

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DALAM MENDUKUNG KETAHANAN EKOSISTEM PESISIR

ANALYSIS OF SHORELINE CHANGE IN SUPPORTING COASTAL ECOSYSTEM RESILIENCE

Andik Isdianto^{1,2}, Ilham Maulana Asyari², Muchamad Fairuz Haykal², Faradhilah Adibah², Muhammad Javier Irsyad² dan Supriyadi³

¹Coastal Resilience and Climate Change Adaptation – Research Group (CORECT), Universitas Brawijaya, Jalan Veteran, Malang, 65145, Indonesia

²Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jalan Veteran, Malang, 65145, Indonesia

³Program Studi Keamanan Maritim, Fakultas Keamanan Nasional, Universitas Pertahanan, Kawasan IPSC Sentul, Sukahati, Bogor, 16810, Indonesia

E-mail: andik.isdianto@ub.ac.id

ABSTRAK

Total luas Clungup Mangrove Conservation (CMC) adalah 177,24 ha, terdiri dari 71 ha mangrove, 10 ha terumbu karang dan 96,24 ha hutan lindung. Pada tahun 2020, selain pandemi COVID-19, wilayah Malang Selatan juga mengalami bencana lain yaitu banjir rob pada tanggal 26 Mei 2020. Hal tersebut mempengaruhi banyak hal termasuk perubahan garis pantai. Untuk mendukung ketahanan ekosistem pesisir, terutama perubahan garis pantai, perlu dilakukan penelitian tentang perubahan garis pantai selama 12 tahun terakhir (2008-2020). Perhitungan Net Shoreline Movement (NSM), Linear Regression Rate (LRR), dan End Point Rate (EPR) merupakan metode perhitungan perubahan garis pantai dalam metode Digital Shoreline Analysis System. Perhitungan regresi linier digunakan untuk mengukur tingkat perubahan garis pantai, metode yang digunakan adalah Linear Regression Rate (LRR). Akresi tertinggi terjadi di pantai Tiga Warna dengan laju pertumbuhan rata-rata 0,11 meter / tahun dan jarak perubahan rata-rata 1,28 meter. Sedangkan abrasi tertinggi terjadi di Pantai Mini dengan laju abrasi rata-rata -0,33 meter / tahun dan jarak perubahan rata-rata -5,84 meter. Di pantai Gatra, abrasi dan akresi sama-sama tinggi. Informasi mengenai perubahan garis pantai dan prediksi perubahan garis pantai untuk kedepannya merupakan salah satu upaya yang dapat digunakan sebagai upaya awal untuk perlindungan Kawasan pesisir untuk mendukung ketahanan ekosistem pesisir.

Kata kunci : Abrasi, akresi, digital shoreline analysis system, end point rate, net shoreline movement.

ABSTRACT

The total area of Clungup Mangrove Conservation (CMC) is 177.24 ha, consisting of 71 ha of mangroves, 10 ha of coral reefs and 96.24 ha of protected forest. In 2020, apart from the COVID-19 pandemic, the South Malang region also experienced another disaster, namely the tidal flood on May 26, 2020. This affected many things including changes to the coastline. To support the resilience of coastal ecosystems, especially changes in shorelines, it is necessary to conduct research on changes in coastlines over the last 12 years (2008-2020). Calculation

of Net Shoreline Movement (NSM), Linear Regression Rate (LRR), and End Point Rate (EPR) is a method of calculating shoreline changes in the Digital Shoreline Analysis System method. Linear regression calculations are used to measure the rate of change in the shoreline, the method used is the Linear Regression Rate (LRR). The highest accretion occurs at Tiga Warna beach with an average growth rate of 0.11 meters / year and an average change distance of 1.28 meters. Meanwhile, the highest abrasion occurred at Pantai Mini with an average abrasion rate of -0.33 meters / year and an average change distance of -5.84 meters. At Gatra beach, abrasion and accretion are both high. Information about shoreline changes and predictions of changes in coastlines in the future is one of the efforts that can be used as an initial effort to protect coastal areas to support the resilience of coastal ecosystems.

Keywords: Abrasion, Accretion, Digital Shoreline Analysis System, End Point Rate, Net Shoreline Movement.

1. PENDAHULUAN

Isu pemanasan global telah menjadi perhatian yang besar saat ini, karena secara langsung berdampak kepada perubahan iklim global yang mewujudkan atmosfer yang tidak stabil di lapisan bawah terutama yang posisinya dekat dengan permukaan bumi (Susandi et al., 2008). Laju perubahan iklim dapat kita lihat secara temporal, akibat dari perubahan secara alami maupun disebabkan oleh beragam kegiatan manusia (IPCC, 2007). Wujud nyata dari perubahan iklim adalah semakin meningkat intensitas kejadian cuaca ekstrem di suatu kawasan, perubahan pola hujan, serta peningkatan suhu dan permukaan air laut (Isdianto dan Luthfi, 2019). Permukaan air laut yang meningkat dan cuaca ekstrem yang menimbulkan gelombang ekstrem hingga terwujud banjir rob menyebabkan perubahan garis pantai di wilayah pesisir.

