

## DETEKSI PERUBAHAN GARIS PANTAI KECAMATAN JENU, KABUPATEN TUBAN DAN KAITANNYA DENGAN FAKTOR HIDRO-OSEANOGRAFI

Ryan Iqro Mahameru<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Kota Malang, 65145, Indonesia

Article history

Received : 23 April 2021

Revised: 27 April 2021

Accepted : 30 Juni 2021

\*Corresponding author

Ryan Iqro Mahameru

Email : ryanmahameru26@gmail.com

### Abstrak

Pesisir Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban memiliki beberapa aset penting yang dapat dijumpai, berupa pelabuhan khusus dan Terminal Wisata Laut Kambang Putih Tuban. Keberadaan fasilitas ini sangat bergantung pada struktur bangunan *Jetty* dan *Breakwater*, dimana struktur bangunan pelindung pantai ini memiliki dampak terhadap pola pergerakan sedimen di sekitar pantai dan mempengaruhi laju perubahan garis pantai. Metode yang digunakan adalah analisis data sekunder, meliputi data angin dan gelombang dari laman Copernicus, data pasang surut dari BIG (Badan Informasi Geospasial), dan data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS dari USGS (*United States Geological Survey*) yang diolah dengan metode DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Dalam kurun waktu 6 tahun (2015 – 2020), pesisir Kecamatan Jenu cenderung mengalami akresi rata-rata sebesar 12,15 m/thn. Angin yang berpengaruh besar terhadap pembentukan gelombang adalah angin dari arah Timur dan Tenggara dengan kecepatan dominan 3,6 – 8,8 m/s. Gelombang yang memiliki dampak paling besar terjadi pada setiap musim barat dan timur dengan ketinggian antara 0,36 – 0,84 m dan periode antara 3,40 – 4,60 s. Faktor pasang surut memiliki dampak yang minim karena pada data citra satelit, kondisi setiap tahunnya memiliki kesamaan yaitu surut dengan selisih ketinggian muka air laut 79 cm.

**Kata Kunci** : Abrasi; Akresi; DSAS; Garis Pantai; Hidro-Oseanografi

### Abstract

*The coastal area of the Jenu District, Tuban Regency has several important assets that can be found, e.g. a special port and the Kambang Putih Tuban Marine Tourism Terminal. The method used is secondary data analysis, including wind and wave data from the Copernicus website, tidal data from BIG (Geospatial Information Agency), and Landsat 8 OLI / TIRS satellite imagery data from USGS (United States Geological Survey) that is processed using the DSAS method (Digital Shoreline Analysis System). In 6 years (2015 - 2020), the coast of the Jenu District tends to take place of accretion, which is an average of 12.15 m/year. The wind that has a big influence on wave formation is the Eastern and Southeastern wind with a dominant speed of 3.6 - 8.8 m/s. The waves that have the greatest impact, occur in each West and East monsoon with a height between 0.36 - 0.84 m and a period between 3.40 - 4.60 s. The tidal factor has a minimal impact considering the acquisition data, the tidal conditions in each year have the same condition, i.e. low tide with a difference in sea level of 79 cm.*

**Keywords** : Abration; Accretion; DSAS; Shoreline; Hydro-Oceanography

## **PENDAHULUAN**

Pantai merupakan sebuah kenampakan geografis yang terdapat pada daerah pesisir. Kawasan pantai menjadi pembatas antara darat dan laut, dimana terjadi interaksi antara faktor hidro-oseanografi dan pengaruh daratan, sehingga pantai menjadi salah satu daerah yang dinamis terhadap adanya suatu perubahan, salah satunya adalah perubahan garis pantai. Garis pantai adalah sebuah batas pertemuan antara daratan dan perairan yang mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Garis pantai mempunyai bentuk yang bervariasi dan bersifat dinamis yang membuat posisinya dapat mengalami perubahan secara terus menerus (Isdianto et al., 2020). Proses perubahan garis pantai diakibatkan oleh faktor pengikisan / abrasi dan penambahan / akresi (Arief et al., 2011).

Akresi dan abrasi pantai terjadi akibat adanya masukan sedimen dari daratan ke wilayah pesisir serta adanya pengaruh faktor hidro-oseanografi meliputi gelombang dan arus yang mengangkut sedimen. Sehingga apabila laju pergerakan sedimen melebihi kemampuan arus dan gelombang yang mambawanya, maka akan terjadi sedimentasi. Sebaliknya, apabila laju sedimen lebih kecil daripada kecepatan arus dan besar gelombang dari laut, maka akan terjadi abrasi (Fuad et al., 2019).

