surut air laut dan juga arah angin yang cukup mendominasi. Kecepatan arus yang terjadi saat pasang tertinggi pada 5 titik pengamatan yakni antara 0.064954 – 0.257691 m/s, dengan nilai kecepatan arus terbesar berada pada titik pengamatan c yang merupakan wilayah tebing yang seringkali terhantam gelombang tinggi.



Gambar 4. 13 Pola Pergerakan Arus Musim Barat saat Surut Terendah

Sementara itu, kecepatan arus yang terjadi saat surut terendah pada 5 titik pengamatan yakni antara 0.094186 – 0.16735 m/s, dengan nilai kecepatan arus terbesar berada pada wilayah yang sama yakni pada titik pengamatan c yang merupakan wilayah tebing yang seringkali terhantam gelombang tinggi. Berikut ini adalah rata – rata kecepatan arus pada musim barat yang telah disajikan pada **Tabel 4. 7** sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Rata - Rata Kecepatan Arus pada Musim Barat

Kondisi Arus Musim Barat	
Titik Pengamatan	Kecepatan Rata - Rata (m/s)
1	0.080985799
2	0.076229545
3	0.230604353
4	0.179104362
5	0.177773205

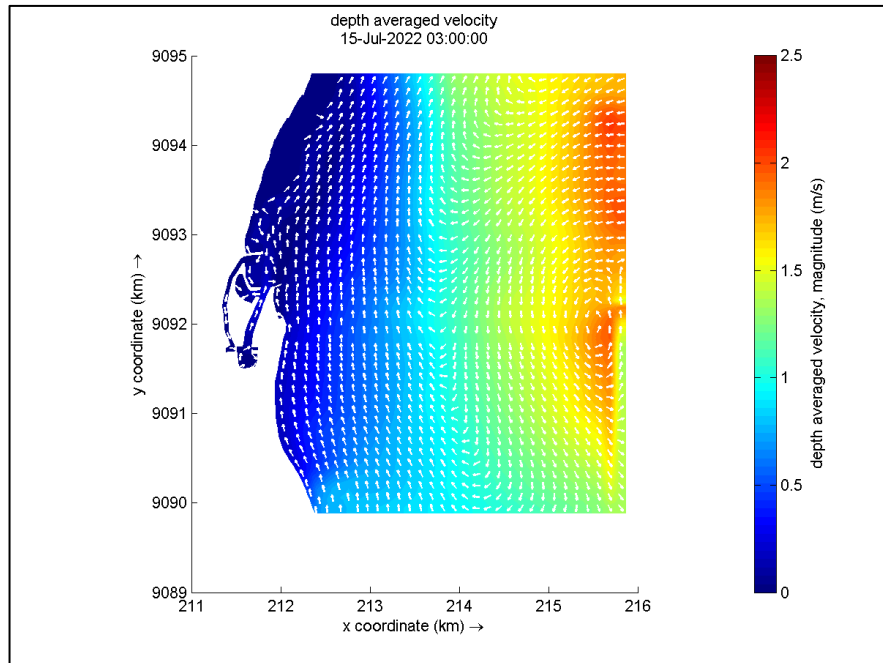
(Sumber : Olah Data, 2022)

Diketahui kondisi arus pada musim barat saat pasang tertinggi dan surut terendah memiliki perbedaan yang terlihat dari

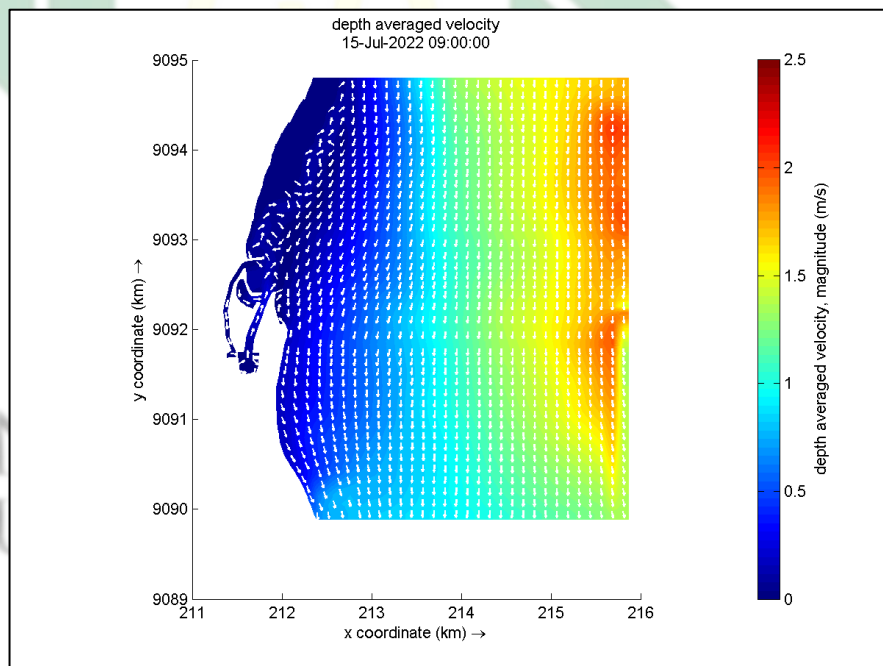
kecepatan arusnya. Saat pasang tertinggi, vektor arus cenderung mengarah ke sisi utara dan saat surut terendah arus cenderung mengarah ke sisi barat yang berdekatan dengan titik lokasi pengamatan kemudian Kembali mengarah ke selatan. Hal ini sesuai dengan hasil simulasi pemodelan arus di Perairan Pantai Boom Banyuwangi yang dilakukan oleh (Siahaan, Ismanto, Atmodjo, Widiaratih, & Kunarso, 2021), dimana saat musim barat pasang tertinggi, vector arus mengarah ke utara. Sementara itu, saat kondisi surut terendah vector arus mengarah ke selatan. Rata – rata kecepatan arus yang didapatkan pada kawasan perairan Pantai Boom Banyuwangi saat pasang tertinggi adalah 0.143 m/s. Sementara itu kecepatan arus yang didapatkan pada kawasan perairan Pantai Boom Banyuwangi saat surut terendah adalah 0.133 m/s. Data kecepatan arus yang terjadi saat pasang tertinggi dan surut terendah selalu bervariasi, hal ini didukung oleh pernyataan (Suryani, Jumarang, & Apriansyah, 2016) yakni kecepatan arus yang terbesar terjadi pada saat air pasang tertinggi dan air surut terendah dalam durasi satu bulan sehingga dapat dikatakan memiliki proporsi yang sama.

b. Musim Timur

Hasil dari pemodelan arus di wilayah perairan Pantai Boom Banyuwangi di kondisi eksisting saat pasang tertinggi dan surut terendah secara berturut – turut telah disajikan pada **Gambar 4. 14** dan **Gambar 4. 15** yakni sebagai berikut.



Gambar 4. 14 Pola Pegerakan Arus Musim Timur saat Pasang Tertinggi



Gambar 4. 15 Pola Pergerakan Arus Musim Timur saat Surut Terendah

Meninjau pola pergerakan arus yang terjadi pada musim timur dan terjadi di sekitar perairan Pantai Boom Banyuwangi, diketahui bahwa pergerakan arus dominan dipengaruhi oleh fenomena pasang surut air laut dan juga arah angin yang cukup mendominasi. Kecepatan arus yang terjadi saat pasang tertinggi

pada 5 titik pengamatan yakni antara 0.076114 – 0.373766 m/s, dengan nilai kecepatan arus terbesar berada pada wilayah tebing yang seringkali terhantam gelombang tinggi. Sementara itu, kecepatan arus yang terjadi saat kondisi surut terendah pada 5 titik pengamatan yakni antara 0.147999 – 0.318398 m/s, dimana kecepatan arus tertinggi diketahui pada wilayah yang sama yakni tebing yang seringkali terhantam gelombang tinggi. Berikut ini adalah rata – rata kecepatan arus pada musim timur yang telah disajikan pada **Tabel 4. 8** dibawah ini.

Tabel 4. 8 Rata - Rata Kecepatan Arus pada Musim Timur

Kondisi Arus Musim Timur	
Titik Pengamatan	Kecepatan Rata - Rata (m/s)
1	0.113229219
2	0.06108782
3	0.248143482
4	0.173766174
5	0.188978945

(Sumber : Olah Data, 2022)

Diketahui kondisi arus pada musim timur saat pasang tertinggi dan surut terendah memiliki perbedaan yang terlihat dari kecepatan arusnya. Saat pasang tertinggi, vektor arus cenderung mengarah ke sisi utara dan saat surut terendah arus cenderung mengarah ke sisi barat yang berdekatan dengan titik lokasi pengamatan kemudian Kembali mengarah ke selatan. Hal ini diketahui juga sesuai dengan hasil simulasi pemodelan arus yang dilakukan oleh (Siahaan, Ismanto, Atmodjo, Widiaratih, & Kunarso, 2021) di perairan Pantai Boom Banyuwangi, bahwa saat kondisi surut terendah vector arus cenderung mengarah ke utara. Sementara itu, saat kondisi pasang tertinggi, vector arus cenderung mengarah ke selatan. Rata – rata kecepatan arus yang didapatkan pada kawasan perairan Pantai Boom Banyuwangi saat pasang tertinggi adalah 0.190 m/s. Sementara itu kecepatan arus yang didapatkan pada kawasan perairan Pantai Boom Banyuwangi saat surut terendah adalah 0.211 m/s.