Garis pantai adalah pertemuan antara daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut serta keadaannya akan berubah dari waktu ke waktu (Supriyadi *et al.*, 2017). Garis pantai mempunyai bentuk yang bervariasi dan bersifat dinamis yang membuat posisinya dapat mengalami perubahan secara terus menerus (Kasim, 2012). Perubahan garis pantai dapat berupa pengurangan daratan (abrasi), ataupun penambahan daratan (akresi) (Setiani, 2017). Daerah pantai selalu dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti: pusat pemerintahan, permukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian, pariwisata dan lain sebagainya. Hal ini akan meningkatkan kebutuhan akan lahan dan prasarana lainnya, sehingga akan timbul masalah baru di kawasan pantai, seperti erosi pantai, sedimentasi yang mengakibatkan majunya garis pantai dan atau pendangkalan muara sungai, penurunan tanah dan intrusi air asin serta pencemaran lingkungan (Hidayati dan Purnawali, 2015).

Pengamatan terhadap garis pantai yang berubah dapat dilakukan menggunakan metode penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografi (Setiani, 2017). Penginderaan jauh merupakan teknik yang digunakan untuk memperoleh data tentang permukaan bumi dengan menggunakan data dari satelit dan aplikasi pendukungnya (Sambah dan Fusanori, 2013). Jenis data yang dimanfaatkan dalam penginderaan jauh yaitu citra satelit, yaitu gambaran suatu objek di permukaan bumi yang direkam oleh sensor yang ada pada satelit (Somantri, 2008). Kenampakan permukaan bumi sekarang ini dapat dilihat dengan cakupan yang luas tanpa

biaya yang mahal. Salah satunya yaitu dengan memanfaatkan data satelit. Data atau citra satelit merupakan data yang direkam dalam bentuk digital yang didalamnya terdapat informasi tentang kenampakan permukaan bumi (Didan et al., 2015). Data ini memudahkan kita untuk mengolahnya dan juga menginterpretasikannya. Kelebihan dari data ini yaitu memiliki resolusi temporal yang tinggi serta biaya yang murah dengan cakupan liputannya cukup luas. Data perubahan garis pantai bermanfaat untuk membantu dalam mengelola wilayah pesisir, penentuan daerah rentan bencana, mendukung penetapan jalur laut serta pengelolaan dan pengembangan kawasan pesisir.

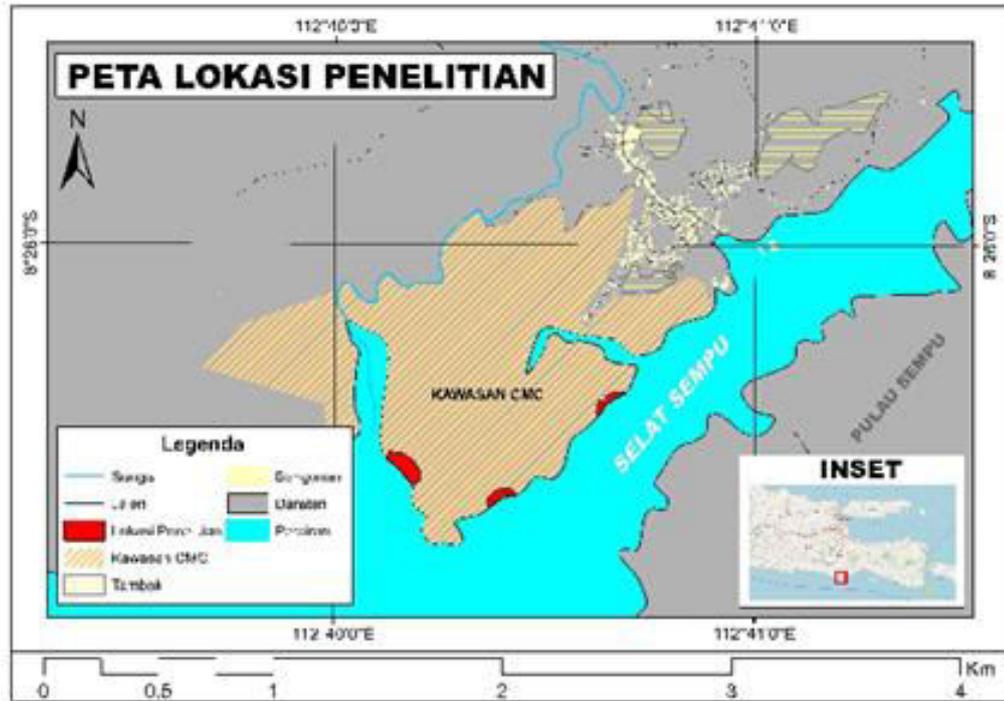
Clungup Mangrove Conservation (CMC) terletak di Desa Tambakrejo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. Ekowisata ini dikelola oleh masyarakat lokal Sendang Biru yang tergabung dalam Yayasan Bhakti Alam Sendang Biru dan EJEJF (*East Java Ecotourism Forum*) dengan total luasan area mencapai 177,24 ha terdiri dari 77,09 ha mangrove, 10 ha terumbu karang dan 96,24 ha hutan lindung. Terdapat enam pantai yang berada didalam pengelolaan *Clungup Mangrove Conservation* (CMC) Tiga Warna. Diantaranya Pantai Clungup, Pantai Gatra, Pantai Sapana, Pantai Mini, Pantai Batu Pecah dan Pantai Tiga Warna.