Terjadinya perubahan garis pantai menunjukkan bahwa diperlukan adanya suatu pemantauan atau deteksi perubahan secara berkala. Pemantauan terhadap perubahan garis pantai sangat diperlukan dalam perencanaan bangunan pelindung pantai, mengetahui kerusakan di kawasan pesisir, dan sebagai acuan dalam pembuatan suatu kebijakan pengembangan dan pengelolaan wilayah pesisir (Hidayati, 2017). Deteksi terhadap perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan menggunakan citra satelit yang bersifat multi temporal. Karena bersifat multi temporal, maka ketersediaan data juga cukup melimpah. Sehingga data citra satelit dapat memudahkan dalam melakukan

pengamatan perubahan garis pantai (Suniada, 2015)

Pesisir Kabupaten Tuban khususnya Kecamatan Jenu memiliki beragam aset penting, meliputi Pelabuhan Khusus PT. Semen Indonesia, Pelabuhan Khusus PLTU Tanjung Awar-Awar, Pelabuhan Khusus PT. TPPI (*Trans Pacific Petrochemical Indotama*), dan Terminal Wisata Laut Kambang Putih Tuban. Fasilitas penting tersebut tentunya sangat bergantung kepada bangunan *Jetty* dan *Breakwater* sebagai struktur pendukungnya. Keberadaan *Jetty* dan *Breakwater* dapat berpengaruh terhadap pola pergerakan sedimen di sekitar pantai sehingga apabila tidak terkendali dapat mengakibatkan rusaknya lingkungan serta ekosistem pesisir (Fuad et al., 2019). Selain keberadaan bangunan pelindung pantai, faktor hidro-oseanografi juga turut mempengaruhi perubahan garis pantai secara berkelanjutan, sehingga diperlukan adanya sebuah pengamatan secara temporal untuk mendeteksi perubahan garis pantai yang terjadi. Dengan adanya penelitian ini maka dapat diketahui besar laju perubahan garis pantai di Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban serta hubungannya dengan faktor hidro-oseanografi dalam rentang waktu yang telah ditentukan.

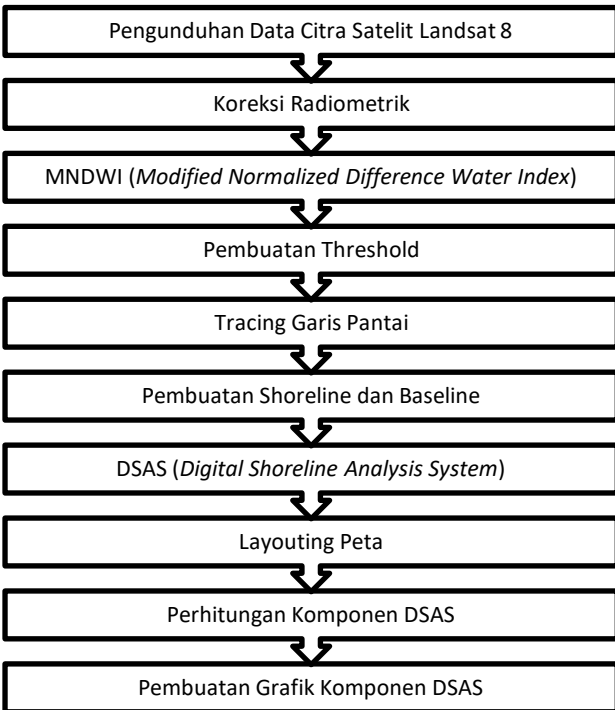
## **METODE**

Teknik pengambilan data dilakukan secara sekunder, yaitu diperoleh melalui proses pengunduhan pada beberapa laman penyedia data spasial dan hidro-oseanografi. Adapun berikut adalah data yang digunakan pada kegiatan praktik kerja magang:

### **Citra Satelit**

Menurut Gumilang (2020), citra merupakan gambaran yang terekam oleh kamera atau sensor lainnya dan dipasang pada wahana satelit ruang angkasa dengan ketinggian lebih dari 400 km dari permukaan bumi. Pada penelitian ini, data citra satelit yang digunakan diperoleh dari satelit LANDSAT 8 dengan sensor OLI/TIRS C1 Level-1. Data ini dapat diunduh secara gratis melalui laman

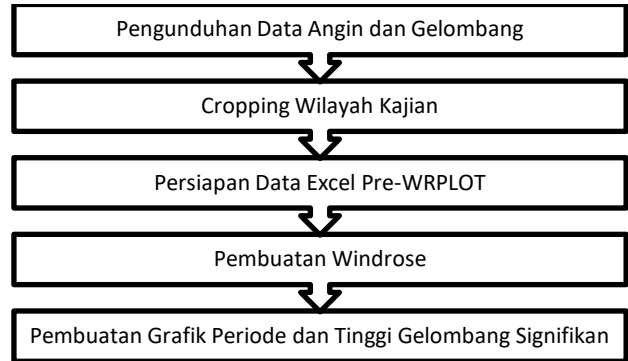
<https://earthexplorer.usgs.gov/>. Adapun langkah kerja dalam pengolahan data citra satelit dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