4.2.3 Pola Gelombang

Perhitungan peramalan gelombang dilakukan menggunakan metode SPM. Metode ini dilakukan dengan cara mengolah data angin. Output yang akan di dapatkan apabila mengolah data gelombang menggunakan metode ini yakni ketinggian gelombang, periode gelombang dan gelombang signifikan (Fauzi & Muliati, 2021). Data angin yang telah di dapatkan diolah menggunakan windrose untuk menentukan arah angin dominan. Gelombang laut yang dibangkitkan oleh angin, maka arah gelombang akan mengikuti arah angin berhembus (Kuswartono, Sulistiya, Isnugroho, & Fatchan, 2021). Hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan dan juga periode gelombang telah disajikan pada **Tabel 4. 9** berikut ini.

Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Gelombang Signifikan (H_s) dan Periode Gelombang Laut dalam Rata – Rata

Keterangan	Musim Barat	Musim Timur
Tinggi Gelombang Signifikan (m)	0.89	1.68
Periode Gelombang Rerata (s)	5.55	7.68

(Sumber : Olah Data, 2022)

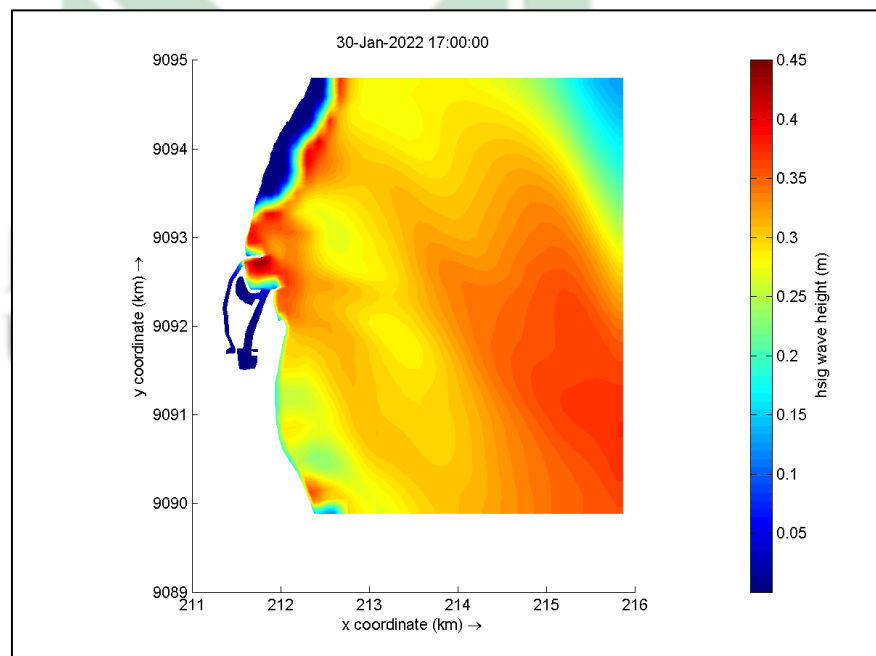
Dari hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang rerata (T_{avg}), didapatkan hasil nilai H_s pada musim timur lebih besar yakni dengan nilai 1.68 m dibandingkan dengan musim barat dengan nilai 0.89 m. Hal itu juga berlaku pada periode gelombang, pada musim timur cenderung lebih tinggi yakni dengan durasi 7.68 detik, sementara pada musim barat cenderung lebih rendah yakni dengan durasi 5.55 detik. Perbedaan tinggi dan periode gelombang pada musim tersebut diakibatkan oleh kecepatan angin pada musim timur cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan musim barat. Berdasarkan (Noya, 2009), musim yang ekstrim merupakan musim timur atau musim saat hujan mulai turun dimana saat terjadi musim ini, adanya perubahan cuaca dan tiupan angin diatas ambang normal. Hal ini tentunya menyebabkan energi gelombang yang terjadi saat musim timur akan lebih besar jika

dibandingkan dengan musim barat. Semakin kuat dan semakin lama angin berhembus, maka semakin besar pula gelombang yang akan terbentuk. Periode dan ketinggian gelombang dapat dibangkitkan oleh lamanya hembusan angin (D), kecepatan angin (U), *fetch* (F) dan arah angin (Nadia & Oktaviandra, 2019).

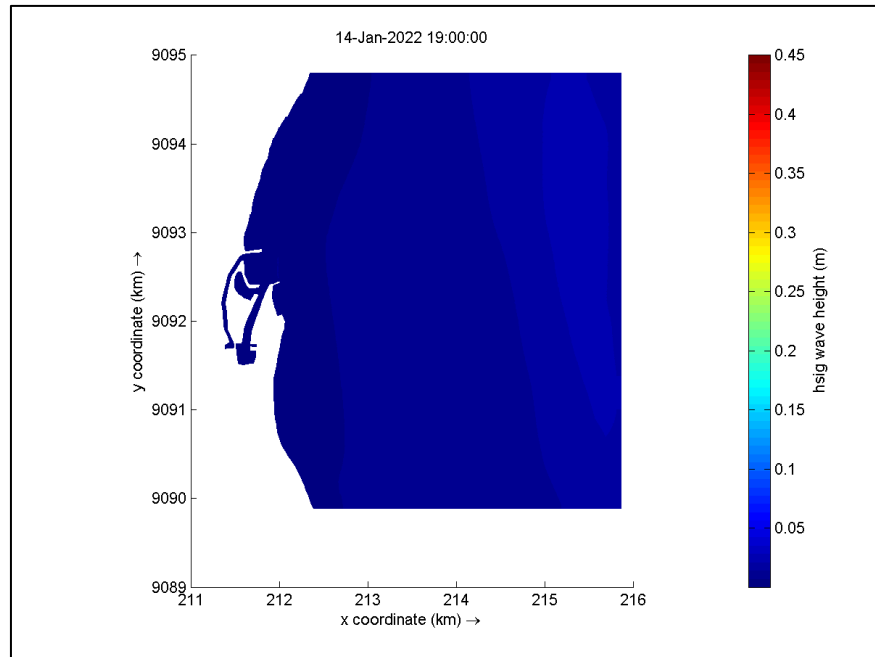
Pemodelan penyebaran atau penjalaran gelombang dilakukan menggunakan *software* Delft3D – Wave yang nantinya akan menampilkan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan arah penyebaran atau penjalaran gelombang. Tinggi gelombang signifikan akan ditampilkan dalam bentuk gradasi warna sesuai yang dilengkapi dengan keterangan ketinggian gelombang tersebut.

a. Musim Barat

Hasil dari pemodelan gelombang di wilayah perairan Pantai Boom Banyuwangi di kondisi eksisting saat pasang tertinggi dan surut terendah secara berturut – turut telah disajikan pada **Gambar 4. 16** dan **Gambar 4. 17** yakni sebagai berikut.



