

KAJIAN EROSI PANTAI DI KAWASAN PANTAI MUARAREJA KOTA TEGAL, PROVINSI JAWA TENGAH

Ratih Dianawati
ratihdianawati@gmail.com

Langgeng Wahyu Santosa
langgengw@ugm.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji proses erosi pantai di Pantai Muarareja serta faktor-faktor yang mempengaruhinya dan merumuskan strategi penanganan erosi pantai yang tepat. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif untuk mengetahui proses erosi di daerah penelitian. Penentuan erosi atau akresi didasarkan dari hasil perhitungan indeks G_0 , analisis citra menggunakan Digital Shoreline Analysis System (DSAS), serta pengamatan kondisi di lapangan. Sedangkan konsep penanggulangan erosi dan pengelolaan wilayah pesisir terpadu dianalisa melalui studi literatur. Proses dominan di daerah penelitian berdasar perhitungan indeks G_0 ialah akresi. Sedangkan analisis DSAS menggunakan metode End Point Rate dan Linear Regression Rate pada citra tahun 2004-2015 menunjukkan hasil erosi. Rata-rata laju perubahan garis pantai dengan metode EPR sebesar -1,019 m/th sedangkan LRR sebesar -0,758 m/th. Erosi pantai dapat ditangani dengan beberapa cara diantaranya melalui pembuatan pelindung pantai buatan dan penanaman pelindung alami pantai.

Kata kunci : Erosi pantai, Dinamika pantai, Perubahan garis pantai, Pengelolaan wilayah pesisir, Pantai Muarareja

ABSTRACT

The purpose of this research are to study the process of coastal erosion and the factors that influence, then formulate a strategy for right handling in Muarareja coastal area. Data analyzed used descriptive quantitative to identify process of erosion in area of study. Determination of erosion or accretion based on the calculation results of G_0 Index, satellite image analysis used Digital Shoreline Analysis System (DSAS), and observations in the field. While the concept of erosion control and integrated coastal zone management is analyzed through study literature. G_0 Index show that dominant process in the area of study is the accretion. While the DSAS using End Point Rate and Linear Regression Rate method in 2004-2015 image shows the result of erosion. The average rate of change in the coastline with EPR method is -1.019 m/yr, while the LRR is -0.758 m / yr. Erosion can be handled in several ways including through the creation of artificial coastal protection and planting natural protective.

Keyword: Coastal erosion, Coastal dynamic, Shoreline change, Coastal management, Muarareja coastal area

PENDAHULUAN

Erosi dan sedimentasi merupakan salah satu isu penting bagi wilayah kepesisiran, khususnya bagi Indonesia.. Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji fenomena erosi pantai dan dampaknya terhadap lingkungan. Erosi pantai memiliki dampak yang serius bagi negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya berbatasan langsung dengan laut. Sekitar 60 persen dari total jumlah penduduk Indonesia tinggal di wilayah kepesisiran.

Proses erosi telah mencapai tahapan kritis yang mengakibatkan degradasi lingkungan kepesisiran. Kerugian yang ditimbulkan sudah sangat besar seperti banyak lahan yang hilang, kerusakan perumahan dan fasilitas umum, hingga kerusakan tambak. Diposaptono menjelaskan bahwa erosi pantai di Indonesia dapat diakibatkan oleh proses alami, aktivitas manusia maupun kombinasi keduanya. Permasalahan di kawasan Pantai Muarareja berupa erosi pantai terjadi setiap tahun dan menimbulkan kerugian yang tidak sedikit. Sebab, erosi pantai menyerang dan merusak tambak-tambak warga. Menurut Forum Pemberdayaan Masyarakat Pantai (FPMP) Kota Tegal, lebar daratan pantai yang awalnya mencapai 200 meter, tergerus ombak hingga lebih dari 100 meter dengan panjang 3 kilometer, bahkan jarak pantai dengan pemukiman hanya sekitar 30 meter pada tahun 2006. Selama kurun waktu 19 tahun terakhir, di wilayah ini, erosi pantai mengakibatkan sekitar 300 hektare lahan tambak hancur. Selain menyerang tambak, erosi pantai ini bahkan telah menyerang pemukiman penduduk. Oleh sebab itu, diperlukan analisis mengenai faktor penyebab terjadinya erosi pantai di wilayah ini, baik dari faktor abiotik, biotik maupun kultural. Kajian mengenai erosi pantai tidak hanya dengan melihat faktor yang berpengaruh, melainkan juga dengan memberikan strategi penanganan erosi

pantai yang sesuai dan dapat diterapkan guna mengurangi dampak.