**Gambar 1.** Diagram Alir Pengolahan Data Citra Satelit

**Data Angin**

Angin menjadi faktor pembentukan gelombang yang berpengaruh terhadap dinamika garis pantai. Data angin sangat penting kaitannya dalam penelitian terkait perubahan garis pantai. Dari data angin, dapat diketahui arah dan kecepatan angin yang berhembus pada suatu perairan pada periode tertentu. Sehingga dapat dihubungkan dengan gelombang yang terbentuk pada sekitar pantai. Data angin diperoleh melalui laman <https://cds.climate.copernicus.eu/>. Adapun langkah kerja dalam pengolahan data angin dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



**Gambar 2.** Diagram Alir Pengolahan Data Angin dan Gelombang

**Data Gelombang**

Gelombang erat kaitannya dengan kondisi geomorfologi suatu pantai. Data tinggi dan periode gelombang digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan garis pantai yang terjadi pada daerah penelitian. Data gelombang diperoleh melalui laman <https://cds.climate.copernicus.eu/>. Sama halnya dengan data angin. Adapun langkah kerja dalam pengolahan data gelombang dapat dilihat pada Gambar 2 diatas

**Data Pasang Surut**

Data pasang surut digunakan untuk mengetahui kondisi pasang surut dan tinggi muka air laut yang terjadi pada saat dilakukan akuisisi data citra satelit. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa kondisi pasang surut yang terjadi pada saat akuisisi data citra satelit sama, serta tidak memiliki perbedaan ketinggian muka air laut yang terlalu jauh sehingga tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses pemisahan darat dan laut. Data pasang surut diperoleh melalui laman <http://tides.big.go.id/pasut/>. Adapun data pasang surut diolah menggunakan Ms. Excel tanpa diperlukan perangkat lunak tambahan yang lain

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

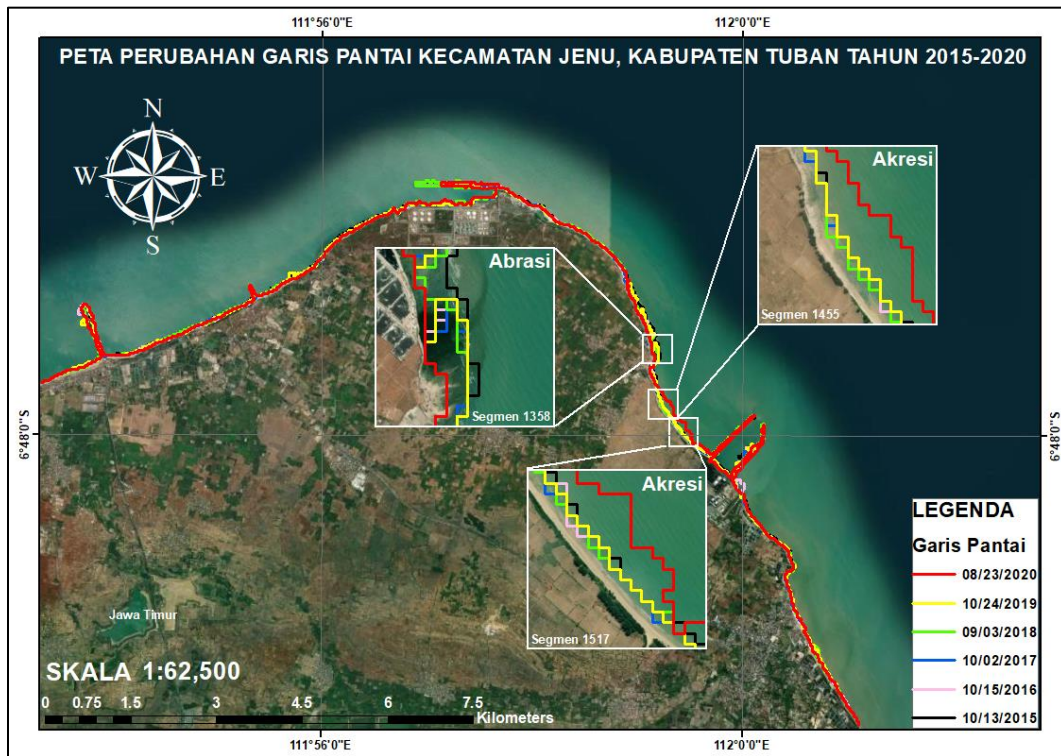
**1. Perubahan Garis Pantai**

Berdasarkan peta perubahan garis pantai yang dihasilkan (Gambar 3), diketahui terdapat tiga segmen yang mengalami perubahan garis

