

---

## **Analisis Perubahan Garis Pantai Kijing Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat**

*(Kijing Shoreline Change Analysis of Mempawah Regency West Kalimantan)*

**Riza Adriat<sup>1\*</sup>, Risiko<sup>2</sup>, Apriansyah<sup>2</sup>, Muhardi<sup>1</sup>, Heni Susiati<sup>3</sup>, Zan Zibar<sup>4</sup>, Fitriani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Geofisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, 78124, Indonesia

<sup>2</sup>Laboratorium Ilmu Kelautan, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, 78124, Indonesia

<sup>3</sup>Pusat Kajian Pengembangan Energi Nuklir, BATAN, Jakarta, 12710, Indonesia

<sup>4</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas OSO, Pontianak, 78124, Indonesia

\*Corresponding author, e-mail: [rizaadriat@physics.untan.ac.id](mailto:rizaadriat@physics.untan.ac.id)

**Diterima : 23 Mei 2021 / Disetujui : 12 Juli 2021**

### **ABSTRAK**

Pantai Kijing merupakan kawasan pantai terletak di Kabupaten Mempawah yang dimanfaatkan sebagai kawasan pembangunan dari berbagai sektor salah satunya adalah pembangunan pelabuhan internasional. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan garis pantai Kijing Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG), data angin dari *European Centre for Medium Range Forecast* (ECMWF) dan data Citra Satelit Landsat- 7 ETM tahun 2010 dan Landsat-8 OLI tahun 2020. Analisis perubahan garis pantai menggunakan kombinasi antara metode *Single Transect* (ST) dan *End Point Rate* (EPR) yang terdapat di dalam perangkat lunak DSAS. Secara keseluruhan hasil dari perubahan garis pantai yang terjadi dari tahun 2010 sampai tahun 2020 lebih dominan mengalami proses akresi jika dibandingkan dengan abrasi. Jarak pergeseran garis pantai ke arah darat (abrasi) berkisar 1,26-162,93 m dan jarak pergeseran garis pantai ke arah laut (akresi) berkisar 0,5-21,34 m sepanjang 8 km garis pantai. Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan garis pantai yang terjadi diduga disebabkan oleh pengaruh faktor hidro-oseanografi seperti pasang surut, arus laut dan tinggi gelombang.

**Kata kunci:** abrasi, akresi, citra Landsat, pantai Kijing

### **ABSTRACT**

*Kijing Beach is a coastal area located in Mempawah Regency which is used as a development area for various sectors, one of which is the construction of an international port. The purpose of this study was to analyze the Kijing shoreline change in Mempawah Regency, West Kalimantan. The data used in this study are tidal data from the Geospatial Information Agency (BIG), wind data from the data European Center for Medium-Range Forecast (ECMWF), and Landsat-7 ETM Satellite Imagery in 2010, and Landsat-8 OLI in 2020. Analysis of changes in the shoreline uses a combination of the Single Transect (ST) and End Point Rate (EPR) methods in the*

*DSAS software. Overall, the results of the shoreline changes that occurred from 2010 to 2020 experienced the accretion process more predominantly when compared to abrasion. The shifting distance of the shoreline to the land (abrasion) ranges from 1.26 to 162.93 m and the shifting distance of the shoreline towards the sea (accretion) ranges from 0.5 to 21.34 m along the 8 km of shoreline. This result shows that changes in the shoreline that occur are thought to be caused by the influence of hydro-oceanographic factors including tides, ocean currents, and wave heights.*

**Keywords:** *abrasion, accretion, Landsat imagery, Kijing beach*

## PENDAHULUAN

Pantai Kijing merupakan pantai yang dimanfaatkan sebagai kawasan pembangunan dari berbagai sektor, salah satunya adalah pembangunan pelabuhan internasional. Pemanfaatan pantai Kijing sebagai pelabuhan internasional ini menyebabkan begitu banyak pembangunan infrastruktur sebagai penunjang kegiatan dari rute alur pelayaran. Pembangunan Pelabuhan tersebut akan berfungsi sebagai pelabuhan yang melayani rute domestik serta pelayaran Internasional di Kalimantan Barat. Hal ini sangat penting untuk mengetahui perubahan garis pantai sebagai informasi rancangan pelabuhan dari kegiatan-kegiatan di pelabuhan itu sendiri.