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Mengkaji proses erosi pantai di daerah penelitian serta faktor-faktor yang mempengaruhinya; dan
- 2) Merumuskan strategi penanganan erosi pantai yang tepat di daerah penelitian .

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif, Pemilihan sampel lokasi menggunakan metode *purposive sampling*. Data yang telah diperoleh dianalisis secara untuk menghasilkan data terjadinya proses erosi pantai serta dampaknya. Sementara untuk mendapatkan strategi penanganan erosi pantai dilakukan melalui studi literatur.

Data dan Variabel

Data dalam penelitian ini meliputi data sekunder dan data primer. Data sekunder pada dasarnya merupakan data yang telah ada, baik dari penelitian, pengukuran maupun pengamatan terdahulu. Data sekunder yang digunakan baik yang berkaitan langsung dengan penelitian maupun data penunjang penelitian. Data sekunder yang digunakan antara lain: (1) data angin, (2) data pasang surut, (3) data hasil analisis ukuran butir pasir Pantai Muarareja dan (4) hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Sedangkan data primer yang diperoleh melalui kegiatan survei dalam bentuk pengamatan, pengukuran, dan penyelidikan serta kegiatan wawancara secara langsung di lapangan antarlain: (1) data morfologi pantai, (2) data kecepatan angin dan periode gelombang dan (3) data arus susur pantai

Pengolahan dan Analisis Data

1. Analisis erosi pantai dan faktornya
 - a. Angin dan Gelombang

Data angin diolah untuk memperoleh data gelombang. Hubungan antara gelombang dan angin menggunakan pedoman dari Thurman dan Duxburry dengan ketentuan sebagai berikut:

- Konversikan kecepatan angin pada ketinggian 10 m di darat atau menjadi data angin laut.
- $U_{10} = U_z (10/z)^{1/7}$, untuk $z < 20$ m
- Suhu udara di darat (T_a)
- Suhu air laut (T_s)
- Kecepatan angin terkoreksi (U)

$$U = R_T \times R_L \times U_{10}$$
- Periode gelombang (T)
- Panjang gelombang (L_0) = $1,56 T^2$
- Tinggi gelombang (H_0) = $0,031 U^2$
- Cepat rambat gelombang (C_0) = $1,56 T$
- Tinggi Gelombang Pecah (H_b)

$$= 0,39 \times g \times (T \cdot H_0)^{0,4}$$

Penentuan sifat gelombang :

- a. Destruktif, jika $H_0 / L_0 \geq 0,025$
- b. Konstruktif, jika $H_0 / L_0 < 0,025$

Dasar penentuan erosi menggunakan konstanta G_0 yang dihitung dengan rumus (CERC, 1984):

$$G_0 = H_0 / L_0 (\tan \alpha)^{0,27} (d_{50} / L_0)^{0,67}$$

dimana

akresi jika $G_0 > 1/9$; erosi jika $G_0 < 1/18$

b. Arus

Data arus berupa arah dan kecepatan dari hasil pengukuran di lapangan telah menunjukkan kecepatan arus susur pantai atau dapat pula diketahui dengan pendekatan numerik berdasarkan tinggi gelombang (H_b) dan sudut datang gelombang pecah (α_b). *Longuet-Higgins* menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai sebagai berikut:

$$V_L = 1,19 (g \cdot H_b)^{0,5} \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$$

dimana,

V_L : kecepatan arus susur pantai

g : percepatan gravitasi

H_b : tinggi gelombang pecah

α_b : sudut datang gelombang pecah

c. Pasang Surut (pasut)

Penentuan tipe pasang surut ditentukan berdasarkan bilangan Formzahl (F) yang dinyatakan dalam bentuk:

$$F = \frac{AO_1 + AK_1}{AM_2 + AS_2}$$

dimana,

F = bilangan Formzahl

AK_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari.