**Deteksi Perubahan Garis Pantai Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban, Mahameru.**

pantai yang paling signifikan selama kurun waktu 6 tahun. Diketahui ketiga segmen tersebut termasuk kedalam wilayah Desa Mentoso, Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban. Apabila dijabarkan, ketiga segmen tersebut terdiri dari segmen 1358, 1455, dan 1517. Pada segmen 1358, terjadi peristiwa abrasi yang ditandai dengan kemunduran garis pantai pada

tahun 2020 jika dibandingkan dengan tahun 2015. Sedangkan pada segmen 1455 dan 1517, terjadi peristiwa akresi yang ditandai dengan majunya garis pantai pada tahun 2020 jika dibandingkan dengan tahun 2015. Hal ini menunjukkan bahwa pada Desa Mentoso rentan terjadi peristiwa perubahan garis pantai hingga dihasilkan nilai yang cukup signifikan.



**Gambar 3.** Peta Perubahan Garis Pantai disertai Daerah Perbesaran

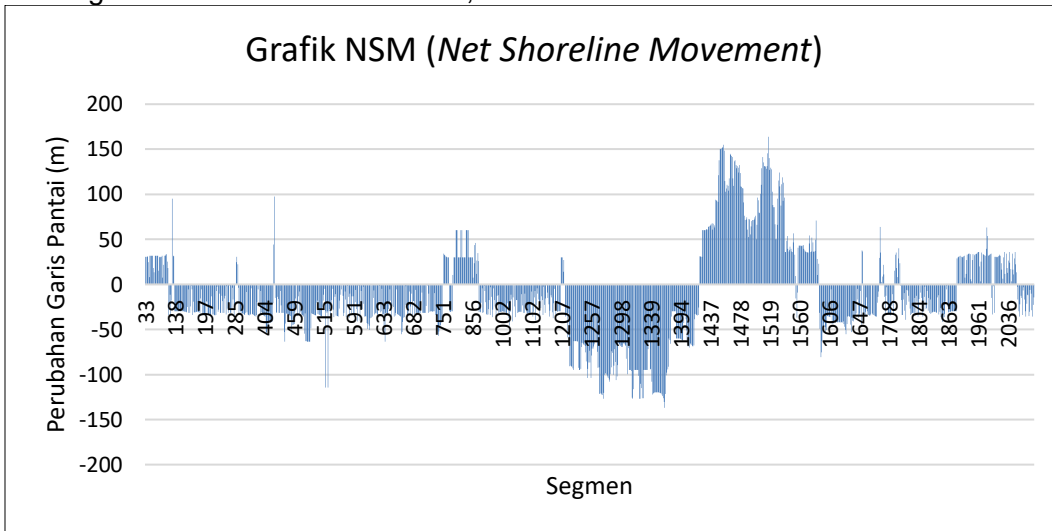
Fuad *et al.* (2019), melakukan pemantauan perubahan garis pantai di daerah pesisir Tuban bagian barat, meliputi Kecamatan Bancar, Kecamatan Tambakboyo, dan Kecamatan Jenu, dan diketahui bahwa perubahan garis pantai yang terjadi pada Desa Mentoso cukup fluktuatif. Tercatat pada rentang waktu 1964-1973, di Desa Mentoso mengalami akresi tertinggi jika dibandingkan dengan kawasan pesisir Tuban yang lain, yaitu dengan rata-rata jarak akresi sebesar 133,08 m dan rata-rata laju akresi sebesar 16,63 m/tahun. Pada rentang tahun yang sama, Desa Mentoso juga mengalami abrasi terbesar jika dibandingkan dengan kawasan pesisir Tuban yang lain dengan rata-rata jarak abrasi sebesar -94,29 m dan rata-rata laju abrasi sebesar -6,25 m/tahun.

Abrasi di Desa Mentoso diduga terjadi karena aktivitas penambangan pasir disekitar pesisir yang menyebabkan adanya pengurangan daratan, vegetasi pelindung yang masih minim dan belum terbangun *seawall* sebagai pelindung pantai.