Gambar 4. 16 Gelombang Tertinggi Musim Barat

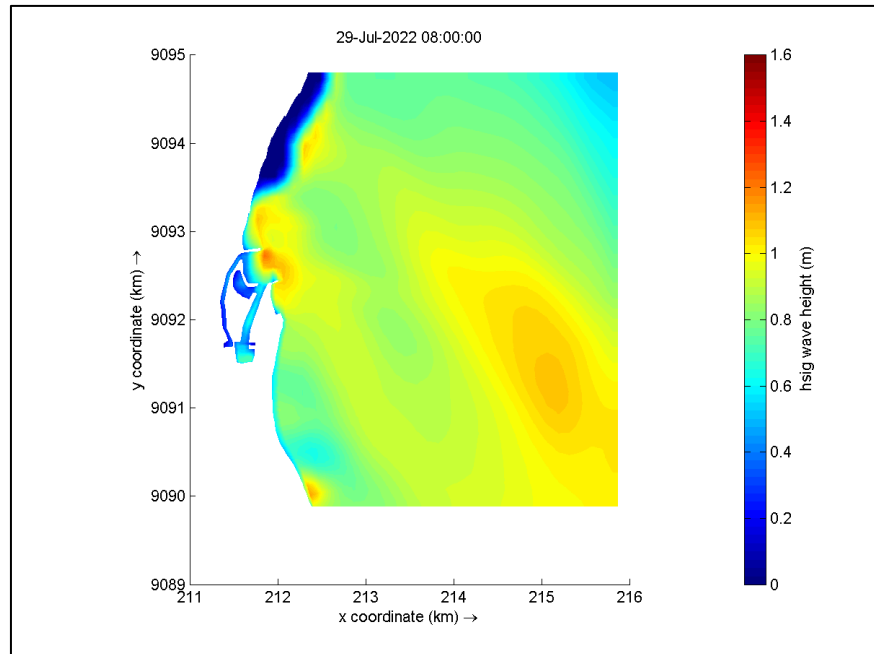


Gambar 4. 17 Gelombang Terendah Musim Barat

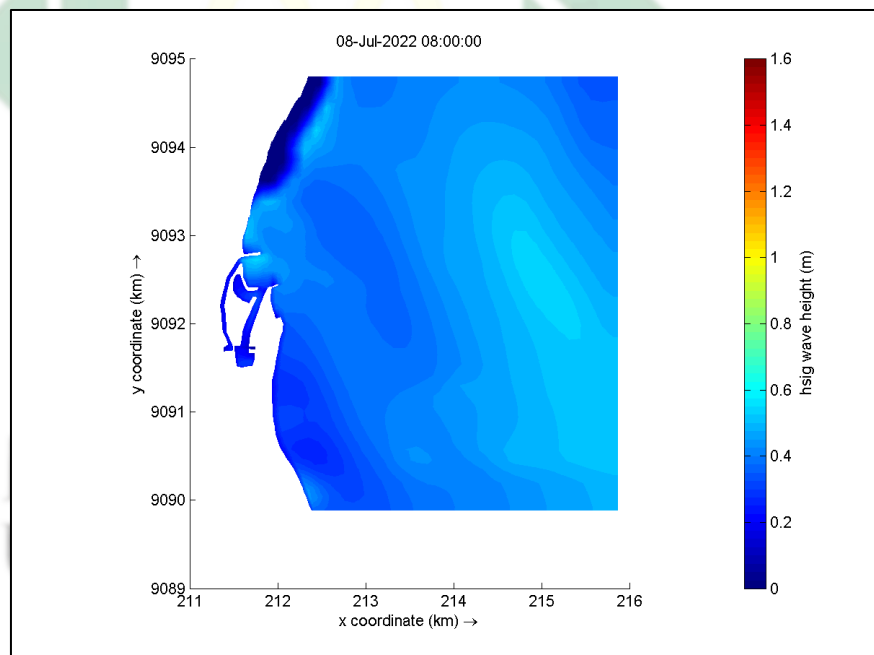
Meninjau pola hasil pemodelan gelombang yang terjadi pada musim barat dan terjadi di sekitar perairan Pantai Boom Banyuwangi, diketahui bahwa ketinggian gelombang yang terjadi saat musim barat yakni berkisar antara 0 – 0.4 m dengan arah datang gelombang dari selatan ke utara. Arah datang gelombang yang berasal dari arah selatan sesuai dengan pernyataan dari (Noya, 2009), dimana saat terjadi musim barat maka arah datang gelombang berkisar antara sudut $190^0 - 245^0$ dimana pada arah ini, mata angin yang mewakili adalah selatan – barat daya. Sehingga, arah datang angin pada musim timur yakni selatan telah masuk dalam kriteria yang sesuai.

b. Musim Timur

Hasil dari pemodelan gelombang di wilayah perairan Pantai Boom Banyuwangi di kondisi eksisting saat pasang tertinggi dan surut terendah secara berturut – turut telah disajikan pada **Gambar 4. 18** dan **Gambar 4. 19** yakni sebagai berikut.



Gambar 4. 18 Gelombang Tertinggi Musim Timur



Gambar 4. 19 Gelombang Terendah Musim Timur

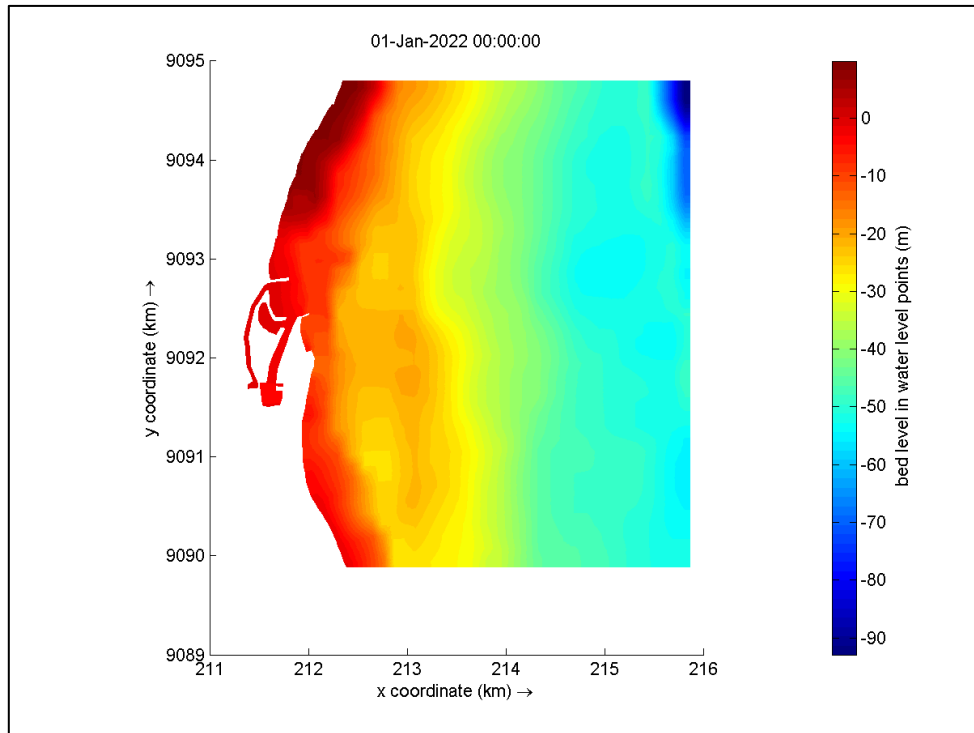
Meninjau pola hasil pemodelan gelombang yang terjadi pada musim barat dan terjadi di sekitar perairan Pantai Boom Banyuwangi, diketahui bahwa ketinggian gelombang yang terjadi saat musim timur yakni berkisar antara 0 – 1.2 m dengan arah datang gelombang dari tenggara ke barat laut. Begitu pula arah datang gelombang yang berasal dari arah selatan yang sesuai dengan pernyataan dari (Noya,

2009), dimana saat terjadi musim timur maka arah datang gelombang berkisar antara sudut $110^{\circ} - 165^{\circ}$ dimana pada arah ini, mata angin yang mewakili adalah timur – tenggara. Sehingga, arah datang angin pada musim timur yakni tenggara telah masuk dalam kriteria yang sesuai.

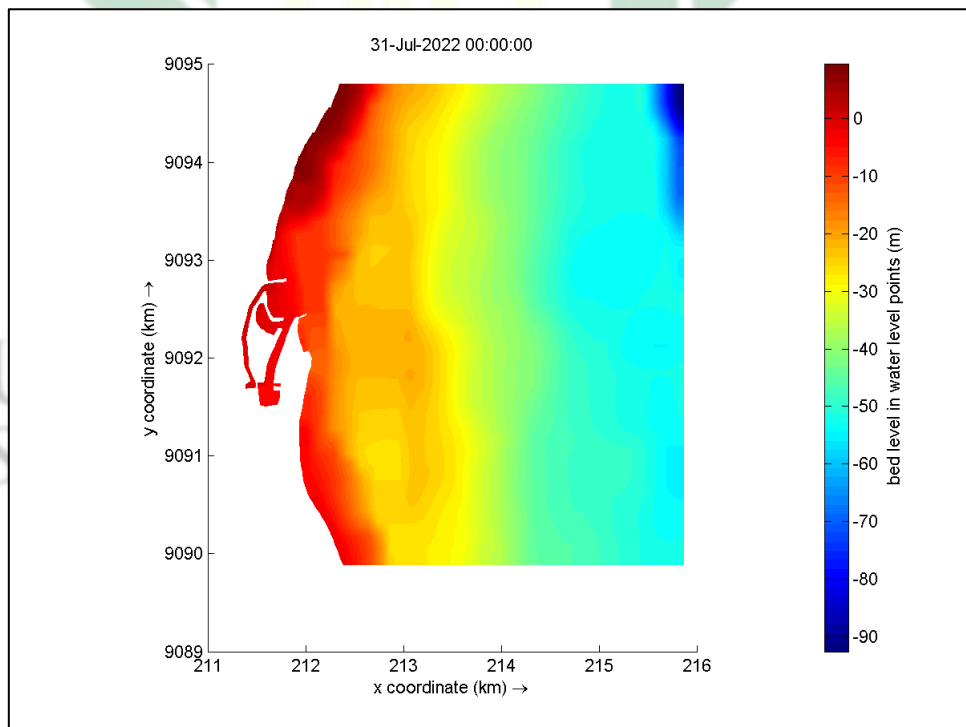
4.2.4 Perubahan Morfologi

Perubahan morfologi dasar laut dapat diakibatkan oleh beberapa factor diantaranya adalah factor arus dan pasang surut yang membantu dalam pengangkutan sedimen. Menurut (Pujiraharjo, Suharyanto, & Putra, 2017) untuk memahami bentuk respon dan perubahan morfologi yang terjadi, maka diperlukan analisis menggunakan pemodelan numeris. Morfologi dasar laut seharusnya memiliki bentuk yang sejajar dengan garis pantai (Sofiyani, Taofiqurrahman, Purba, & Salahuddin, 2012). Perubahan morfologi pantai dapat disebabkan oleh dua factor yakni factor eksternal berupa angin, arus, gelombang dan juga pasang surut serta factor internal berupa tipe sedimen, karakteristik sedimen dan juga lokasi sedimen tersebut berada.

Pemodelan perubahan morfologi dasar yang menggunakan factor skala morfologi 60 pada musim barat dan 60 pada musim timur dengan waktu pemodelan selama satu bulan. Dengan demikian di dapatkan hasil waktu simulasi selama 10 tahun. Adapun visualisasi skala warna kondisi kondisi morfologi dasar saat awal musim barat dan akhir musim timur seperti yang disajikan pada **Gambar 4. 20** dan **Gambar 4. 21** sebagai berikut.