Pada tanggal 26 Mei 2020, wilayah pesisir Malang Selatan telah terjadi banjir rob yang di akibatkan naiknya volume muka air laut (Wonderful Indonesia, 2020). Bencana banjir rob ini juga terjadi di Kawasan CMC, yang menyebabkan terendamnya kawasan mangrove di CMC hingga merusak hampir setengah dari wilayah penanaman cemara udang. Cemara udang adalah jenis biota yang berfungsi untuk menahan terpaan angin laut dan uap air laut yang mengandung garam sehingga juga mampu mendorong perbaikan lingkungan.

Ketahanan adalah pelengkap dan sublimasi dari konsep pengembangan wilayah yang berkelanjutan. Penilaian ketahanan sendiri digunakan untuk menilai kerentanan wilayah pesisir untuk menghadapi alam bencana seperti gempa bumi, banjir, kebakaran hutan, dan topan (McWethy et al., 2019). Sebagai langkah awal, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan garis pantai di wilayah CMC. Hilangnya wilayah penanaman cemara udang ini mendorong untuk mengembalikan kembali wilayah konservasi tersebut dengan memperhatikan faktor ekologi dan perubahan garis pantai sekitarnya, sehingga ekosistem di sekitar Kawasan CMC akan dapat bertahan dalam kurun waktu yang cukup lama. Menurut Pinto (2015), tumbuhan cemara udang memiliki peran penting dalam faktor pendukung ketahanan ekosistem pesisir. Tumbuhan ini dapat menjadi penahan gelombang dan arus, sehingga probabilitas pantai untuk terjadinya abrasi akan semakin kecil.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 13 – 20 juli 2020 dengan pengambilan data lapang kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data. Gambar 1. Lokasi penelitian berada di Kawasan *Clungup Mangrove Conservation* (CMC) tepatnya di Pantai Gatra, Pantai Mini, dan Pantai Tiga Warna. Pantai terbuka diwakili oleh Pantai Gatra, pantai tertutup diwakili oleh Pantai Tiga Warna, dan Pantai Mini diambil sebagai transisi antara pantai terbuka dan tertutup yang berada ditengah-tengah kedua pantai tersebut.

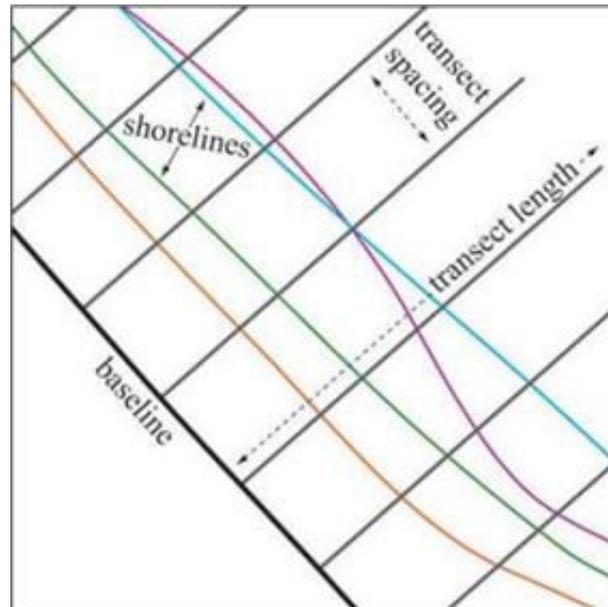


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 1. Rentang waktu dalam pengamatan perubahan garis pantai adalah 12 tahun dengan selang waktu 2 tahunan, menggunakan data tahun 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018 dan 2020. Data diambil melalui Citra Satelit *Landsat 8*, *Landsat 7*, dan *Google Earth*. Laju perubahan garis pantai dihitung menggunakan software *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*, dengan metode *Net Shoreline Movement (NSM)* dan *End Point Rate (EPR)*. Serta *Linear Regression Rate (LRR)* untuk menganalisa tingkat perubahan secara statistik.

Tabel 1. Data Citra Satelit

Sumber Citra Satelit	Tanggal Pengambilan (hari/bulan/tahun)	Sensor
LE07: L1TP11806620080519	12/05/2008	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)
LE07:L1TP11806620161229	21/05/2010	Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)
Google Earth	26/05/2012	Maxar Technologies (MT)
Google Earth	10/05/2014	Maxar Technologies (MT)
Google Earth	28/10/2016	Maxar Technologies (MT)
Google Earth	05/07/2018	Maxar Technologies (MT)
LC08: 1TP11806620200512	16/07/2020	Operational Land Imager (OLI)



Gambar 2. Parameter dalam DSAS

Aplikasi yang digunakan untuk pengolahan data meliputi *ENVI 5.1*, *ArcMap 10.3*, dan *tools* tambahan di *ArcMap 10.3* yaitu *DSAS (Digital Shoreline Analysis System)*. Analisis perubahan garis pantai menggunakan *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* dilakukan dengan cara pertama membuat *shoreline*, selanjutnya membuat *baseline* (garis acuan) (Muryani, 2010). Pembuatan transek tegak lurus dengan garis acuan bertujuan untuk membagi pias-pias garis pantai dan dihitung tingkat perubahan garis pantai dengan *Calculate Statistics* (Dewi *et al.*, 2017). Proses deliniasi perairan dan daratan dilakukan dengan metode *MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index)*, yang bertujuan untuk memperjelas batas antara perairan dan daratan dimana posisi garis pantai dari citra dapat terlihat lebih jelas (Xu, 2006).