Hal yang sama juga diperoleh dari hasil perhitungan komponen DSAS yaitu berupa grafik NSM (*Net Shoreline Movement*), grafik SCE (*Shoreline Change Envelope*), dan grafik EPR (*End Point Rate*). NSM digunakan untuk mengukur jarak perubahan posisi garis pantai antara garis yang terlama dan garis pantai terbaru. Berdasarkan grafik NSM (Gambar 4), dapat disimpulkan bahwa perubahan garis pantai yang terjadi di Kecamatan Jenu

bervariasi. Daerah yang mengalami akresi tertinggi yaitu terletak pada segmen ke 1517 sebesar 163,81 m. Sedangkan abrasi tertinggi terjadi pada segmen ke 1358 sebesar -136,83

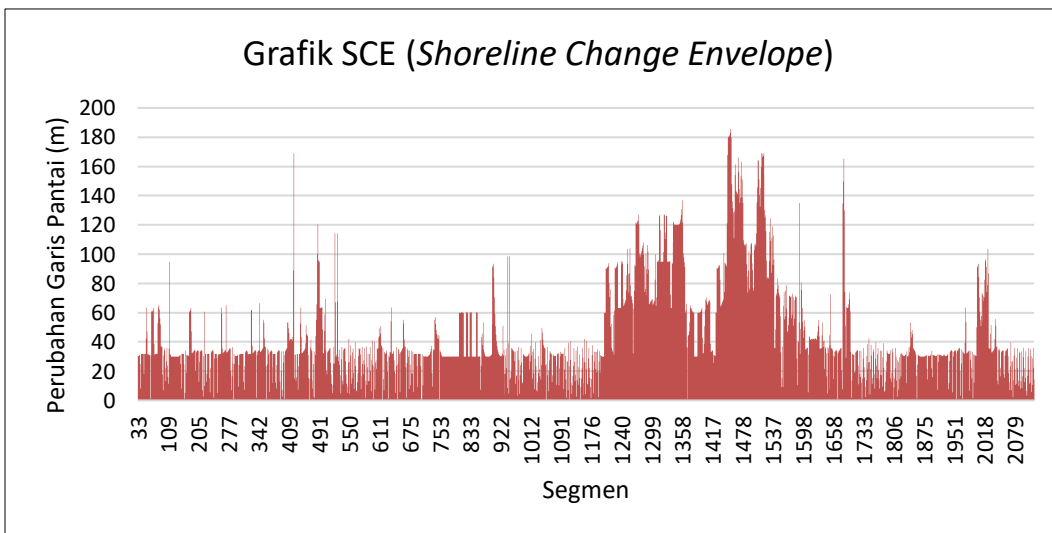
m. Rata-rata akresi yang terjadi yaitu sebesar 53,86 m sedangkan rata-rata abrasi yang terjadi sebesar -39,72 m.



Gambar 4. Grafik NSM

SCE digunakan untuk menghitung jarak antara garis pantai dari baseline. Berdasarkan grafik SCE (Gambar 5) dapat disimpulkan bahwa jarak terjauh garis pantai dengan baseline terdapat pada segmen 1455 yaitu

sebesar 185,88 m. Rata-rata nilai yang diperoleh yaitu sebesar 44,02 m. Hal ini menunjukkan bahwa pada segmen 1455, telah terjadi perubahan garis pantai yang paling jauh dari baseline.



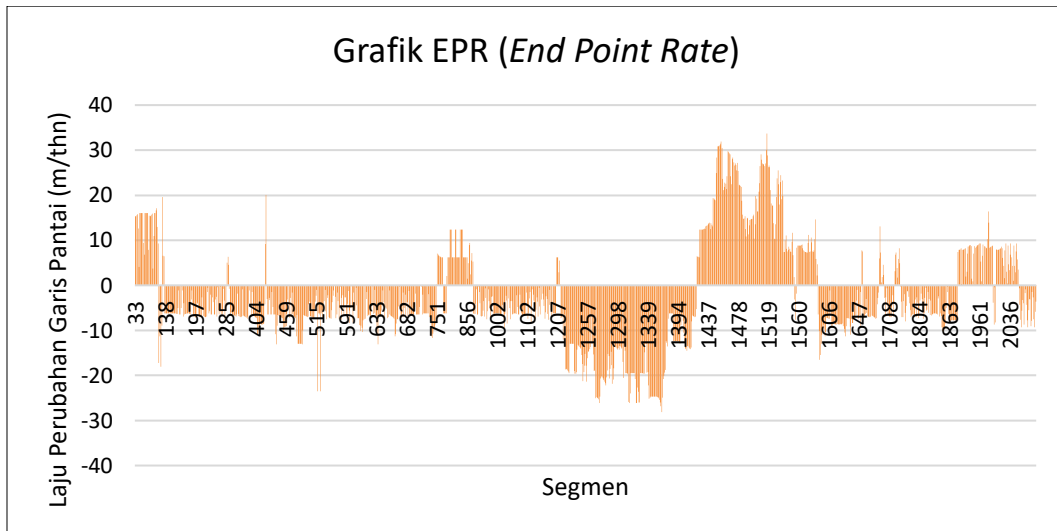
Gambar 5. Grafik SCE

EPR digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antara garis pantai terlama dan garis pantai terkini dengan waktunya. Berdasarkan grafik EPR (Gambar 6), dapat disimpulkan bahwa dari