AO_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

AM_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

AS_1 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

Ketentuan:

$F \leq 0,25$ = pasang surut tipe ganda (*semidiurnal tides*)

$0,25 < F \leq 1,5$ = pasang surut tipe campuran condong harian ganda (*mixed mainly semidiurna tides*)

$1,50 < F \leq 3,0$ = pasang surut tipe campuran harian tunggal (*mixed mainly tides*)

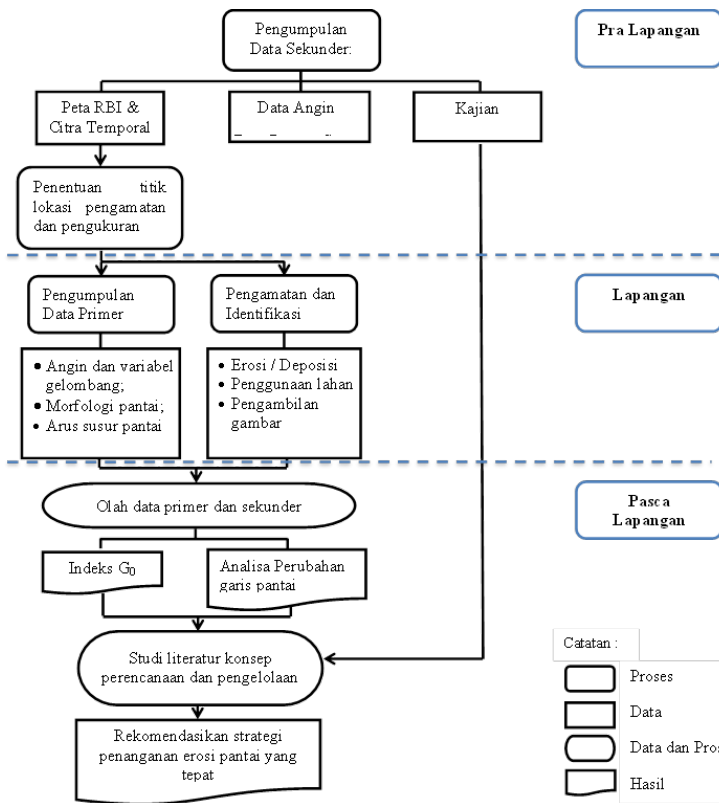
$F > 3,0$ = pasang surut tipe tunggal (*diurnal tides*)

2. Analisis untuk perumusan strategi penanganan erosi pantai

Perumusan strategi penanganan erosi pantai dilakukan dengan kajian studi literatur mengenai konsep perencanaan dan pengelolaan pesisir. Hasil kajian studi literatur ini kemudian dikomparasikan

dengan hasil kajian karakteristik lingkungan pesisir di daerah penelitian. Sehingga diperoleh rumusan strategi penanganan erosi pantai yang tepat diterapkan di daerah penelitian. Analisis untuk memperoleh rumusan strategi berupa analisis komparatif dengan didasarkan pada personal adjustment.

3. Kerangka Penelitian



Gambar 1. Kerangka Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pantai

Lokasi penelitian merupakan pantai berpasir yang termasuk dalam bentangalam pantai yang netral. Hal tersebut dicirikan dengan kenampakan garis pantai yang relatif lurus, morfologi pantai landai, dan ombak yang tidak begitu besar. Pantai ini tergolong erosif. Kondisi tersebut dapat dilihat dari adanya *beach scarp*. Bila didasarkan pada interpretasi citra, terdapat gisik sepanjang pantai dengan lebar yang tergolong sempit.

Secara umum, sepanjang pantai memiliki morfologi landai, dengan slope berkisar 1-7°.