Gambar 4. 20 Kondisi Kedalaman Awal

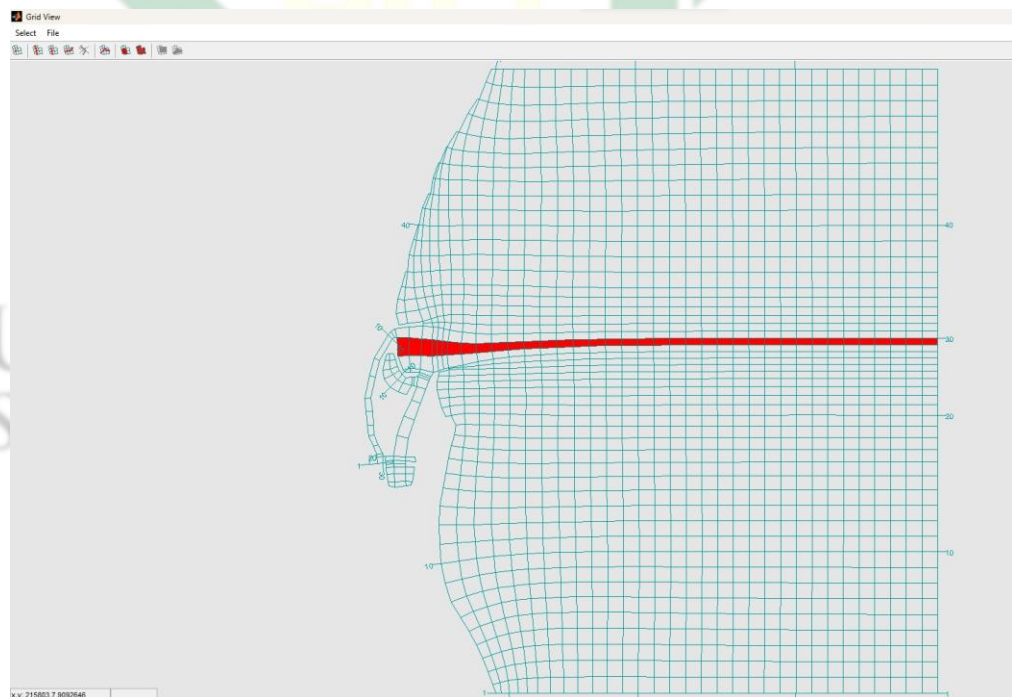


Gambar 4. 21 Kondisi Kedalaman Akhir

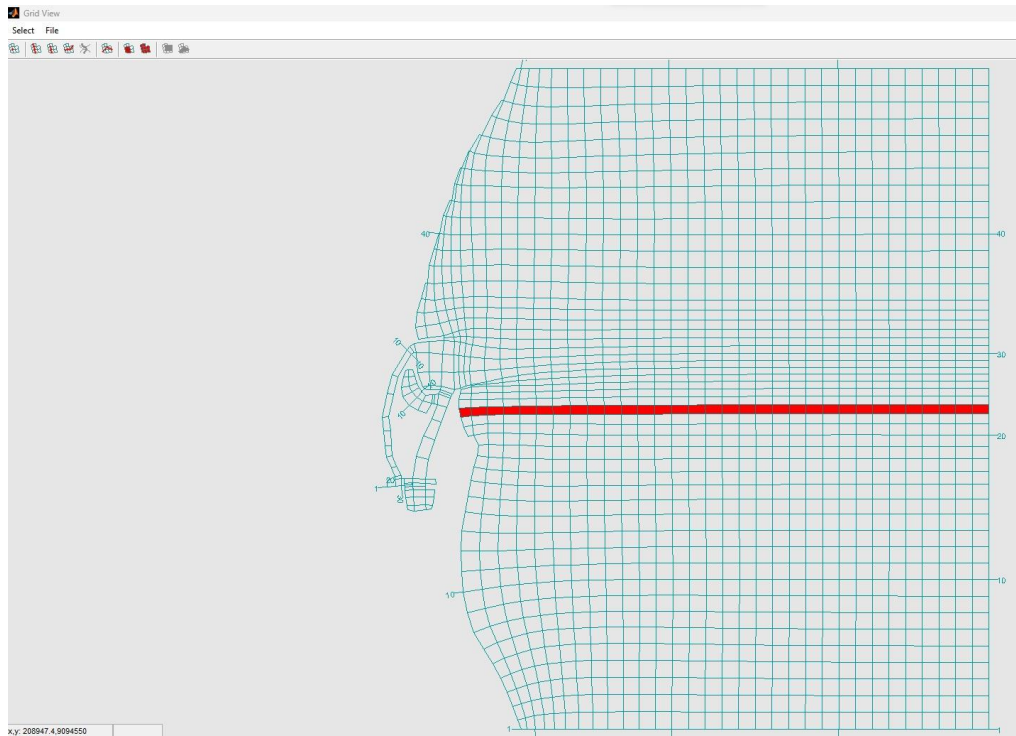
Berdasarkan gradasi warna yang telah ditampilkan pada **Gambar 4. 20** dan **Gambar 4. 21**, kedalaman perairan saat model awal di wilayah

kolam kapal memiliki warna merah dan di wilayah tebing yang dekat dengan laut lepas berwarna kuning. Hal ini mengindikasikan terjadi pendangkalan di kedua wilayah perairan tersebut. Pendangkalan ini dapat disebabkan oleh factor arus, pasang surut dan sedimentasi. Dapat diketahui, bahwa terjadi perbedaan kedalaman perairan saat terjadi musim barat dan musim timur yang tentunya membawa fluks sedimen ke wilayah pesisir perairan Pantai Boom, Banyuwangi.

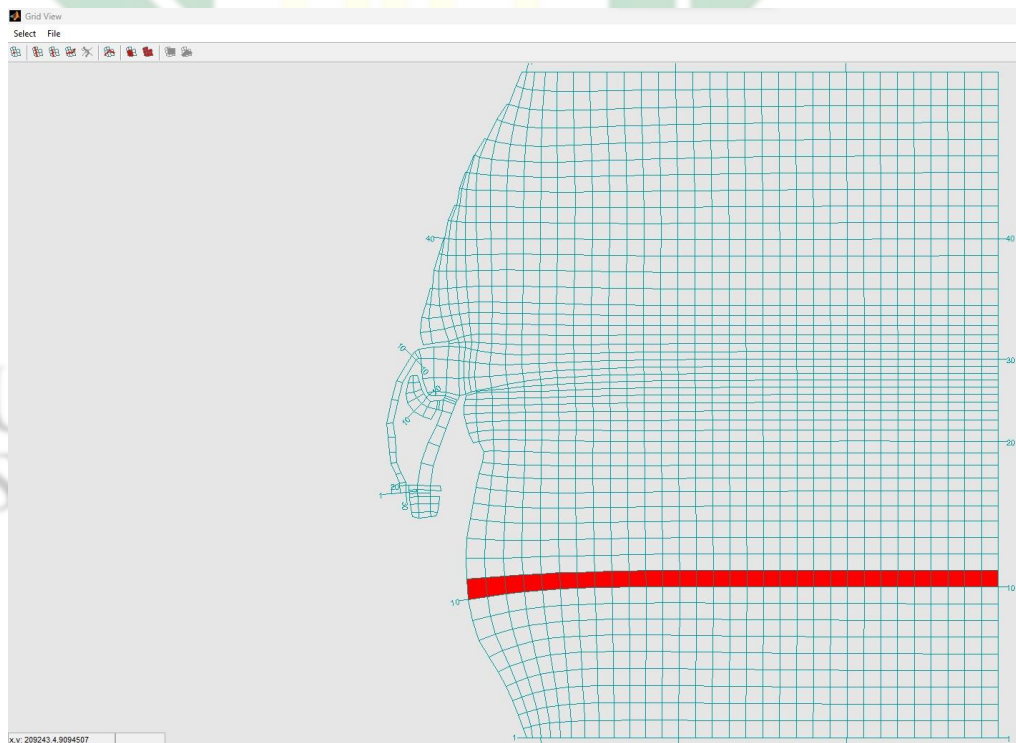
Pada perubahan morfologi dasar perairan yang terjadi di Pantai Boom Banyuwangi telah diwakili oleh tiga *cross section* yakni pada *cross section a – a'* yang merupakan wilayah rawan abrasi dan wilayah terjadinya kapal kandas berdasarkan pernyataan nelayan sekitar. Kemudian, pada *cross section b – b'* yang merupakan wilayah yang seringkali terpapar gelombang tinggi dari arah Selat Bali dan pada *cross section c – c'* yang merupakan kawasan mulut sungai. Tampilan *cross section* pada *software Delft 3D* yakni sebagai berikut.



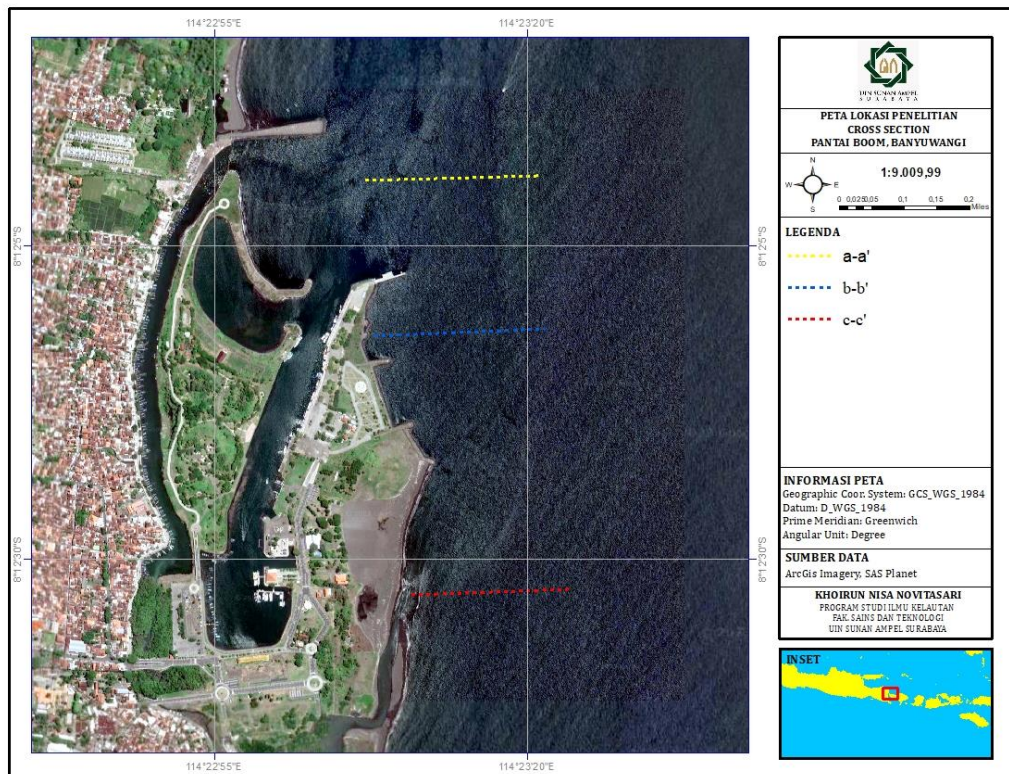
Gambar 4. 22 Tampilan Grid *Cross section a - a'*