tahun 2015 - 2020, kawasan pesisir di Kecamatan Jenu mengalami akresi maksimum sebesar 33,68 m/thn yaitu pada segmen 1517. Sedangkan abrasi maksimum sebesar -28,14 m/thn terjadi pada segmen 1358. Rata-rata laju

akresi yang terjadi di kawasan pesisir Kecamatan Jenu sebesar 12,15 m/thn. Sedangkan rata-rata laju abrasi yang terjadi sebesar -8,29 m/thn. Hal ini menunjukkan bahwa di Kecamatan Jenu secara keseluruhan, nilai akresi cenderung lebih tinggi jika

dibandingkan dengan abrasi. Sesuai dengan hasil yang diperoleh dari ketiga daerah yang mengalami perubahan signifikan di Desa Mentoso, Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban, yaitu memiliki kecenderungan terjadi peristiwa akresi.



Gambar 6. Grafik EPR

## 2. Pasang Surut

Berdasarkan tabel kondisi pasang surut (Tabel 1), diperoleh hasil bahwa seluruh data citra satelit yang digunakan, memiliki kondisi pasang surut yang seragam, yaitu surut. Waktu akuisisi data citra satelit juga diketahui memiliki waktu yang relatif sama, yaitu sekitar pukul 02:42 WIB. Kondisi pasang surut yang seragam dapat mendukung tingkat keakuratan hasil yang diperoleh. Selain itu, ketinggian muka air yang terjadi pada saat akuisisi data citra satelit juga memiliki nilai dengan rentang yang cenderung kecil, yaitu dengan rentang dari nilai maksimal dan minimum hanya sebesar 79 cm.

Perbedaan nilai ketinggian tersebut dirasa kurang berpengaruh terhadap hasil dari proses pemisahan darat dan laut menggunakan metode MNDWI di perangkat lunak ENVI 5.1. Hal ini membuktikan bahwa faktor pasang surut memiliki pengaruh yang minimal terhadap hasil perubahan garis pantai yang diperoleh. Namun tidak menutup kemungkinan faktor geomorfologi / kemiringan pantai juga turut berpengaruh terhadap besar kecilnya perbedaan rentang ketinggian muka air laut, sehingga pengaruh pasang surut pada setiap daerah memiliki perbedaan satu sama lain dan perlu dilakukan kajian lebih lanjut.

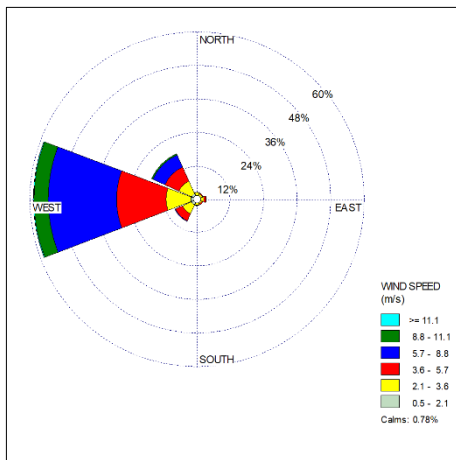
Tabel 1. Kondisi Pasang Surut saat Akuisisi Data Citra Satelit

Tanggal Akuisisi	Waktu Akuisisi		Kondisi Pasut	Tinggi Muka Air (m)
	GMT	WIB		
10 Oktober 2015	02:41:57	09:41:57	Surut	1.04
15 Oktober 2016	02:42:16	09:42:16	Surut	1.54
2 Oktober 2017	02:42:11	09:42:11	Surut	0.75
3 September 2018	02:41:30	09:41:30	Surut	0.91
24 Oktober 2019	02:42:20	09:42:20	Surut	0.77
23 Agustus 2020	02:42:01	09:42:01	Surut	1.26

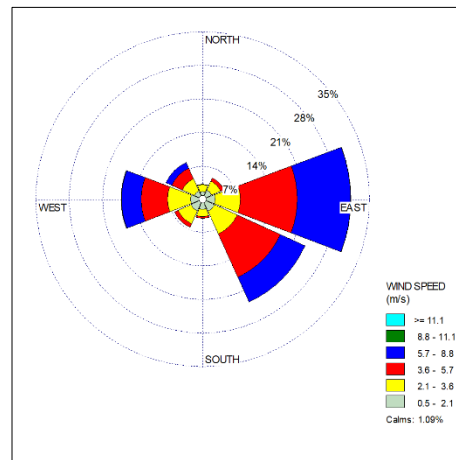
### 3. Angin dan Gelombang

Data angin dan gelombang digolongkan berdasarkan musim. Hal ini memudahkan dalam pengolahan data dan interpretasi. Berdasarkan *windrose* yang dihasilkan (Gambar 7 – 10), setiap musim memiliki arah angin yang bervariasi. Pada musim barat (Desember – Februari), angin cenderung bergerak dari arah barat ke timur dengan kecepatan dominan 5,7 – 8,8 m/s. Pada musim peralihan I (Maret – Mei), angin bergerak secara bervariasi. Angin datang dari setiap arah mata angin, namun yang paling dominan adalah angin yang berhembus dari arah timur