Karakteristik Sedimen

Sedimen yang terdapat di daerah penelitian adalah *very fine sand*, *fine sand*, *medium sand* dan *coarse sand*. Sedimen yang mendominasi adalah material pasir sedang (*medium sand*) dan pasir halus (*fine sand*). Tanah pasir yang bergradasi baik memiliki $C_u > 6$ dan C_c antara 1-3. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh koefisien keseragaman sampel sedimen di daerah penelitian berkisar antara 1,93 hingga 2,37. Sementara koefisien gradasinya sebesar 0,88 hingga 1,34. Artinya, gradasi tanah pasir di daerah penelitian tergolong buruk (*poorly graded*). Hal ini terjadi sebab ukuran butirannya tidak terbagi secara merata.

Segmen tengah dan barat memiliki ukuran ukuran butir halus dan memiliki sortasi yang cukup baik (*Moderately Well Sorted*). Material halus mendominasi di bagian tengah pantai. Ukuran butir ini menggambarkan tingkat resistensi partikel terhadap pelapukan serta erosi. Karakteristik sedimen pasir sendiri menjadi salah satu faktor penting dalam proses erosi. Mengingat bahwa pantai ini merupakan pantai yang tersusun oleh endapan pasir yang cenderung erosif. Hasil ini bermanfaat guna menginterpretasikan pengendapan dari sedimen tersebut. Selain juga untuk mengetahui erosifitas sedimennya.

Analisis Perubahan Garis Pantai

Kenampakan erosi terlihat pada beberapa ruas pantai seperti terlihat pada peta (Terlampir). Energi gelombang di lokasi penelitian tergolong lemah dipengaruhi oleh angin dengan kecepatan berkisar 2-4 m/s. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan indeks pecah gelombang Galvin, maka diketahui bahwa

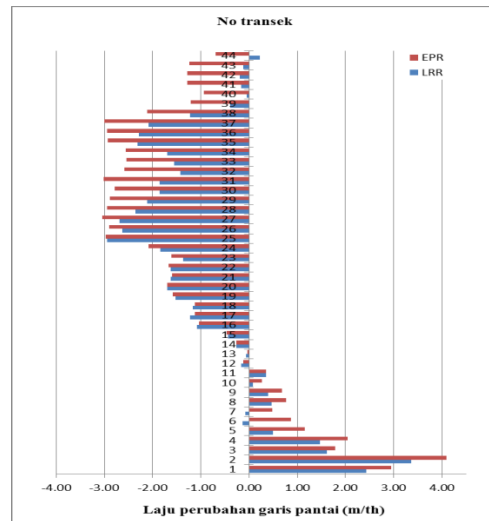
gelombang laut termasuk tipe *surging* dan tipe *plunging*. Keterbukaan pantai terhadap empasan karena tidak terdapatnya penghalang (*barrier*) juga membuat daratan pantai lebih mudah tergerus oleh gelombang. Selain itu, erosi juga dapat dipermudah karena lereng gisik pantai yang landai.

Kaitan antara parameter-parameter oseanografi terhadap erosi, dapat dilihat dari data ukuran butir sedimen pada nilai d_{50} . Proses dominan yang terjadi ini terlihat dari terdapatnya nilai G_0 sebesar 0,12-0,6. Meskipun demikian terdapat pula proses lain berupa erosi dengan intensitas yang lebih rendah. Hasil ini ditunjukkan dari nilai G_0 dibawah 0,05 diantaranya 0,02-0,04. Selama pengukuran juga terdapat proses kecenderungan kondisi keseimbangan dinamis (*dynamic equilibrium*) sebab beberapa data menunjukkan nilai diantara batas nilai indeks untuk erosi serta batas nilai indeks untuk akresi. Karena pengukuran tidak dilakukan secara berkala, maka hasil ini dianggap mewakili waktu saat pengukuran saja.