Gambar 2. merupakan parameter *baseline* yang berada di daratan (*Onshore*). Transek yang diambil tegak lurus dari garis pantai sejauh 1 m dan sejajar garis pantai sejauh 60 m, hal ini dikarenakan pantai yang diteliti tidak terlalu luas. Pembuatan *baseline* dan *shoreline* menggunakan metode *on screen digitation*, dan *DSAS* dilakukan pada perangkat lunak *ArcGIS 10.3* untuk menghitung perubahan garis pantai secara otomatis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil dan Analisis Laju Perubahan Garis Pantai

Analisa perubahan garis pantai menggunakan data dengan kedudukan muka air laut yang sama sehingga dapat meminimalisir kesalahan perhitungan akibat pasang surut (Putra *et al.*, 2015). Prinsip kerja analisa perubahan garis pantai menggunakan *DSAS* yaitu menggunakan titik-titik yang dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat dengan garis pantai berdasarkan waktu sebagai acuan pengukuran (Istiqomah *et al.*, 2016). Analisa dilakukan dengan menganalisa hasil perhitungan perubahan garis pantai dan melakukan pemilihan data yang mengalami perubahan tertinggi dan terendah pada pantai, serta memprediksi perubahan garis pantai menggunakan metode analisis regresi.

Berdasarkan deteksi dan analisa perubahan garis pantai menggunakan hasil olahan data *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) dapat dilihat bahwa pantai-pantai dalam kawasan CMC terdapat perubahan dalam kurun waktu 12 tahun terakhir dari tahun 2008 sampai 2020. Hasil perhitungan data DSAS selama 12 tahun menggunakan metode *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *End Point Rate* (EPR), dimana jarak yang bernilai positif (+) mempunyai arti garis pantai mengalami kemajuan atau akresi, dan jarak yang bernilai negatif (-) mempunyai arti garis pantai mengalami kemunduran atau abrasi. Erosi dan abrasi adalah peristiwa di pantai yang menyebabkan posisi garis pantai mengalami perubahan (Nugraha *et al.*, 2017). Hasil perhitungan dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Selama 12 Tahun

Daerah	<i>Net Shoreline Movement</i> (meter)				<i>End Point Rate</i> (meter/tahun)				Keterangan
	Tertinggi	Terendah	Rata-rata		Tertinggi	Terendah	Rata-rata		
			+	-			+	-	
Pantai Tiga Warna	2,14	-1,16	1,27	0,63	0,18	-0,10	0,10	0,05	Akresi
Pantai Mini	0,00	-5,84	0,00	4,02	0,00	-0,53	0,00	0,33	Abrasi
Pantai Gatra	7,18	-11,24	3,56	5,57	1,39	-0,92	0,30	0,47	Abrasi



Gambar 3. Perubahan Garis Pantai Menggunakan DSAS

Berbagai faktor yang berperan dalam mekanisme perubahan pantai antara lain besarnya energi gelombang yang menghempas di pantai, sudut yang dibentuk antara muka gelombang saat pecah dengan garis pantai, lereng dasar perairan, jenis dan ukuran sedimen yang terdeposit, keterbukaan pantai terhadap hantaman gelombang dan bentuk morfologi garis pantai (Purba

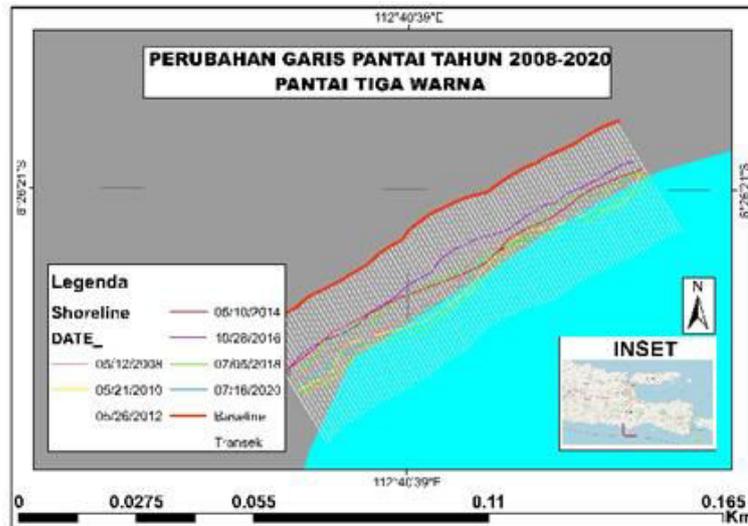
& Jaya, 2004). Garis pantai akan mengalami erosi yang intensif jika morfologinya berupa tanjung, lereng dasar perairan yang relatif curam, tingkat keterbukaan yang tinggi terhadap hantaman gelombang dan energi gelombang yang tinggi.

Perairan terbuka merupakan daerah perairan yang menghadap langsung ke arah laut lepas tanpa adanya penghalang baik itu pulau maupun daratan didepannya sehingga perairan terbuka sangat di pengaruhi oleh arus dan gelombang. Perairan tertutup merupakan daerah perairan yang terhalang oleh pulau, daratan didepannya ataupun teluk sehingga kekuatan arus dan gelombang akan berkurang ketika mencapai pantai (Satria *et al.*, 2014). Perairan terbuka dan tertutup ini juga sangat berpengaruh ke dalam pembentukan garis pantai di kawasan CMC Tiga Warna. Pantai Gatra sebagai wilayah perairan terbuka dan pantai Tiga Warna sebagai pantai yang berada di perairan tertutup, serta pantai Mini berada di perairan tertutup namun berada di depan mulut Selat Sempu. Keberadaan pulau Sempu juga sangat mempengaruhi pantai-pantai di baliknya, berfungsi sebagai pelindung utama dari gelombang dan arus sehingga Selat Sempu menyimpan banyak manfaat dan ekosistem yang sangat baik.