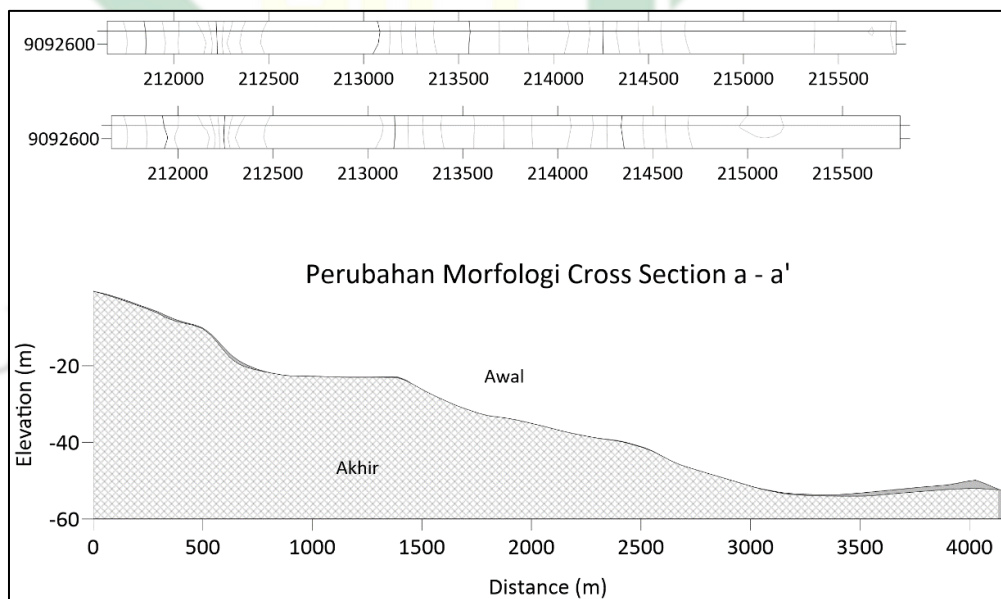
Gambar 4. 23 Tampilan Grid *Cross section b - b'*



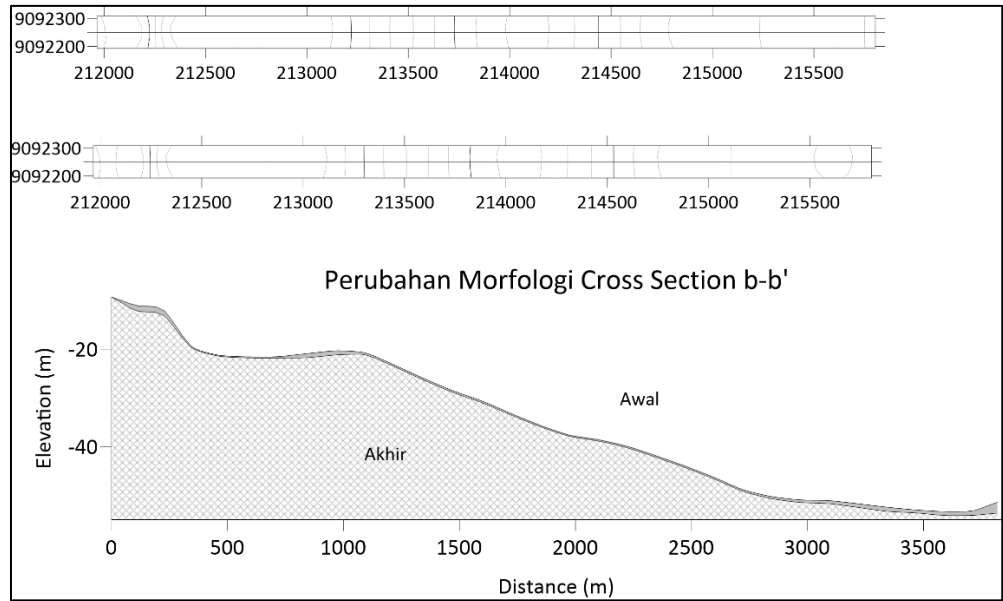
Gambar 4. 24 Tampilan Grid *Cross section c - c'*



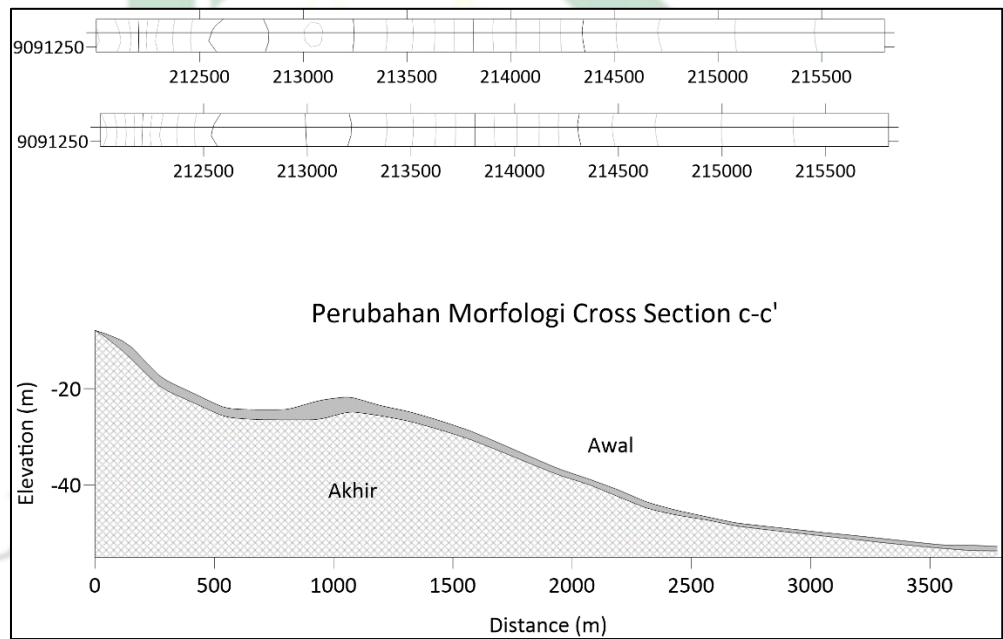
Gambar 4. 25 Titik *Cross section* di Sekitar Pantai Boom Banyuwangi



Gambar 4. 26 Grafik Perubahan Morfologi pada *Cross section* a - a'



Gambar 4. 27 Grafik Perubahan Morfologi pada Cross section b - b'



Gambar 4. 28 Grafik Perubahan Morfologi pada Cross section c - c'

Tabel 4. 10 Perubahan Morfologi Kondisi Awal dan Akhir di Pantai Boom Banyuwangi

Cross Section	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	Perubahan Morfologi 10 Tahun (m)	Perubahan Morfologi (m/bulan)	Rata - Rata Morfologi Dasar Kondisi Awal (m)	Rata - Rata Morfologi Dasar Kondisi Akhir (m)
a - a'	-3.477931023	-3.876799822	-0.398868799	-0.003323907	-11.96795285	-12.51061826
	-5.0563097	-5.348966122	-0.292656422	-0.002438804		
	-5.091216564	-5.350814342	-0.259597778	-0.002163315		
	-6.878360271	-8.032118797	-1.153758526	-0.009614654		
	-8.713852882	-8.930802345	-0.216949463	-0.001807912		
b - b'	-9.132094383	-8.80410099	0.327993393	0.002733278		
	-11.16164207	-12.18963242	-1.02799035	-0.008566586		
	-11.16207218	-12.13393879	-0.97186661	-0.008098888		
	-20.00846481	-20.03945732	-0.03099251	-0.000258271		
	-21.414711	-21.45450783	-0.03979683	-0.00033164		
c - c'	-4.519705772	-7.527733326	-3.008027554	-0.025066896		
	-9.865960121	-10.39748955	-0.531529429	-0.004429412		
	-18.08450317	-18.03007317	0.05443	0.000453583		
	-21.39143944	-21.33479691	0.05664253	0.000472021		
	-23.56102943	-24.20804214	-0.64701271	-0.005391773		

(Sumber : Olah Data 2022)