Garis pantai merupakan permukaan fisis antara daratan dan perairan yang tidak tetap dan dapat berubah berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi (Triatmodjo 2008; Kuleli 2011). Keberadaan garis pantai sangat penting untuk kegiatan perencanaan pembangunan dan perlindungan wilayah pesisir (Anggraini *et al.* 2017). Perubahan garis pantai dapat diketahui dengan teknologi penginderaan jauh melalui perekaman citra satelit. Salah satunya adalah dengan menggunakan data hasil perekaman citra Landsat (Lillesand & Kiefer 1994; Taofiqurohman *et al.* 2012). Selain itu untuk mengkaji perubahan garis pantai menggunakan citra satelit diperlukan juga kajian tentang faktor parameter fisis seperti gelombang laut, arus menyusur pantai, transpor sedimen maupun faktor lain seperti aktivitas manusia di sekitar kawasan pantai sebagai validasi data untuk analisis perubahan garis pantai (Purba dan Jaya 2004).

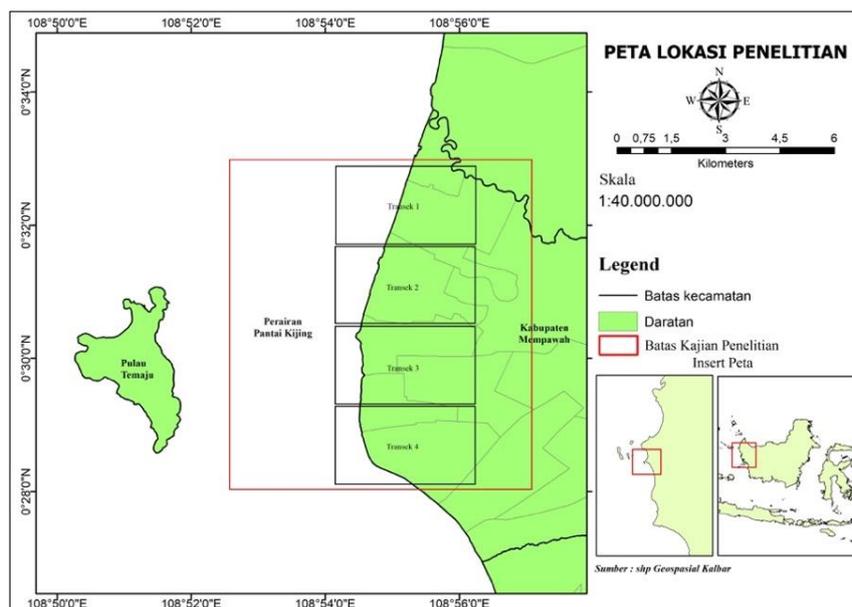
Menurut Sakka *et al.* (2011) salah satu hal yang dapat dilakukan dalam mengkaji kondisi suatu kawasan pantai adalah melalui studi mengenai perubahan garis pantai. Perubahan bentuk pantai dapat terjadi dipengaruhi oleh beberapa parameter hidro-oseanografi seperti pasang surut, gelombang dan arus. Selain itu juga dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sekitar kawasan pantai tersebut (Triatmodjo 1999; Hidayat 2005).

Perencanaan pengelolaan kawasan pantai, khususnya di wilayah perairan pantai Kijing yang saat ini digunakan sebagai tempat pelabuhan internasional sehingga memerlukan penelitian tentang perubahan garis pantai supaya pembangunan yang dilakukan tidak berdampak terhadap lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah perairan Pantai Kijing Kabupaten Mempawah dalam rentang waktu 2010-2020 dengan menggunakan citra satelit dan menganalisis faktor oseanografi di kawasan tersebut sebagai faktor alami penyebab perubahan garis pantai.

## METODE PENELITIAN

### Waktu, Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Febuari 2019 di perairan Pantai Kijing, Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat (Gambar 1). Analisis perubahan garis pantai yang dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi 4 bagian transek area tahun 2010-2020 yang masing-masing panjang garis pantai 2 km setiap transek.