Gambar 4. Perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Tiga Warna berdominan akresi dengan nilai rata-rata sebesar 0,11 meter/tahun dan jarak rata-rata perubahan sebesar 1,28 meter. Hal ini dikarenakan pantai Tiga Warna termasuk ke dalam wilayah perairan tertutup dan terhalang oleh Pulau Sempu. Sedimentasi terjadi karena adanya terumbu karang yang ada di depan Pantai Tiga Warna yang memungkinkan menahan pasir dan menambah volume pasir di pantai tersebut.

Gambar 5. Pantai Mini sesuai namanya memiliki luasan pantai yang kecil, mengalami abrasi dengan nilai rata-rata sebesar -0,33 meter/tahun dan jarak rata-rata perubahan sebesar -5,84 meter. Sekalipun pantai Mini masuk ke dalam wilayah perairan tertutup, namun pantai ini tetap mengalami abrasi. Walaupun pantai ini terhalang oleh Pulau Sempu dan terdapat terumbu karang di depannya namun tetap mengalami abrasi walaupun sedikit demi sedikit. Hal ini dikarenakan tidak ada penghalang gelombang dan berada di bibir selat, sehingga pantai ini mudah terkena arus dan gelombang yang menyebabkan Pantai Mini tersusun atas substrat berpasir dengan ukuran butir kecil.

Gambar 6. Perubahan garis pantai yang terjadi di Pantai Gatra mengalami abrasi dengan nilai rata-rata sebesar -0,47 meter/tahun dan jarak rata-rata perubahan sebesar -11,24 meter. Pantai Gatra termasuk perairan terbuka yang tidak terhalang apapun di depannya, sehingga Pantai Gatra berhadapan langsung dengan gelombang dan arus.



Gambar 4. Hasil DSAS Pantai Tiga Warna



Gambar 5. Hasil DSAS Pantai Mini



Gambar 6. Hasil DSAS Pantai Gatra

3.2 Prediksi Perubahan Garis Pantai

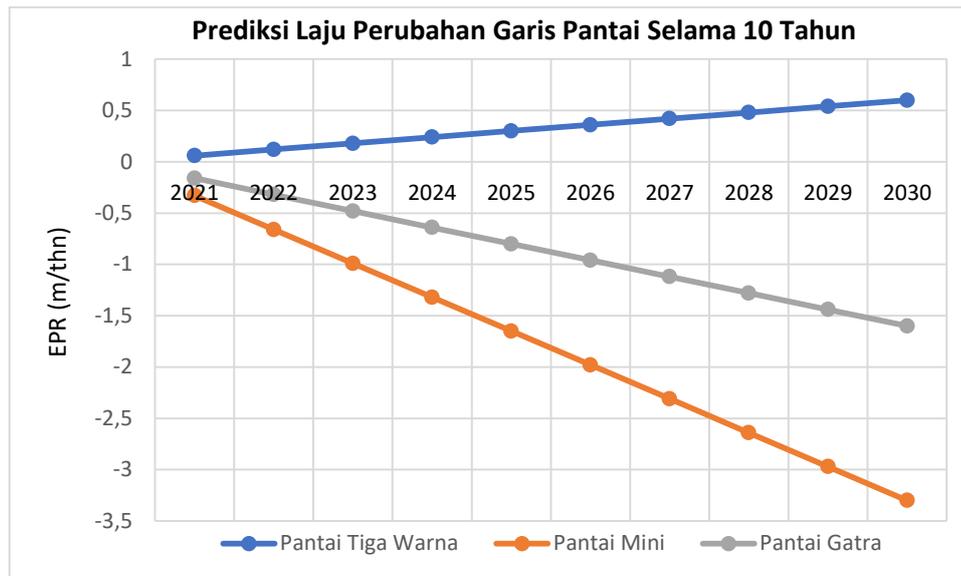
Pada penelitian ini dilakukan prediksi untuk 10 tahun mendatang. Jika nilai koefisien korelasi (R) mendekati 1 maka dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bahwa di lokasi tersebut akan mengalami perubahan garis pantai (Ko *et al.*, 2015). Wilayah yang mengalami akresi di masa mendatang pantai akan terus maju pada setiap tahunnya dikarenakan akan tetap mengalami akresi. Sedangkan apabila mengalami abrasi pantai akan mengalami kemunduran pada setiap tahunnya hal ini dikarenakan akan terjadi abrasi di tahun-tahun berikutnya (Pranoto, 2007).

Tabel 3. Metode *Linear Regression Rate* (LRR) digunakan untuk menganalisa secara statistik tingkat perubahan dengan menggunakan regresi linear. Selama sepuluh tahun ke depan, Pantai Tiga Warna akan mengalami akresi sebesar 0,60 m dengan laju rata-rata perubahan sebesar 0,24 meter/ tahun. Pantai Mini akan mengalami abrasi sebesar -3,30m dengan laju rata-rata abrasi sebesar -0,33 meter/tahun. Pantai Gatra mengalami kemunduran pantai dengan nilai abrasi -1,60m dan memiliki laju rata-rata -0,16 meter/tahun.