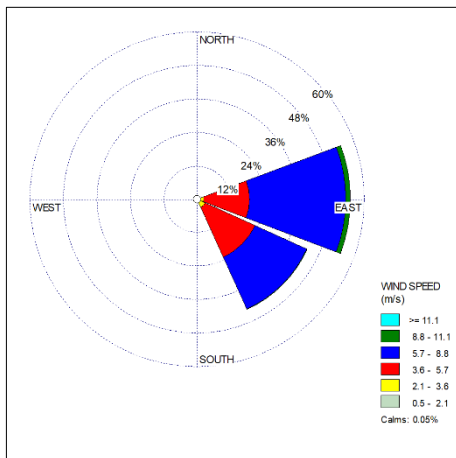
menuju barat dan dari arah tenggara menuju barat laut dengan kecepatan dominan 3,6 – 5,7 m/s. Pada musim timur (Juni – Agustus), angin berhembus dari dua arah, yaitu dari arah timur menuju ke barat, dan dari arah tenggara menuju barat laut dengan kecepatan dominan 5,7 – 8,8 m/s. Pada musim peralihan II (September – November), angin bergerak secara bervariasi, dan cenderung bergerak dari arah timur menuju barat dan dari arah tenggara menuju barat laut, sama seperti pada musim peralihan I. Namun yang membedakan adalah kecepatan angin dominan yaitu bergerak dengan kecepatan 5,7 – 8,8 m/s.



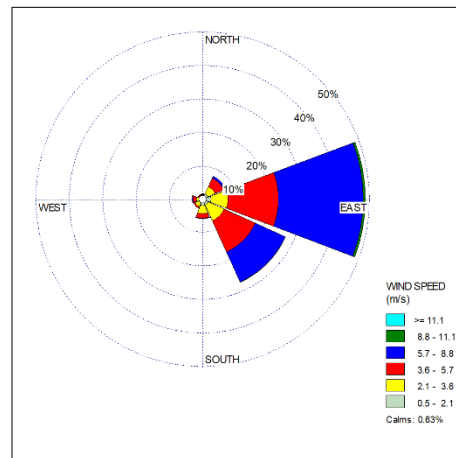
Gambar 7. Musim Barat



Gambar 8. Musim Peralihan I



Gambar 9. Musim Timur



Gambar 10. Musim Peralihan II

Angin menjadi salah satu faktor terjadinya perubahan garis pantai, meskipun

pengaruhnya secara langsung masih kurang diperhitungkan. Apabila dijabarkan, angin

menjadi faktor utama terhadap pembentukan gelombang. Gelombang yang menjalar dari laut ke darat akan mengalami gesekan dengan dasar laut pada kedalaman tertentu, sehingga turut serta membawa sedimen bersamanya. Hal ini berpengaruh terhadap pola sebaran sedimen di sekitar pantai. Semakin besar kecepatan angin yang berhembus, semakin besar juga gelombang yang dihasilkan. Ketika gelombang sudah mencapai batas maksimum pembentukannya pada ketinggian tertentu, maka gelombang tersebut akan pecah dan berpotensi mengangkat sedimen yang ada dibawahnya. Gelombang pecah yang membentuk sudut datang terhadap pantai, dapat menimbulkan arus sejajar pantai (*littoral current*). Arus inilah yang berperan besar terhadap pola persebaran sedimen di sepanjang kawasan pantai dan menghasilkan peristiwa abrasi dan akresi. Pada penelitian ini yang dibahas hanya terbatas pada arah dan kecepatan angin yang menyebabkan terbentuknya gelombang, sehingga masih diperlukan penelitian lebih lanjut terkait arus dan pola sebaran sedimen untuk menunjang kajian mengenai topik perubahan garis pantai secara terperinci.