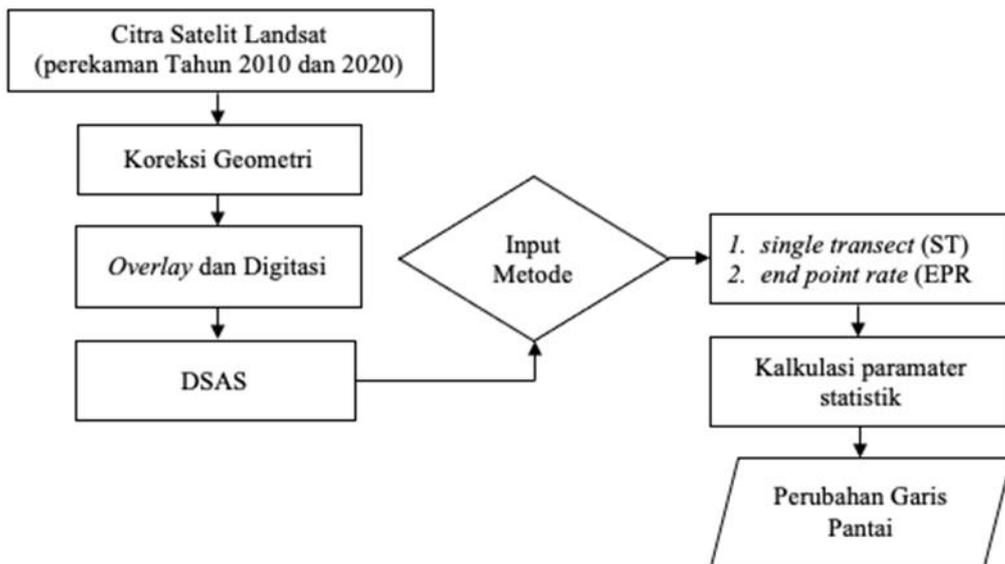
Gambar 1. Lokasi kawasan penelitian di perairan Kijing Kabupaten Mempawah

Data citra satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah Citra Landsat- 7 ETM tahun 2010 sebagai kondisi garis pantai awal dan Landsat-8 OLI tahun 2020 sebagai acuan kondisi garis pantai akhir yang diperoleh dari <http://earthexplorer.usgs.gov> yang

digunakan untuk melihat perubahan garis pantai dalam interval waktu 10 tahun. Data pendukung lainnya dari penelitian ini berupa data prediksi elevasi pasang surut harian dari Badan Informasi Geospasial (BIG), data angin diperoleh dari ECMWF (*European Centre for Medium Range Forecast*) yang terdiri dari komponen zonal ( $u$ ) dan meridional ( $v$ ) pada ketinggian 10 m di atas permukaan laut. Data angin ini digunakan untuk menghitung peramalan gelombang, kecepatan dan arah kecepatan arus.

### Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel*, *Surfer* dan *ArcGIS*. Pengolahan data citra landsat dilakukan menggunakan perangkat lunak *ER Mapper*. Pengolahan Citra Landsat terdiri dari beberapa tahap diantaranya koreksi geometrik, pemotongan citra, penajaman kanal untuk perubahan garis pantai dan koreksi garis pantai. Koreksi geometrik dilakukan untuk menyesuaikan posisi setiap piksel citra satelit asli sehingga mengikuti citra terkoreksi sehingga hasil yang diperoleh akan didapatkan citra yang mempunyai koordinat sesuai dengan peta topografi (Sari *et al.* 2015). Pengolahan Citra Landsat untuk menghasilkan informasi perubahan garis pantai disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir analisis perubahan garis pantai

Koreksi garis pantai citra dilakukan terhadap pengaruh pasang surut, hal ini dilakukan karena pada perekaman citra tidak diketahui saat terjadi pasang atau surut. Koreksi garis pantai dengan *Mean Sea Level* (MSL) dilakukan dengan mengetahui selisih posisi muka air pada saat perekaman citra. Nilai MSL diperoleh dari konstanta-konstanta pasang surut, jarak perubahan garis pantai didapat dengan membandingkan selisih posisi muka air pada saat perekaman citra terhadap MSL (Darmiati *et al.* 2020).

Perubahan garis pantai pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) yang terintegrasi dengan perangkat lunak *ArcGIS*. Analisis perubahan garis pantai menggunakan kombinasi antara metode *single transect* (ST) dan *end point rate* (EPR) yang terdapat di dalam perangkat lunak DSAS (Hapke *et al.* 2010). Perhitungan nilai statistik jarak perubahan garis pantai menggunakan metode *end point rate* (EPR). Metode ini dipilih karena garis pantai yang digunakan dalam penelitian ini hanya dua buah fitur garis pantai. Metode pengukuran nilai EPR dilakukan dengan cara mengukur jarak antara garis pantai menggunakan metode transek dengan jarak antar transek 100 meter dan panjang transek 1500 meter untuk mengantisipasi garis pantai yang tidak berpotongan (Ramadhani *et al.* 2021).