Pantai yang dapat diprediksikan mengalami penambahan tertinggi adalah pantai Tiga Warna, dikarenakan lokasi pantai yang terhalang oleh Pulau Sempu dan keberadaan terumbu karang membuat sedimentasi. Pantai yang mengalami abrasi tertinggi adalah pantai Mini, dikarenakan kondisi pantai yang kecil dan tidak ada penghalang selain pulau Sempu.

Tabel 3. Prediksi Perubahan Garis Pantai

No	Daerah	Linear Regression Rate (meter/tahun)									
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	Pantai Tiga Warna	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60
2	Pantai Mini	-0,33	-0,66	-0,99	-1,32	-1,65	-1,98	-2,31	-2,64	-2,97	-3,30
3	Pantai Gatra	-0,16	-0,32	-0,48	-0,64	-0,80	-0,96	-1,12	-1,28	-1,44	-1,60



Gambar 7. Grafik Prediksi Laju Perubahan Garis Pantai

3.3 Pengaruh Garis Pantai Terhadap Ketahanan Ekosistem Pesisir

Ketahanan antara tanah-air-keanekaragaman hayati menekankan kepada pola interaksi antara ekosistem yang berbeda, mengatur kepada tata guna lahan dan konservasi keanekaragaman hayati untuk memelihara sistem ketahanan (Wang *et al.*, 2018). Ketahanan menekankan kepada upaya pengurangan kerusakan jangka pendek dan untuk memprediksi tindakan adaptasi di jangka panjang. Sedangkan pengertian ekosistem sendiri merupakan suatu hubungan interaksi (timbal balik) antara makhluk hidup dengan lingkungannya (Supiyati, 2008). Ketahanan ekosistem adalah kemampuan untuk mendapat gangguan dan pulih kembali ke keadaan normal tanpa merubah asal fungsinya. Ekosistem dianggap tangguh jika dapat beradaptasi untuk merubah dan mempertahankan status aktif yang tetap stabil. Kondisi ekosistem yang tangguh sangat diperlukan sebagai upaya pengurangan resiko bencana di komunitas pesisir (Islam *et al.*, 2020).

Ketahanan telah menjadi acuan untuk mewujudkan adaptasi terhadap perubahan iklim dan pengurangan risiko bencana yang terjadi. Wujud dari bencana pesisir seperti tsunami, banjir, dan erosi pantai merupakan bencana yang lebih cepat terjadi daripada kenaikan permukaan laut yang terjadi akibat perubahan iklim (Oktari *et al.*, 2020). Ketahanan wilayah pesisir adalah sebuah tantangan besar, karena wilayah pesisir merupakan daerah yang paling rentan terhadap adanya suatu perubahan. Ketahanan ekosistem pesisir merupakan besarnya gangguan yang dapat diserap oleh ekosistem yang berada di kawasan pesisir, termasuk di dalamnya adalah perubahan garis pantai yang sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem pesisir. Hal ini terjadi, diakibatkan kurangnya pemahaman dari masyarakat dan pemangku kebijakan, serta kekurangsiapan wilayah pesisir untuk beradaptasi dan berintegrasi terhadap perubahan yang dinamis tersebut.

Perubahan garis pantai ditunjukkan oleh perubahan kedudukannya, tidak hanya ditentukan oleh suatu faktor tunggal tapi oleh sejumlah faktor beserta interaksinya yang merupakan hasil gabungan dari proses alam dan manusia. Faktor alami berasal dari pengaruh proses-proses hidro-oseanografi yang terjadi di laut seperti hempasan gelombang, perubahan pola arus, variasi pasang surut, serta perubahan iklim (Halim *et al.*, 2016). Faktor gelombang merupakan

salah satu variabel yang masuk ke dalam ketahanan ekosistem pesisir karena bersifat destructive dan constructive (Dhanista, 2017). Gelombang akan mempengaruhi garis pantai, terjadi kemajuan (akresi) maupun kemunduran pantai (abrasi).

Perubahan garis pantai menggunakan metode DSAS akan menunjukkan hasil nilai akresi dan abrasi, dimana nilai ini akan berbeda-beda dominasinya pada setiap lokasi penelitian. Menurut Fuad et al (2019), perubahan garis pantai di wilayah pesisir Tuban Barat pada kurun waktu tahun 1973 hingga 2017 menunjukkan laju akresi terbesar yaitu 7,32 m/tahun dimana hal ini terjadi di wilayah yang dekat dengan muara sungai, jetty, reklamasi pantai, wilayah yang dilakukan penanaman cemara laut dan wilayah yang dibangun *seawall*. Laju abrasi terbesar yaitu -4,11 m/tahun terjadi di wilayah tanpa *seawall* dan dekat dengan jetty, yang memberikan informasi bahwa wilayah pesisir yang tanpa memiliki bangunan pelindung akan mudah terjadi abrasi. Bahkan wilayah yang dekat dengan keberadaan pelabuhan khusus, bangunan yang berada di sekitar wilayah pesisir mengalami kerusakan. Baskoro et al. (2018), menyampaikan bahwa perubahan garis pantai yang terjadi di Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan dari tahun 2002-2018 memiliki nilai abrasi maksimal sebesar 11,36 m/tahun dan nilai akresi maksimal sebesar 32,10 m/tahun. Besarnya nilai akresi yang terjadi, diakibatkan oleh penambahan lahan baru atau reklamasi yang dipergunakan sebagai kawasan pemukiman dan pelabuhan. Bentuk intervensi manusia secara nyata kepada kawasan pesisir ini mewujudkan ketidakstabilan lingkungan secara alami, sehingga ketahanan ekosistem pesisir terganggu.