Perubahan morfologi dasar yang di dasarkan pada garis penampang melintang di setiap area perairan Pantai Boom Banyuwangi menggunakan data pasang surut selama satu bulan dan menggunakan factor skala morfologi 60 (10 tahun). Perubahan kedalaman laut atau dasar perairan dapat menjadi indikasi bahwa terjadi perubahan kedalaman selama simulasi sedang berlangsung. Pada hasil akhir running pemodelan telah diperoleh perbedaan seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 4. 21** diatas. Diketahui bahwa pada kondisi morfologi awal, pada ketiga titik *cross section* telah ditemukan perubahan morfologi. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diketahui bahwa pada *cross section* a – a' sebagian besar mengalami laju erosi dengan nilai antara -0.21694 m hingga -1.15375 m pada hasil model selama 10 tahun. Sementara itu pada perubahan morfologi setiap bulannya pada *cross section* a – a' memiliki nilai antara – 0.00180 m/bulan hingga – 0.00961 m/bulan. Pada *cross section* b – b' mengalami hal yang sama juga yakni di dominasi oleh laju erosi dengan durasi model selama 10 tahun, diketahui nilai perubahan morfologi pada *cross section* b – b' yakni antara – 1.02799 m hingga 0.32799 m. Sementara itu, perubahan morfologi setiap bulannya pada *cross section* b – b' memiliki nilai antara -0.02506 m/bulan hingga 0.00273 m/bulan. Terakhir pada *cross section* c – c' juga di dominasi oleh laju erosi dengan durasi model yakni selama 10 tahun dengan nilai antara -3.00802

m hingga 0.05443 m. Sementara itu, perubahan morfologi setiap bulannya pada *cross section* c – c' memiliki nilai yakni antara -0.02506 m/bulan hingga 0.00047 m/bulan. Hal ini juga membuktikan bahwa pada setiap titik *cross section* telah di dominasi oleh aktivitas abrasi atau penambahan kedalaman perairan. Perubahan kedalaman yang terjadi pada suatu perairan dapat berupa sedimentasi atau pendangkalan yang di indikasikan dengan nilai positif dan berupa erosi atau penambahan kedalaman yang di indikasikan dengan nilai negative (Pramulya, Prasetyawan, Satriadi, Indrayanti, & Ismanto, 2020). Selain itu, penyebab dari terjadinya abrasi yang menyebabkan perubahan morfologi pantai dikarenakan adanya aktivitas arus laut dan juga gelombang yang menyebabkan penggerusan pada wilayah daratan dan mengakibatkan terjadinya pengurangan pada wilayah daratan (Suwandana, 2019).

Tabel 4. 11 Kumulasi Sedimentasi dan Erosi Hasil Awal dan Akhir di Pantai Boom Banyuwangi

Cross Section	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	Kumulasi Sedimentasi 10 Tahun (m)	Laju Sedimentasi (m/bulan)
a - a'	0.0000259	-0.224737644	-0.224763544	-0.00187303
	0.0000123	-0.231822491	-0.231834791	-0.001931957
	0,0000109	-0.233670712	-0.233681612	-0.001947347
	0,000005722	-0.23402071	-0.234026432	-0.00195022
	0,0003252	-0.212841988	-0.213167188	-0.001776393
b - b'	0.0000124	0.326384544	0.326372144	0.002719768
	0.00000858	-0.104262352	-0.104270932	-0.000868924
	-0.000421524	-0.048568726	-0.048147202	-0.000401227
	-0.000341415	-0.019832611	-0.019491196	-0.000162427
	0.000268936	-0.062240601	-0.062509537	-0.000520913
c - c'	0.00001	0.108920097	0.108910097	0.000907584
	0.0000134	-0.083647728	-0.083661128	-0.000697176
	0.0000134	0.023296356	0.023282956	0.000194025
	0.0000534	-0.003213882	-0.003267282	-2.72274E-05
	0.0000343	-0.00995636	-0.00999066	-8.32555E-05

(Sumber : Olah Data 2022)

Berdasarkan hasil perhitungan pada kumulasi sedimentasi dan erosi yang terjadi pada Pantai Boom Banyuwangi diketahui bahwa pada setiap *cross section* memiliki dampak perubahan morfologi yang diakibatkan oleh

sedimentasi yang berbeda – beda. Hasil model dengan factor skala morfologi 60 (10 tahun). Pada *cross section* a – a' diketahui bahwa kumulasi sedimentasi dengan nilai tertinggi yakni sebesar – 0.21316 m dan nilai terendahnya yakni sebesar – 0.23402 m. Sementara itu laju sedimentasi yang terjadi pada *cross section* a – a' memiliki nilai tertinggi sebesar – 0.00195 m/bulan dan nilai terendahnya yakni sebesar – 0.00177 m/bulan. Pada *cross section* b – b' diketahui bahwa kumulasi sedimentasi dengan nilai tertinggi yakni sebesar 0.32637 m dan nilai terendahnya yakni sebesar – 0.10427 m. Sementara itu, laju sedimentasi yang terjadi pada *cross section* b – b' memiliki nilai tertinggi sebesar 0.00271 m/bulan dan nilai terendahnya yakni sebesar – 0.00086 m/bulan. Terakhir, pada *cross section* c – c' diketahui bahwa kumulasi sedimentasi dengan nilai tertinggi yakni sebesar 0.10891 m dan nilai terendahnya yakni sebesar – 0.00999 m. Sementara itu, laju sedimentasi yang terjadi pada *cross section* c – c' memiliki nilai tertinggi sebesar 0.00019 m/bulan dan nilai terendahnya yakni sebesar -0.00000325 m/bulan. Dapat diketahui bahwa dari hasil perhitungan perubahan morfologi yang diakibatkan oleh laju sedimentasi secara keseluruhan diketahui bahwa aktivitas abrasi yang paling dominan. Diketahui bahwa laju sedimentasi dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya yakni ukuran partikel sedimen dimana apabila ukuran partikel sedimen cenderung lebih besar maka laju sedimentasi juga semakin cepat jika dibandingkan dengan ukuran sedimen yang cenderung kecil. Densitas partikel juga memegang peranan penting dalam laju sedimentasi, dimana apabila terdapat partikel dengan densitas yang lebih tinggi maka akan menghasilkan gaya gravitasi yang lebih besar sehingga dapat menetap dengan kurun waktu yang lebih cepat (Ferguson & Church, 2004). Hal yang mempengaruhi ketebalan pada kumulasi sedimentasi terdapat beberapa hal, diantaranya yakni lokasi sedimentasi, jarak dari garis pantai dan lain sebagainya (Al'ala, Syamsidik, Hafli, & Fahmi, 2016).

Berdasarkan data yang telah tersaji pada **Tabel 4. 11** diketahui bahwa hasil perhitungan kumulasi sedimentasi di dominasi oleh aktivitas erosi. Selisih yang diberikan pada hasil rata – rata setiap *cross section* juga

berbeda – beda dimana hal ini dapat disebabkan oleh aktivitas turbulensi arus dan adanya pengaruh gelombang serta kelandaian suatu pantai dapat memiliki pengaruh pada tingkat kestabilan pantai akibat erosi maupun sedimentasi. Hal tersebut juga dapat menjadi salah satu factor yang dapat mengangkut sedimen (Siburian, Rifardi, & Tanjung , 2020). Terdapat beberapa faktor penting yang mendukung terjadinya proses erosi dan juga sedimentasi diantaranya seperti kerapatan massa, distribusi dan ukuran partikel sedimen, kecepatan endap dan lain sebagainya. Terjadinya erosi pada area ini dapat disebabkan oleh adanya arus yang mengangkut material sedimen untuk berpindah serta mengendap, dimana pada wilayah laut sendiri memiliki kecepatan arus yang cenderung lebih besar dan tentunya hal ini meningkatkan pengangkutan sedimen ke wilayah lain dan ukuran sedimen yang lebih besar justru mengendap dan terakumulasi dikarenakan kecepatan arus juga menurun (Pramulya, Prasetyawan, Satriadi, Indrayanti, & Ismanto, 2020).



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Perubahan garis pantai yang terjadi di sekitar wilayah pesisir Pantai Boom Banyuwangi berdasarkan hasil digitasi yang dilakukan pada software ArcGIS, diketahui didominasi oleh abrasi. Luasan total abrasi yang terjadi selama tahun 2017 – 2022 yakni mencapai 306.506 m² dengan rata – rata luasannya yakni 61.301,2 m². Sementara itu, jika dibandingkan dengan luasan akresi, luasan totalnya mencapai 259.647 m² dengan rata – rata luasannya yakni 51.929,4 m² selama 5 tahun terakhir. Panjang garis pantai pada tahun 2017 yakni 9.50 km, tahun 2018 yakni 10.39 km, tahun 2019 yakni 11.02, tahun 2020 yakni 11.01 km, tahun 2021 yakni 10.99 km dan tahun 2022 yakni 10.95 km.
2. Simulasi perubahan morfologi dasar perairan yang terjadi di sekitar wilayah pesisir Pantai Boom Banyuwangi yang menggunakan faktor skala morfologi 60 (10 tahun) terlihat terjadi erosi pada setiap *cross section*. Rata – rata kondisi morfologi dasar perairan saat kondisi awal (musim barat) yakni sebesar -11.967 m. Sementara itu, rata – rata kondisi morfologi dasar perairan saat kondisi akhir (musim timur) yakni sebesar -12.510. Hal ini membuktikan adanya penambahan kedalaman pada dasar perairan Pantai Boom Banyuwangi.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan sebagai bahan pertimbangan dan studi lebih lanjut pada penelitian berikutnya adalah :

1. Perlu tersedianya data sedimen di lokasi penelitian untuk memperoleh hasil pemodelan pergerakan sedimen dengan lebih akurat.
2. Perlu tersedianya data debit sungai di sekitar lokasi penelitian untuk mengetahui laju sedimentasi yang berlangsung di sekitar wilayah sungai dan untuk memperoleh hasil pemodelan yang lebih akurat.