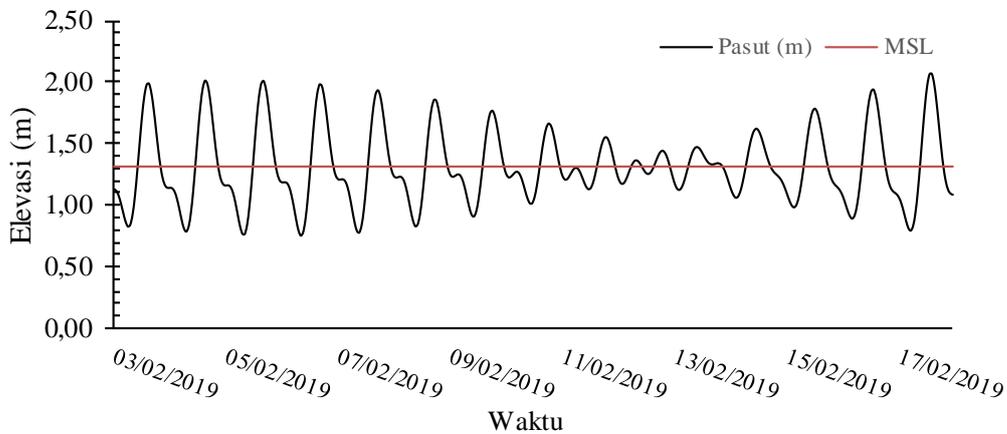
Jarak perubahan garis pantai ditentukan pada panjang setiap transek yang menjadi titik perpotongan antara garis pantai 2010 dengan garis pantai tahun 2020. Panjang jarak perpotongan setiap transek yang mewakili perubahan garis pantai ditandai dengan nilai positif (+) untuk garis pantai yang mengalami akresi dan nilai negatif (-) untuk garis pantai yang mengalami abrasi (Kasim 2010).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pasang Surut

Hasil prediksi pasang surut pada bulan Februari 2019 di perairan pantai Kijing, Kabupaten Mempawah dapat dilihat pada Gambar 3. Data pasang surut setiap bulannya digunakan untuk memodelkan kecepatan dan arah arus di lokasi penelitian. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai bilangan *Formzahl* ( $F$ ) yang diperoleh sebesar 2,6 dan MSL 1,32. Menurut Wyrski (1961) klasifikasi nilai  $F$  dengan rentang nilai  $1,50 < F < 3,00$  tipe pasang surutnya adalah campuran condong harian tunggal, sehingga tipe pasang surut yang ada di perairan pantai Kijing Kabupaten Mempawah merupakan tipe pasang surut condong ke harian tunggal. Hasil tersebut serupa yang dengan penelitian

yang dilakukan oleh Solom *et al.* (2020) tentang karakteristik pasang surut di perairan Kuala Mempawah. Kisaran pasang surut terendah yaitu 0.1 m sedangkan kisaran tertinggi mencapai 1,1 m saat pasang.



Gambar 3. Grafik pasang surut di perairan pantai Kijing Kabupaten Mempawah pada bulan Febuari 2019

### Gelombang

Berdasarkan hasil yang diperoleh oleh Sari *et al.* (2020) tentang estimasi tinggi gelombang laut di perairan pantai Kijing Kabupaten Mempawah didapatkan bahwa tinggi gelombang laut maksimum pada musim barat yaitu 0,36 m sedangkan tinggi gelombang minimum terjadi pada musim peralihan I sebesar 0,02 m. Hasil estimasi peramalan gelombang setiap musim dalam rentang waktu 2008-2017 disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan dari hasil peramalan tersebut terlihat bahwa tinggi gelombang yang terjadi setiap musim cenderung bervariasi. Menurut Coastal Hydraulic Laboratory (2002) parameter gelombang yang terbentuk terjadi perbedaan disebabkan oleh perbedaan faktor yang mempengaruhi dan membangkitkan gelombang seperti kecepatan angin, durasi, arah angin, dan *fetch* gelombang. Angin yang berhembus di atas permukaan laut akan memindahkan energinya ke laut dan menimbulkan tegangan pada permukaan laut. Hal tersebut menimbulkan riakan. Semakin bertambahnya kecepatan angin akan menyebabkan riakan semakin besar sampai terbentuk gelombang (Triatmodjo 1999).