Perubahan terhadap ketahanan ekosistem pesisir pada kawasan pantai di CMC Tiga Warna juga berpotensi besar terjadi. Sekalipun hasil perhitungan perubahan garis pantai menunjukkan nilai perubahan yang tidak signifikan, namun pantai di Kawasan ini tersusun atas substrat berpasir dan bentuk pantai berteluk. Memiliki potensi bencana yang tinggi karena terletak diantara pertemuan dua lempeng (lempeng eurasia dan Indo-Asutralia) yang sangat aktif yang akan menjadi sumber bencana tsunami terjadi. Kawasan pantai ini juga berbatasan langsung dengan Samudera Indonesia sehingga sangat berpotensi akan terjadinya gelombang tinggi (Sheila et al., 2014).

Fenomena pembangkitan gelombang ini telah memunculkan banjir rob pada pantai CMC Tiga Warna yang terjadi pada 26 Mei 2020 – 27 Mei 2020 (Medcom, 2020). Dari hasil wawancara warga setempat mengatakan bahwa banjir rob ini biasanya terjadi selama 4 tahun sekali, namun pada tahun 2020 merupakan banjir rob terbesar yang terjadi. Pengelola kawasan *Clungup Mangrove Conservation* (CMC) Tiga Warna menyatakan bahwa adanya banjir rob ini menyebabkan terendamnya kawasan mangrove hingga merusak hampir setengah dari cemara udang.

Berdasarkan potensi pembangkitan gelombang, morfologi pantai, potensi bencana tsunami dan banjir rob yang sering terjadi pada kawasan CMC Tiga Warna, maka diperlukan upaya perlindungan kawasan pesisir untuk merancang skenario pengurangan dampak dari abrasi dan gelombang ekstrim, sehingga potensi bencana banjir rob di masa datang dapat diantisipasi dengan baik. Hal ini sejalan dengan yang disampaikan oleh Isdianto et al. (2014), bahwa perlu adanya upaya akomodatif dan proteksi secara sistematis yang bertujuan melindungi wilayah pesisir dan pemanfaatan lahan saat ini dapat dipertahankan dengan baik.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian ini sebagai berikut. Perubahan garis pantai di wilayah CMC Tiga Warna pada tahun 2008-2020 tidak mengalami perubahan yang sangat drastis namun tetap ada perubahan. Pada pantai Tiga Warna lebih dominan terjadi akresi. Pada pantai Mini hanya terjadi abrasi tanpa adanya akresi yang di temukan dari hasil olah data DSAS. Sedangkan pada Pantai Gatra dominan terjadi akresi, namun dari ketiga pantai tersebut memiliki perubahan yang dominan kecil. Prediksi perubahan garis pantai di wilayah CMC Tiga Warna yang akan terjadi pada sepuluh tahun mendatang pada Pantai Tiga Warna terjadi akresi. Pada pantai Mini dan pantai Gatra terjadi abrasi. Informasi mengenai perubahan dan prediksi garis pantai untuk kedepannya dapat dijadikan sebagai upaya awal untuk perlindungan Kawasan pesisir untuk mendukung ketahanan ekosistem pesisir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada semua pengelola *Clungup Mangrove Conservation* (CMC) Tiga Warna yang telah mendukung penelitian ini, dan rekan-rekan semua yang telah banyak meluangkan waktu, bantuan dan dukungan atas terselenggaranya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baskoro, N. C., Joesidawati, M. I., & Sukma, R. N. (2018). Perubahan Garis Pantai Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan, Menggunakan Citra Landsat Dengan Metode Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat III, Tuban*, 10.
- Dhanista, W. L. 2017. *Gelombang Laut*. ITS.
- Didan K., Munoz A.B., Solano R., Huete A., 2015. *MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series)*. The University of Arizona, Vegetation Index and Phenology Lab, 1-38.
- Fuad M. A. Z., Nena Yunita, R. D. Kasitowati, Nurin Hidayati, & Aida Sartimbul. (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.
- Halim., Halili., Afu La Ode Alirman. 2016. Studi Perubahan Garis Pantai Dengan Pendekatan Penginderaan Jauh di Wilayah Pesisir Kecamatan Soropia. *Jurnal Sapa Laut*, 1(1): 24-31.
- Hidayati Nurin dan Purnawali Hery Setiawan. 2015. Deteksi Perubahan Garis Pantai Pulau Gili Ketapang Kabupaten Probolinggo. *Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan V*, Universitas Brawijaya Malang.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Isdianto Andik, Citrosiswoyo Wahyudi dan Sambodho Kriyo. 2014. Zonasi Wilayah Pesisir Akibat Kenaikan Muka Air Laut. *Jurnal Permukiman*, 9(3): 148-157.