3. Perlu dilakukan tinjauan langsung ke lapangan untuk mengetahui adanya perubahan garis pantai



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- A.P., & Basri, N. (2018). STUDI LAJU SEDIMENTASI BAGIAN HILIR SUNGAI SADDANG. *SKRIPSI*.
- Abdallah, N., Djunarsjah, E., & Wisyantono, D. (2016). Penentuan Signifikansi Garis Pantai Lowest Astronomical Tide pada Peta Dasar Kelautan Berdasarkan Variasi Panjang Periode Pengamatan. *ITB Indonesian Journal of Geospatial*, 35 - 50.
- Abrianto, F., & Jaelani, L. (2016). Evaluasi Pengukuran Angin dan Arus Laut pada Data Sentinel - 1, Data BMKG dan Data In - Situ (Studi Kasus : Perairan Tenggara Sumenep). *JURNAL TEKNIK ITS*.
- Aini, Z., Saroh, S., & Krisdianto, D. (2021). PENGARUH ELECTRONIC WORD OF MOUTH TERHADAP MINAT BERKUNJUNG DAN KEPUTUSAN BERKUNJUNG. *JIAGABI*, 132 - 139.
- Al'ala, M., Syamsidik, Hafli, T., & Fahmi, M. (2016). Morphological changes and Tsunami Deposits Studies Around Nothern Part of Sumatra Island, Indonesia. *International Ocean and Polar Engineering Conference* (pp. 791 - 795). Banda Aceh: International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE).
- Alfaisal, Syamsidik, & Masimin. (2017). KAJIAN POLA SEBARAN SEDIMEN PADA SALURAN BANJIR SUNGAI KRUENG ACEH. *Jurnal Teknik Sipil*, 283 - 296.
- Alfian, R. (2021, Agustus Rabu). *Tahun 2025 Garis Pantai di Banyuwangi Diprediksi Berubah akibat Perubahan Iklim*. Retrieved from timesindonesia.co.id:
<https://www.timesindonesia.co.id/read/news/362413/tahun-2025-garis-pantai-di-banyuwangi-diprediksi-berubah-akibat-perubahan-iklim>
- Arizal. (2011). Pemodelan Numerik Perubahan Morfologi Dasar Pantai Singkil dengan Menggunakan Delft3D. *TGA*.
- Ayu, S. (2020). Pengukuran Batimetri untuk Perencanaan Pengerukan Kolam Pelabuhan Peti Kemas Pelabuhan Peti Kemas Belawan Sumatera Utara. *Indonesian Journal of Oceanography*.
- Budiman, M., Mawardi, M., & Hakim, L. (2017). IDENTIFIKASI POTENSI DAN PENGEMBANGAN PRODUK WISATA SERTA KEPUASAN WISATAWAN TERHADAP PRODUK WISATA (Studi Kasus di Pantai Bangsring, Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Administrasi Bisnis*.
- Damayanti, K. (2013). Dampak Abrasi Pantai terhadap Lingkungan Sosial (Studi Kasus di Desa Bedono, Sayung Demak). *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 363 - 367.

- DELFT 3D. (2020). *FUNCTIONAL SPECIFICATION*.
- DELFT 3D. (2020). *RFGRID*. Deltares.
- Diansari, R. (2014). ANALISIS PERHITUNGAN MUATAN SEDIMEN (SUSPENDED LOAD) PADA MUARA.
- Dinata, A., Murdyastuti, A., & Azhari, A. (2018). KOLABORASI PENGEMBANGAN DESTINASI WISATA PANTAI BOOM BANYUWANGI. *Kolaborasi Pengembangan Destinasi Wisata Pantai Boom Banyuwangi*.
- Effendi, d. (2013). Efektivitas Struktur Penahan Pasir dalam Perubahan Arus di Perairan Pantai Nusa Dua Bali. *Pusat Litbang Sumber Daya Air*.
- Fadilah, Suripin, & Sasongko, K. (2014). Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 1 - 12.
- Fahmi, M., & Hafli, T. (2019). SIMULASI NUMERIK PERUBAHAN MORFOLOGI PANTAI AKIBAT KONSTRUKSI JETTY PADA MUARA LAMBADA LHOK ACEH BESAR MENGGUNAKAN SOFTWARE DELFT 3D. *Jurnal Teknik Sipil*, 50 - 59.
- Fauzi, A., & Muliati, Y. (2021). Peramalan Gelombang dengan Metode SPM dan Darbyshire yang Divalidasi dengan Data Altimetri di Pantai Monse, Pulau Wowonii Sulawesi Tenggara. *Seminar Nasional dan Disemiasi Tugas Akhir 2021*.
- Ferguson, R., & Church, M. (2004). A Simple Universal Equation for Grain Settling Velocity. *Journal of Sedimentary Research*, 933 - 937.
- FLOW. (2020). *DELFT 3D*. Deltares.
- Flow, D. (2020). 3D/2D Modelling Suite For Integral Water Solutions. *Deltares*.
- Guagrilia, A., Buonamassa, A., Losurdo, A., Saladino, R., Trivigno, M., & Zaccagino, A. (2006). A MULTISOURCE APPROACH FOR COASTLINE MAPPING AND IDENTIFICATION OF SHORELINE CHANGES. *ANNALS OF GEOPHYSICS*, 295 - 304.
- Halim, H., Halili, H., & Afu, L. (2019). Studi Perubahan Garis Pantai dengan Pendekatan Penginderaan Jauh di Wilayah Pesisir Kecamatan Soropia. *Sapa Laut*, 24 - 31.
- Halim, Hailili, & Afu, L. (2016). STUDI PERUBAHAN GARIS PANTAI DENGAN PENDEKATAN PENGINDERAAN JAUH DI WILAYAH PESISIR KECAMATAN SOROPIA. *Sapa Laut*, 24 - 31.

- Hatta, M., Thaha, A., & Dharmawan, A. (2018). PENGARUH KONDISI HIDRODINAMIKA PANTAI TAROWANG TERHADAP PENENTU TIPE PENGAMAN PANTAI. *Jurnal Keteknikan dan Sains*.
- Herwanda, A. (2016). *ANALISIS AKURASI CITRA MODIS DAN CITRA LANDSAT 8 MENGGUNAKAN ALGORITMA NORMALIZED BURN RATIO UNTUK PEMETAAN AREA TERBAKAR*. SURABAYA: JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA ITS.
- Irawan, S., Fahmi, R., & Roziqin, A. (2018). Kondisi Hidro - Oseanografi (Pasang Surut, Arus Laut dan Gelombang) Perairan Nongsa Batam. *Jurnal Kelautan : Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 56 - 58.
- Irsyad, K. (2017). *MODUL PENGETAHUAN TEKNIK PANTAI*. Badan Pengembangan Sumberdaya Manusia Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumberdaya Air dan Konstruksi.
- Istiqomah , F., Sasmito, B., & Amarrohman, F. (2016). PEMANTAUAN PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN APLIKASI DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM (DSAS) STUDI KASUS : PESISIR KABUPATEN DEMAK. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 78 - 81.
- Kementrian Dalam Negeri. (2012). *Lampiran Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor : 76 Tahun 2012 TentNG Pedoman Penegasan Batas Daerah*. Jakarta.
- Kuswartono, Sulistiya, B., Isnugroho, & Fatchan, A. (2021). PREDIKSI TINGGI GELOMBANG BERDASARKAN CERC (SPM 1984) DI PANTAI BARU, BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA. *Dinamika Teknik Sipil*, 1 - 7.
- LAPAN. (2015). *Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 untuk MPT*. Jakarta: LAPAN.
- Lubis, A., Veronica , M., Saputra , R., Sinaga, J., Hasanudin, M., & Kusmanto, E. (2020). INVESTIGASI ARUS SEJAJAR PANTAI (LONGSHORE CURRENT) DI DAERAH ABRASI BENGKULU UTARA. *JURNAL KELAUTAN TROPIS*, 316 - 324.
- Mas'Udi, O. (2018). STUDI PERENCANAAN RETAINING WALL DI PANTAI BOOM KABUPATEN BANYUWANGI. *SKRIPSI*.
- Mawardi. (2016). INOVASI MENGATASI PENDANGKALAN PELABUHAN TAPAK PADERI KOTA BENGKULU. *Inersia*.
- Nadia, F., & Oktaviandra, Y. (2019). Analisis Karakteristik Gelombang Laut menggunakan Software Windwave - 12 (Studi Kasus : Kepulauan Mentawai). *Jurnal Oseana*, 10 - 24.