Tabel 1. Estimasi peramalan tinggi gelombang di perairan Pantai Kijing

Musim	Tahun									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Barat	0,37	0,36	0,19	0,23	0,23	0,29	0,35	0,33	0,09	0,11
Peralihan I	0,10	0,09	0,02	0,07	0,04	0,06	0,06	0,03	0,03	0,07
Timur	0,18	0,09	0,08	0,23	0,28	0,14	0,32	0,35	0,15	0,18
Peralihan II	0,04	0,08	0,16	0,07	0,08	0,15	0,05	0,06	0,15	0,15

### Kecepatan dan arah arus pada setiap musim

Hasil model dari pola arus dilakukan untuk melihat kondisi elevasi muka air laut, kecepatan dan arah arus 4 kondisi yaitu pada kondisi saat surut menuju pasang, saat pasang, pasang menuju surut dan surut pada setiap musim (Tabel 2). Nilai elevasi muka air laut terendah dan tertinggi pada musim barat masing-masing adalah 0,71 m di bawah MSL dan 0,931 m di atas MSL. Kecepatan arus diperairan pantai saat pasang menuju surut terendah 0,044 m/s ke arah timur tenggara, sedangkan saat surut terendah 0,046 m/s bergerak ke arah timur tenggara. Berdasarkan hasil simulasi model pada kondisi musim barat. Pada saat air laut mengalami transisi dari surut ke pasang tertinggi kecepatan arusnya cenderung naik, namun pada saat mencapai puncak pasang arus relatif mendekati angka nol dan pada saat perubahan kondisi pasang menuju surut arus kembali meningkat lalu mendekati nol pada saat surut terendah (Franchitika 2017; Hardani 2015)

Pada saat musim peralihan I, nilai elevasi muka air laut terendah maupun tertinggi memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan nilai elevasi muka air laut pada saat musim barat yaitu 0,46 m di bawah MSL dan 0,59 m di atas MSL. Kecepatan arus di musim peralihan I lebih rendah dibandingkan kecepatan arus pada musim barat yaitu berkisar antara 0,019-0,027 m/s. Musim timur memiliki nilai elevasi muka air laut terendah dan tertinggi lebih memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan kondisi peralihan I dan lebih rendah dibandingkan elevasi musim barat yaitu 0,72 m di bawah MSL dan 0,912 m di atas MSL. Kecepatan arus di musim timur lebih tinggi dibandingkan dengan peralihan I dan lebih rendah dibandingkan musim barat yaitu berkisar antara 0,015-0,032 m/s.

Tabel 2. Data hasil simulasi elevasi muka air laut, kecepatan dan arah arus

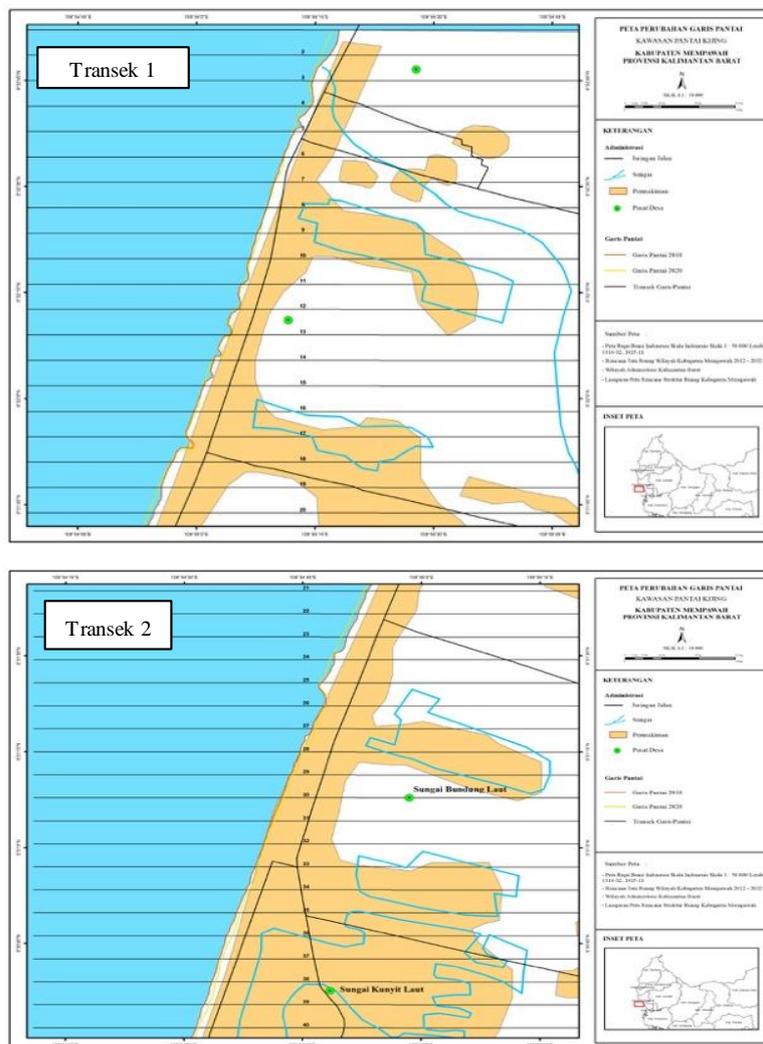
Musim	Kondisi	Elevasi Muka Air Laut (m)	Arus (m/s)	Pola Arah Arus
Barat	Surut Menuju Pasang Tertinggi	0,645	0,016	Timur
	Pasang Tertinggi Pasang Menuju Surut	0,931	0,034	Timur Tenggara
		Terendah	-0,212	0,044
	Surut Terendah	-0,711	0,046	Tenggara
Peralihan I	Surut Menuju Pasang Tertinggi	0,196	0,027	Timur
	Pasang Tertinggi Pasang Menuju Surut	0,599	0,02	Timur Tenggara
		Terendah	0,534	0,02
	Surut Terendah	-0,455	0,02	Tenggara
Timur	Surut Menuju Pasang Tertinggi	0,332	0,032	Timur
	Pasang Tertinggi Pasang Menuju Surut	0,912	0,028	Timur Tenggara
		Terendah	-0,247	0,024
	Surut Terendah	-0,716	0,028	Tenggara
Peralihan II	Surut Menuju Pasang Tertinggi	-0,216	0,016	Timur
	Pasang Tertinggi Pasang Menuju Surut	0,671	0,019	Tenggara Timur
		Terendah	0,616	0,009
	Surut Terendah	-0,477	0,014	Tenggara