- Isdianto Andik, dan Oktiyas Muzaky Luthfi. 2019. Persepsi dan Pola Adaptasi Masyarakat Teluk Popoh Terhadap Perubahan Iklim. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 5(2): 77-82.
- Islam Ashraful., Paull David J., Griffint Amy L., Sanzida Murshed. 2020. Assessing ecosystem resilience to a tropical cyclone based on ecosystem service supply proficiency using geospatial techniques and social responses in coastal Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 49.
- Istiqomah, F., Sasmito, B. dan Amarrohman, F. J. 2016. "Pemantauan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Aplikasi Digital Shoreline Anaysis System (DSAS) Studi Kasus : Pesisir Kabupaten Demak". *Jurnal Geodesi Undip*.
- Kasim F. 2011. *Penilaian kerentanan pantai menggunakan metode integrasi CVI-MCA dan SIG, studi kasus; garis pantai pesisir Utara Indramayu*. Sekolah Pascasarjana IPB, Jurusan Ilmu Kelautan. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.
- Kasim F. 2012. Pendekatan Beberapa Metode Dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG. *Jurnal Ilmiah Agropolitan*, 5(1).
- Ko, B.C., Kim, H.H., Nam, J.Y., 2015. Classification of potential water bodies using Landsat 8 OLI and a combination of two boosted random forest classifiers. *Sensors* 15, 13763 – 13777
- Luthfi Oktiyas Muzaky., Yulianto Firly., Pangaribuan Sanydo Pandapotan Caesar., Putranto Dimas Bagus Dwi., Alim Dimas Syarif., Sasmitha Respati Dwi. 2019. Kondisi Substrat Dasar Perairan Cagar Alam Pulau Sempu, Kabupaten Malang. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(1): 77-83.
- McWethy, D.B., Schoennagel, T., Higuera, P.E., Krawchuk, M., Harvey, B.J., Metcalf, E.C., Schultz, C., Miller, C., Metcalf, A.L., Buma, B., Virapongse, A., Kulig, J.C., Stedman, R.C., Ratajczak, Z., Nelson, C.R., Kolden, C., 2019. Rethinkin resilience to wildfire. *Nat.ustain*. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0353-8>.
- Medcom. 2020. <https://www.medcom.id/nasional/daerah/Wb70QAak-banjir-rob-terjang-pantai-selatan-malang>.
- Muryani C. 2010. Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan SIG serta Dampaknya terhadap Kehidupan Masyarakat di Sekitar Muara Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan. *Forum Geografi*, 24(2), 173-182.
- Muttaqin Tatag., Purwanto Ris Hadi., Rufiqo Siti Nurul. 2011. Kajian Potensi dan Strategi Pengembangan Ekowisata di Cagar Alam Pulau Sempu Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur. *Jurnal GAMMA*, 6(2): 152 – 161.
- Oktari Rina Suryani., Comfort Louise K., Syamsidik., Putra Dwitama. 2020. Measuring Coastal Cities' Resilience Toward Coastal Hazards: Instrument Development and Validation. *Journal Progress in Disaster Science*, 5.
- Pinto, Zulmiro. 2015. Kajian Perilaku Masyarakat Pesisir yang Mengakibatkan Kerusakan Lingkungan. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*. 3 (3) : 163-174.
- Pranoto, S. 2007. "Prediksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Model Genesis". Berkala Ilmiah Teknik Keairan, 13, hal. 145–154.

- Purba Mulia dan Jaya Indra. 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).
- Putra, I.M.A.W., Susanto, A., Soesanti, I., 2015. *Pemodelan Perubahan Garis Pantai dengan Metode End Point Rate pada Citra Satelit Landsat*.
- Sambah Abu Bakar, dan Fusanori Miura. 2013. *Remote Sensing, GIS, and AHP for Assessing Physical Vulnerability to Tsunami Hazard*. International Scholarly and Scientific Research & Innovation 7(10).
- Satria Guliano Gema Adi, Sulardiono Bambang, Purwanti Frida. 2014. Kelimpahan Jenis Teripang Di Perairan Terbuka Dan Perairan Tertutup Pulau Panjang Jepara, Jawa Tengah. *Journal of Maquares*, 3(1): 108-115.
- Setiani Masaji Faiz Dani Agus., Fuad Arif Zainul., Saputra Dhira Khurniawan. 2017. *Deteksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Digital Shoreline Analysis System (Dsas) Di Pesisir Timur Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur*. Artikel Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Sheila, A. M., Sujito, D. A, Suaidi. 2014. Hazard Potential Distribution Of Affected By The Tsunami In The Along South Coast Region Of Malang, East Java. *Journal online um*. 2(1).
- Somantri L. 2008. *Pemanfaatan Teknik Penginderaan Jauh Untuk Mengidentifikasi Kerentanan Dan Risiko Banjir*. *Jurnal Gea*. Jurusan Pendidikan Geografi. 8 (2).
- Supiyati. 2008. Analisis Peramalan Ketinggian Gelombang Laut Dengan Periode Ulang Menggunakan Metode Gumbel Fisher Tippet-Tipe 1 Studi Kasus : Perairan Pulau Baai Bengkulu. *Jurnal Gradien*. 4(2): 349-353.
- 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*.
- Susandi Armi., Herlianti Indriani., Tamamadin Mamad., Nurlela Irma. 2008. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut Di Wilayah Banjarmasin. *Jurnal Ekonomi Lingkungan*, 12(2).
- Wang, Q., Li, Yi, Li, Yangfan, 2018. Realizing a new resilience paradigm on the basis of land-water-biodiversity nexus in a coastal city. *Ocean Coast. Manag.* <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.09.004>
- Wonderful Indonesia. 2020. www.wonderfulindonesia.com.
- Xu H., 2006. *Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery*. Int. J. Remote Sens. 27, 3025–3033. doi:10.1080/01431160600589179