Menurut Azizi, *et al.* (2017), gelombang yang menjalar sebagian besar dibangkitkan oleh angin dan berpengaruh terhadap besarnya angkutan sedimen dari laut ke darat. Pergerakan angin di permukaan laut memiliki kecepatan yang beragam, kecepatan angin tersebut sangat berpengaruh untuk membangkitkan gelombang. Gelombang yang datang menuju pantai akan mengikis dan berpengaruh terhadap berubahnya garis pantai dan besarnya angkutan sedimen. Gelombang pecah dapat mengakibatkan terbentuknya arus sejajar pantai yang dapat memindahkan sedimen di sepanjang pantai. Besarnya sudut datang gelombang akan mempengaruhi pola arus sejajar pantai yang memungkinkan sedimen berpindah sepanjang pantai dan akan terendapkan pada daerah dimana kecepatan arusnya tidak memungkinkan lagi untuk memindahkan sedimen. Sehingga adapat dikatakan bahwa laju angkutan sedimen

bergantung pada sudut datang gelombang, lama angin bertiup, dan energi gelombang.

## **KESIMPULAN**

Selama kurun waktu 6 tahun antara 2015 – 2020 perubahan garis pantai yang paling signifikan terjadi di Desa Mentoso, Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban yang sebagian besar ditandai dengan peristiwa akresi. Kondisi pasang surut di lokasi penelitian pada saat dilakukan akuisisi data memiliki kesamaan, yaitu surut dengan selisih ketinggian muka air laut 79 cm. Angin yang berhembus di perairan Tuban sebagian besar bergerak dari arah timur dan tenggara dengan kecepatan dominan 3,6 – 8,8 m/s. Adapun angin yang berhembus dari arah barat terjadi hanya pada saat musim barat dengan kecepatan dominan 5,7 – 8,8 m/s. Sedangkan tinggi dan periode gelombang yang dihasilkan cenderung membentuk pola dengan nilai yang tinggi pada setiap musim barat dan timur. Nilai ketinggian gelombang bervariasi mulai dari 0,36 – 0,84 m, dan nilai periode gelombang mulai dari 3,40 – 4,60 s.

Angin merupakan faktor utama dalam pembangkitan gelombang, sehingga arah dan kecepatan angin erat kaitannya dengan arah dan tinggi gelombang. Semakin tinggi kecepatan angin berhembus, semakin besar gelombang yang dihasilkan. Semakin besar gelombang, semakin besar energi yang dibawa, sehingga dampaknya terhadap peristiwa abrasi semakin besar. Selain itu, gelombang yang merambat menuju daratan dengan sudut datang tertentu, dapat menimbulkan arus sejajar pantai akibat gelombang pecah yang berperan besar terhadap persebaran sedimen yang menjadi faktor perubahan garis pantai. Tingkat akurasi proses deliniasi darat dan laut sangat dipengaruhi kondisi pasang surut saat dilakukan akuisisi data citra satelit, sehingga dibutuhkan data citra satelit yang memiliki kondisi pasang surut yang sama dengan perbedaan tinggi muka air laut yang tidak terlalu besar.



## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Fahreza Okta Setyawan, S.Kel., M.T. selaku dosen pembimbing serta Bapak Ir. Yusuf Adam Prihandono, M.Sc. selaku pembimbing lapang yang telah memberikan arahan selama pelaksanaan kegiatan magang. Tak lupa penulis sampaikan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Gelologi Kelautan (P3GL) Bandung, Jawa Barat atas persetujuannya sehingga penulis dapat melaksanakan kegiatan Praktik Kerja Magang (PKM) secara daring.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M., Winarso G., & Prayogo T. (2011). Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 8, 71- 80.
- Azizi, M. I., Hariyadi, Warsito A. (2017). Pengaruh Gelombang terhadap Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Tanjung Kalian Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal Oseanografi*, 6(1), 165 – 175.
- Fuad, M. A. Z., Nena Y., Rarasrum D. K., Nurin H., Aida S. (2019). Pemantauan Perubahan Garis Pantai Jangka Panjang dengan Teknologi Geo-Spasial di Pesisir Bagian Barat Kabupaten Tuban, Jawa Timur. *Jurnal Geografi*, 11(1), 48-61. <https://doi.org/10.24114/jg.v11i1.11409>
- Gumilang, M. P. M. (2020). Analisis Hasil Koreksi Geometri Orthorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi dengan Menggunakan DEM SRTM, DEM ALOS-PALSAR, dan DEM NASIONAL (Studi Kasus Kecamatan Wonosari, Kabupaten Malang). SKRIPSI. Institut Teknologi Nasional Malang. <http://eprints.itn.ac.id/id/eprint/4620>
- Hidayati, N. (2017). *Dinamika Pantai*. Malang: UB Press.
- Isdianto, A., Asyari, I. M., Haykal, M. F., Adibah, F., Irsyad, M. J., & Supriyadi, S. Analisis Perubahan Garis Pantai Dalam Mendukung Ketahanan Ekosistem Pesisir. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2).
- Suniada, Komang Iwan. (2015). Deteksi Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Jembrana Bali dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh. *Jurnal Kelautan Nasional*, 10(1): 13-19. <http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v10i1.8>