Nilai elevasi muka air laut terendah di kondisi musim peralihan II memiliki nilai paling rendah dibandingkan musim peralihan I dan lebih tinggi daripada musim barat dan timur yaitu 0,48 m di bawah MSL. Hasil ini sejalan dengan hasil yang dilakukan oleh Jumarang *et al.* (2008) bahwa pada musim peralihan II arus sepanjang pantai Kalimantan barat bergerak ke arah selatan dengan kecepatan arus sekitar pantai yang lebih kecil. Elevasi muka air laut tertinggi lebih tinggi dari pada musim peralihan I dan

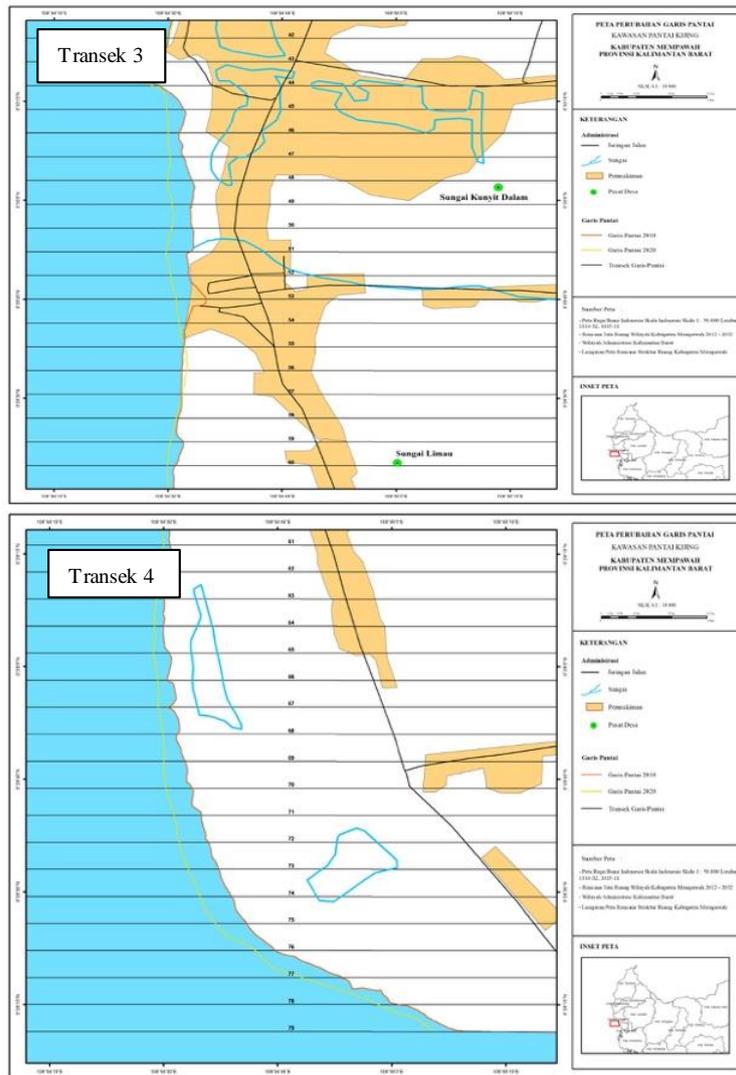
lebih rendah dibandingkan musim barat dan timur yaitu 0,67 m di atas MSL, tetapi memiliki kecepatan arus yang paling rendah di antara kondisi musim barat, peralihan I dan timur yaitu berkisar 0,009 - 0,024 m/s.