- Nadia, P., Ali, M., & Besperi. (2013). PENGARUH ANGIN TERHADAP TINGGI GELOMBANG PADA STRUKTUR BANGUNAN BREAKWATER DI TAPAK PADERI KOTA BENGKULU. *Jurnal Inersia*.
- Nahdhliyah, H. (2017). Kombinasi Band Landsat - 8 Oli/Tirs untuk Memetakan Kondisi Ekosistem Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru, Banjarbaru. *SKRIPSI*.
- Noya, Y. (2009). ESTIMASI ENERGI GELOMBANG PADA MUSIM TIMUR DAN MUSIM BARAT DI PERAIRAN PANTAI DESA TAWIRI, TELUK AMBON BAGIAN LUAR. *Jurnal TRITON*, 43 - 49.
- Nugraha, W., Maulana, M., Wardoyo, W., & Negara, S. (2021). Analisis Sensitifitas Kecepatan Rata - Rata Kedalaman dan Tinggi Muka Air terhadap Parameter Masukan Setting Model pada Saluran Berbelok 180 derajat dengan Menggunakan Program Bantu Delft 3D. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* , 73 - 80.
- Pasomba', T., Jasin, M., & Jansen, T. (2019). ANALISIS PASANG SURUT PADA DAERAH PANTAI TOBOLOLO KELURAHAN TOBOLOLO KOTA TERNATE PROVINSI MALUKU UTARA. *Jurnal Sipil Statik*, 1515 - 1526.
- Permadi, Y., & Murinto. (2015). APLIKASI PENGOLAHAN CITRA UNTUK IDENTIFIKASI KEMATANGAN MENTIMUN BERDASARKAN TEKSTUR KULIT BUAH MENGGUNAKAN METODE EKSTRAKSI CIRI STATISTIK. *JURNAL INFORMATIKA*, 9(1).
- Poerbandono. (1989). *Hidrografi Dasar*. Bandung: Jurusan Teknik Geodesi ITB.
- Poerbandono, & Djunarsyah, E. (2005). *Survei Hidrografi*. Bandung Indonesia: PT.Refika Aditama.
- Poerbandono, D. (2005). *Survey Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Prakoso, T. (2016). PEMANFAATAN CITRA LANDSAT 8 UNTUK PRAKIRAAN PERUBAHAN GARIS PANTAI SECARA TEMPORAL ANTARA PERAIRAN BOOM DAN SELAT BALI. *SKRIPSI*.
- Pramulya, A., Prasetyawan, I., Satriadi, A., Indrayanti, E., & Ismanto, A. (2020). Pemodelan Perubahan Dasar Perairan (Bed Level Change) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*.
- Pujiraharjo, A., Suharyanto, A., & Putra, S. (2017). SIMULASI NUMERIS PERUBAHAN MORFOLOGI DASAR LAUT PADA DESAIN PELABUHAN DI KABUPATEN GRESIK, INDONESIA. *Jurnal Teknik Pengairan*, 130 - 138.
- Purhantarto, L., Danoedoro, P., & Wicaksono, P. (2019). KAJIAN TRANSFORMASI INDEKS VEGETASI CITRA SATELIT SENTINEL-

2A UNTUK ESTIMASI PRODUKSI DAUN KAYU PUTIH MENGGUNAKAN LINEAR SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, 47-70.

Putra, F., & Pratomo, D. (2019). Analisis Arus dan Transpor Sedimen menggunakan Pemodelan Hidrodinamika 3 Dimensi (Studi Kasus : Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku). *Jurnal Teknik ITS*.

QUICKIN. (2020). *DELFT 3D*. Deltares.

Rachman, H., Hendrawan, I., & Putra, I. (2016). STUDI TRANSPOR SEDIMEN DI TELUK BENOA MENGGUNAKAN PEMODELAN NUMERIK. *Jurnal Kelautan*, 144 - 154.

Ramdhan, M. (2011). KOMPARASI HASIL PENGAMATAN PASANG SURUT DI PERAIRAN PULAU PRAMUKA DAN KABUPATEN PATI DENGAN PREDIKSI PASANG SURUT TIDE MODEL DRIVER.

Rantung, M., Binilang, A., Wuisan, E., & Halim, F. (2013). ANALISIS EROSI DAN SEDIMENTASI LAHAN DI SUB DAS PANASEN KABUPATEN MINAHASA. *Jurnal Sipil Statik*, 309 - 317.

RFGRID. (2020). *DELFT3D*. Deltares.

Rizkiyah, T. (2009). *Analisis Keefektifan Hutan Mangrove dan Pemecah Gelombang terhadap Gelombang Tsunami dengan Software Delft3D di Pantai Banda Aceh dan Aceh Besar*. Banda Aceh: Fakultas Teknik Unsyiah, Banda Aceh.

Rompas, N., Jasin, M., & Tawas, H. (2022). ANALISIS PASANG SURUT DI PANTAI MAHEMBANG KECAMATAN KAKAS KABUPATEN MINAHASA PROVINSI SULAWESI UTARA. *Jurnal Sipil Statik*, 63 - 68.

Santoso, F. (2011). ANALISIS PERBANDINGAN METODE NUMERIK DALAM MENYELESAIKAN PERSAMAAN - PERSAMAAN SERENTAK. *Jurnal Widya Warta*.

Sasmito, G. (2017). Penerapan Metode Waterfall pada Desain Sistem Informasi Geografis Industri Kabupaten Tegal. *Jurnal Informatika : Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, 2(1), 6 - 12.

Sasoeng, A., Sentinuwo, S., & Rindegan, Y. (2018). Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Potensi Sumber Daya Alam di Kabupaten Talaud Berbasis Web . *Jurnal Teknik Informatika*.

Setianingrum, D. (2014). Analisis Kesesuaian Lahan Tambak menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kecamatan Brangsong, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah). *SKRIPSI*.

Setyawan, F., Sari, W., & Aliviyanti, D. (2021). ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN DIGITAL SHORELINE ANALYSIS

SYSTEM DI KECAMATAN KUALA PESISIR, KABUPATEN NAGAN RAYA, ACEH. *Journal of Fisheries and Marine Research* , 368 - 377.

- Short, D. (1999). *Handbooks of Beach & Shoreface Morphology*.
- Siahaan, D., Ismanto, A., Atmodjo, W., Widiaratih, R., & Kunarso. (2021). Simulasi Arus 2 Dimensi di Pantai Marina Boom Banyuwangi. *Indonesian Journal of Oceanography*.
- Siburian, H., Rifardi, & Tanjung , A. (2020). Pengaruh Perubahan Garis Pantai Pantai terhadap Implementasi Hukum Laut di Kecamatan Rangsang Barat Kabupaten Meranti. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 53 - 63.
- Sofiyani , I., Taofiqurrahman, A., Purba, N., & Salahuddin, M. (2012). ANALISIS PERUBAHAN GEOMORFOLOGI DASAR LAUT AKIBAT PENAMBANGAN PASIR LAUT DI PERAIRAN TIMUR PULAU KARIMUN BESAR PROVINSI KEPULAUAN RIAU. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 327 - 336.
- Solihudin, T. (2011). KARAKTERISTIK PANTAI DAN PROSES ABRASI DI PESISIR PADANG PARIAMAN, SUMATERA BARAT. *Jurnal Globe*, 113 - 121.
- Sulaiman, A., & S. (2008). *Pendahuluan Geomorfologi Pantai Kuantitatif*.
- Supriyadi, Nurin Hidayati, & Andik Isdianto. (2017). Analisis Sirkulasi Arus Laut Permukaan dan Sebaran Sedimen Pantai Jabon Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. . *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan III, Universitas Trunojoyo Madura*.
- Surinati, D. (2007). PASANG SURUT DAN ENERGINYA. *Oseana*, 15 - 22.
- Suryani, D., Jumarang, M., & Apriansyah. (2016). PERBANDINGAN KECEPATAN ARUS PASANG SRUUT DI BEBERAPA LOKASI DI PANTAI BARAT KALIMANTAN BARAT. *PRISMA FISIKA*, 45 - 49.
- Suryono, Ambariyanto, Munasik, Sugianto, D., Ario, R., Pratiko, I., . . . Anggita, T. (2021). Hidrodinamika Gelombang pada Terumbu Karang di Pulau Panjang, Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 307 - 318.
- Suwandana, E. (2019). Pemanfaatan data Google Earth Resolusi Spasial Tinggi untuk Pemanfaatan Perubahan Morfologi Pantai. *Jurnal Ilmu - Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 193 - 206.
- Svendsen, I. (1984). Mass Flux and Undertow in a Surf Zone. *Coastal Engineering*, 347 - 366.
- Tanto, T. (2016). KARAKTERISTIK OSEANOGRAFI FISIK (BATIMETRI, PASANG SURUT, GELOMBANG SIGNIFIKAN DAN ARUS LAUT) PERAIRAN TELUK BUNGUS KOTA PADANG. *JURNAL KELAUTAN*.

- Triatmodjo, B. (1996). *Teknik Pantai (Beta Offse)*.
- Triatmodjo, B. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*.
- Utomo, C., & Prasetyo, A. (2018). *PENGEMBANGAN PARIWISATA YANG BERKELANJUTAN : INOVASI, TEKNOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL*. JEMBER: UPT PERCETAKAN DAN PENERBIT.
- Wakkary, A., Jasin, M., & Dundu, A. (2017). STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG PADA DAERAH PANTAI DESA KALINAUNG KABUPATEN MINAHASA UTARA. *Jurnal Sipil Statik*, 167 - 174.
- Wibosono, M. (2005). *Pengantar Ilmu Kelautan*. Jakarta: Grasindo.
- Winasis, E. (2018). Pemantauan Perubahan Garis Pantai dengan Interpretasi Citra dan Digital Shoreline Analysis System (DSAS) (Studi Kasus : Pesisir Kabupaten Kulon Progo). *Doctoral Dissertation*, 1 - 10.
- Yoganda, M., Hendri, A., & Suprayogi, I. (2019). KAJIAN PASANG SURUT DENGAN METODE LEAST SQUARE DI PERAIRAN KABUPATEN BENGKALIS. *Jom FTEKNIK*.
- Zuriat , D. (2020). PEMODELAN HIDRODINAMIKA DAN SEDIMENTASI PADA PERENCANAAN DERMAGA DI PPI API - API KALIMANTAN TIMUR. *SKRIPSI*, Institut Teknologi Nasional Bandung.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A