### Perubahan garis pantai

Hasil yang diperoleh dari analisis perubahan garis pantai pada area transek 1, 2, 3 dan 4 masing-masing menunjukkan bahwa jarak pergeseran garis pantai ke arah darat (abrasi) berkisar antara 1,26-162,93 meter dan jarak garis pantai ke arah laut (akresi) berkisar antara 0,5-21,34 meter sepanjang 8 km garis pantai. Hasil peta perubahan garis pantai dan grafik perubahan garis pantai untuk setiap transek area dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Peta perubahan garis pantai dan grafik perubahan garis pantai tahun 2010-2020 di perairan pantai Kijing Kabupaten Mempawah (Transek 1 dan Transek 2)



Gambar 5. Peta perubahan garis pantai dan grafik perubahan garis pantai tahun 2010-2020 di perairan pantai Kijing Kabupaten Mempawah (Transek 3 dan Transek 4)

Secara keseluruhan berdasarkan hasil terlihat bahwa perubahan garis pantai di perairan Pantai Kijing lebih dominan mengalami akresi. Hasil ini menunjukkan bahwa besarnya perubahan garis pantai yang terjadi diduga disebabkan oleh pengaruh faktor hidro-oseanografi diantaranya adalah pasang surut, arus laut dan tinggi gelombang yang terjadi di perairan Pantai Kijing Kabupaten Mempawah terutama pada musim barat dan musim timur. Musim barat tinggi gelombang laut maksimum berkisar antara 0,09-0,37 meter dan musim timur 0,09-0,35 meter. Kecepatan arus pada musim barat berkisar antara 0,016-0,046 m/s dan musim timur 0,024-0,032 m/s. Menurut Anggraini *et al.*

(2017) arus dan gelombang laut yang melewati pesisir lebih kuat menerjang karena tidak ada penghalang/peredam arus. Apriansyah *et al.* (2020) menyatakan gelombang dan arus ini sama-sama saling erat kaitannya dimana arus dapat terbentuk akibat angin yang bertiup, dapat juga disebabkan oleh gelombang yang membentur pantai secara miring sehingga akan merusak pantai.

Proses pembangunan pelabuhan internasional di lokasi penelitian diindikasikan juga salah satu penyebab terjadinya perubahan garis pantai akibat antropogenik diantaranya pengambilan maupun alih fungsi lahan pelindung pantai dan pembangunan di sekitar pantai. Hal ini dapat mempengaruhi pola pergerakan arus yang berfungsi sebagai penyebaran sedimen di sekitar pantai dengan adanya penambangan pasir yang dapat memicu perubahan pola arus dan gelombang di lokasi penelitian (Shuhendry 2004; Halim *et al.* 2016).

### KESIMPULAN

Prediksi pasang surut di perairan pantai Kijing Kabupaten Mempawah menunjukkan tipe pasang surut campuran condong harian tunggal (nilai bilangan *Formzahl* 2,6). Tinggi gelombang laut maksimum terjadi pada musim barat yaitu 0,36 m tinggi gelombang minimum terjadi pada musim Peralihan I sebesar 0,02 m. Hasil model kecepatan arus maksimum terjadi pada musim Barat dan kecepatan arus minimum terjadi pada musim peralihan II. Hasil pengolahan citra satelit dalam periode 10 tahun (2010-2020) adanya perubahan garis pantai yang terjadi sangat signifikan baik mengalami abrasi maupun akresi. Hasil yang diperoleh dari analisis perubahan garis pantai pada area transek 1, 2, 3 dan 4 masing-masing menunjukkan bahwa jarak pergeseran garis pantai ke arah darat (abrasi) berkisar antara 1,26-162,93 meter dan jarak garis pantai ke arah laut (akresi) berkisar antara 0,5-21,34 meter sepanjang 8 km garis pantai. Hasil ini menunjukkan bahwa besarnya perubahan garis pantai yang terjadi diduga disebabkan oleh pengaruh faktor hidro-oseanografi (pasang surut, arus laut dan tinggi gelombang).

### DAFTAR PUSTAKA

Anggraini N, Marpaung S, Hartuti M. 2017. Analisis Perubahan Garis Pantai Ujung Pangkah Dengan Menggunakan Metode Edge Detection Dan Normalized Difference Water Index. *Jurnal Penginderaan Jauh* 14(2): 65-78.

- Apriansyah, Kushadiwijayanto AA, Risiko. 2020. Pengaruh Gelombang pada Perubahan Garis Pantai di Perairan Batu Burung Singkawang, Kalimantan Barat. *POSITRON* 9(1): 1-7.
- Coastal Hydraulic Laboratory. 2002. *Coastal Engineering Manual, Part I- VI*. Washington DC (US): Department of the Army US Army Corp of Engineers. 84 p.
- Darmiati, Nurjaya IW, Atmadipoera AS. 2020. Analisis Perubahan Garis Pantai di Wilayahpantaibarat Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 12(1): 211-222.
- Franchitika R. 2017. Tutorial Penggunaan Software SMS 11.1 Modul RMA2 Untuk Menganalisa Pola Pergerakan Arus di Pelabuhan Belawan. *Jurnal Education Building* 3(1): 73-83.
- Halim H, Halili H, Afu L. 2016. Studi Perubahan Garis Pantai Dengan Pendekatan Penginderaan Jauh Di Wilayah Pesisir Kecamatan Soropia. *Jurnal Sapa Laut* 1(1): 24-31.
- Hapke CJ, Himmelstoss EA, Kratzmann MG, List JH, Thieler ER. 2011. National assessment of shoreline change; historical shoreline change along the New England and Mid-Atlantic coasts. Virginia: U.S. Geological Survey Open-File Report 2010-1118. 57 p.
- Hardani OM, Rifai A, Sugianto DN. 2015. Kajian Pola Arus di Teluk Ujungbatu Jepara. *Jurnal Oseanografi* 4(1): 242-252.
- Hidayat N. 2005. Kajian Hidro-oseanografi untuk Deteksi Proses-Proses Fisik di Pantai. *Smartek* 3 (2): 73-85.
- Jumarang MI, Muliadi, Ihwan A. 2008. Pola Sirkulasi Arus Tiga Dimensi Perairan Pantai Kalimantan Barat. *Journal Aplikasi Fisika FMIPA Haluoleo University* 4(1): 1-9.
- Kasim F. 2010. Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Modifikasi Teknik Single Transect (ST) dan Metode End Point Rate (EPR): Studi Kasus Pantai Sebelah Utara Indramayu-Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Agropolitan* 3(2): 588-600.
- Kuleli T, Guneroglu A, Karsli F, Dihkan M. 2011. Automatic Detection of Shoreline Change on Coastal Ramsar Wetlands of Turkey. *Ocean Engineering* (38): 1141-1149.
- Lillesand TM, Kiefer RW. 1994. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press. 744 hlm.
- Purba M, Jaya I. 2004. Analisis Perubahan Garis Pantai dan Penutupan Lahan antara Way Penet dan Way Sekampung, Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia* 11(2): 109-121.
- Ramadhani YP, Pratikno I, Suryono CA. Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Landsat di Pesisir Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research* 10(2): 299-305.

- Sakka, Purba M, Nurjaya IW, Pawitan H, Siregar VP. 2011. Studi perubahan garis pantai di Delta Sungai Jeneberang, Makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 3(2): 112-126.
- Sari LP, Muliadi, Risiko. 2020. Estimasi Tinggi Gelombang Laut di Perairan Pantai Kijing Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat. *PRISMA FISIKA* 8(1): 50-56.
- Shuhendry. 2004. Abrasi Pantai di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu (Analisis Faktor Penyebab dan Konsep Penanggulangannya) [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro. 164 hlm.
- Solom J, Kushadiwijayanto AA, Nurrahman YA. 2020. Karakteristik Pasang Surut di Perairan Kuala Mempawah Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa* 3(2): 55-60.
- Taofiqurohman A, smail MF. 2012. Analisis spasial perubahan garis pantai di pesisir Kabupaten Subang Jawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 4(2): 280-289.
- Triatmodjo B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset. 397 hlm.
- Triatmodjo B. 2008. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset. 362 hlm.
- Wyrтки K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian waters*. California: the University of California, Scripps Institution of Oceanography. 220 p.