Selain menghitung indeks G_0 , proses di lokasi penelitian juga diketahui dari perubahan garis pantai. Jarak dan laju perubahan garis pantai diketahui melalui pendekatan statistik menggunakan DSAS berdasarkan citra multitemporal selama kurun waktu 2004-2015. Jarak perubahan diketahui melalui metode *Shoreline Change Envelope (SCE)*. Jarak perubahan terjauh antara tahun 2004-2015 sebesar 44,22 meter. Sementara jarak perubahan rerata selama kurun waktu tersebut sebesar 23,83 meter. Selanjutnya laju perubahan garis pantai dihitung dengan metode *End Point Rate (EPR)* dan *Linear Regression Rate (LRR)*. Pada metode EPR, laju akresi terbesar antara tahun 2004-2015 terjadi pada transek 2 yaitu sebesar 4,090 m/th. Sementara laju erosi terbesar terjadi pada transek 28 dengan laju sebesar 3,040 m/th. Rata-rata laju perubahan

garis pantai dengan metode EPR ini sebesar -1,019 m/th. Hasil tersebut bernilai negatif, mengindikasikan bahwa rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi selama kurun waktu tersebut berupa erosi pantai. Seperti halnya dengan metode EPR, metode LRR juga menunjukkan rata-rata laju perubahan garis pantai selama kurun waktu tersebut berupa erosi. Nilainya sebesar -0,758 m/th. Pada metode LRR, laju akresi terbesar juga terjadi pada transek 2 dengan nilai sebesar 3,360 m/th. Sementara laju erosi terbesarnya ialah 2,940 m/th yang terjadi pada transek 25.

Hasil perhitungan dengan metode EPR dimana laju erosi terkecil sebesar 0,050 m/th dan laju erosi terbesar sebesar 2,940 m/th. Artinya, dalam kurun waktu antara tahun 2004-2015 terjadi pengurangan daratan pantai sebesar 0,55 meter hingga 32,43 meter. Sementara bila didasarkan pada hasil perhitungan dengan metode LRR dimana laju erosi terkecil sebesar 0,03 m/th dan laju erosi terbesarnya sebesar 3,040 m/th, maka selama kurun waktu tersebut telah terjadi perubahan garis pantai sedikitnya sebesar 0,33 meter hingga 33,44 meter ke arah darat. Hasil perhitungan laju perubahan garis pantai ditampilkan pada Gambar 2..



Gambar 2 .
Perbandingan Laju Perubahan Garis Pantai dengan Metode EPR dan LRR

Perubahan garis pantai pada lokasi penelitian juga dipengaruhi oleh aktivitas manusia, seperti berkurangnya luasan hutan mangrove sebagai *barrier* alami. Masyarakat lebih memilih memanfaatkan lahan untuk area tambak sebab dianggap lebih menguntungkan. Berdasarkan data statistik Kota Tegal, Muarareja merupakan kelurahan dengan luas penggunaan lahan berupa tambak terbesar.

Konsep Penanggulangan

a. Bangunan Pelindung Pantai

Bangunan pelindung pantai merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk melindungi pantai dari kerusakan akibat kekuatan asal laut seperti gelombang dan arus. Pelindung pantai yang telah dibangun pada sepanjang Pantai Muarareja diantaranya ialah groin, jetty, dan *revetment*. Bangunan pelindung pantai ini hanya ditemukan pada pantai bagian barat. Sehingga, intensitas erosi pada pantai bagian timur tetap besar. Meskipun pada dasarnya fungsi bangunan pelindung pantai untuk melindungi pantai namun selain kelebihan tersebut, perlu juga dipertimbangkan kelemahan tiap tipe bangunannya. Misalnya groin yang berfungsi menahan transport sedimen sepanjang pantai, juga memiliki kelemahan karena pembangunan groin pada pantai yang tererosi akibat *onshore offshore transport* justru dapat mempercepat erosi tersebut.

b. Pelindung Alami Pantai

Salah satu cara pencegahan erosi pantai dapat pula dilakukan secara vegetatif dengan penanaman pohon-pohon sebagai pelindung alami pantai. Apabila dilihat dari perkembangan vegetasinya, terdapat dua formasi vegetasi utama di wilayah pesisir, yaitu formasi *Pescaprae* yang terdiri dari tumbuhan rumput, semak dan perdu dan formasi *Barringtonia* yang terdiri dari tumbuhan berkayu atau pohon. Formasi Pes-

caprae. Diantara tumbuhan-tumbuhan tersebut, *Ipomea pescaprae* (katang-katang) merupakan tumbuhan yang paling mendominasi. Tumbuhan ini merupakan salah satu spesies tumbuhan menjalar yang akarnya mampu mengikat pasir.

c. Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu

Perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir secara terpadu mempertimbangkan aspek atau sektor secara menyeluruh (*comprehensive assessment*). Selain itu, perencanaan dan pengelolaan dilakukan secara berkelanjutan dan dinamis dengan mempertimbangkan berbagai aspek baik sosial, ekonomi, budaya dan lainnya yang saling terpadu. Beberapa aspek yang dicakup dalam keterpaduan perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir ini antara lain:

1. Keterpaduan Ekologis atau Wilayah

Dari sisi keruangan dan ekologis, wilayah pesisir merupakan daerah pertemuan antara daratan dan lautan. Oleh sebab itu, perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir perlu mencakup keduanya.

2. Keterpaduan Sektor

Wilayah pesisir merupakan sumberdaya milik bersama (*common property resources*). Bila antar sektor hanya mengutamakan kepentingan sendiri tanpa memperhatikan kepentingan sektor lain, maka dapat terjadi tumpang tindih. Oleh sebab itu, keterpaduan sektoral berfungsi untuk mengintegrasikan dan mengakomodasi pembangunan sehingga dapat berjalan dengan berkesinambungan.

3. Keterpaduan Disiplin Ilmu

Keunikan dan keberagaman sifat serta karakteristik di wilayah pesisir memerlukan perhatian khusus dari setiap ahli di bidangnya. Keterpaduan antar berbagai disiplin ilmu ini diharapkan mampu mengoptimalkan perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir yang ideal dengan melihat, mempertimbangkan dan

mengintegrasikan dari berbagai sudut pandang keilmuan.

4. Keterpaduan *Stakeholder*

Mekanisme penyusunan perencanaan wilayah pesisir perlu melibatkan masyarakat, sehingga tidak terjadi ketimpangan yang tinggi dalam implementasinya. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan dua arah, (yakni pendekatan dari bawah (*bottom up*)). Maka, dapat disimpulkan bahwa partisipasi aktif, kepedulian dan disiplin dari berbagai komponen *stakeholder* menjadi salah satu kunci keberhasilan dalam perencanaan dan pengelolaan pemanfaatan sumberdaya wilayah pesisir secara terpadu.

Beberapa alternatif penanggulangan dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan daerah pesisir ini. Bila dilihat dari penyebab dan tipe permasalahan serta dikaitkan dengan kondisi di lokasi penelitian, maka terdapat beberapa alternatif penanganan yang dapat dilakukan. Secara umum, penanggulangan dapat dilakukan baik secara konstruktif, vegetatif serta birokratif.

Konstruktif

Penanganan pertama yang dapat diterapkan di lokasi penelitian ialah upaya penanganan yang bersifat konstruktif dengan pelindung pantai buatan. Jika disesuaikan dengan kondisi di lokasi penelitian, maka konstruksi yang paling tepat dibuat ialah *revetment*. Sebab, konstruksi ini bertujuan untuk mengurangi erosi pada daerah dengan gelombang kecil.

Vegetatif

Upaya penanganan erosi pantai yang dapat dilakukan selanjutnya yaitu melalui pelestarian pelindung pantai alami. Melihat kondisi faktual lokasi penelitian, maka penanaman vegetasi-vegetasi mangrove dapat diterapkan pada beberapa titik yang masih terdapat lahan untuk konservasi, yaitu pada sebagian kecil pantai bagian tengah dan terutama pada pantai bagian timur.

Birokratif

Penanganan ini menitikberatkan pada regulasi untuk mengatur pengelolaan wilayah pesisir. Maka, beberapa regulasi yang perlu diterapkan di lokasi penelitian antara lain pembuatan peraturan zonasi rinci wilayah pesisir untuk mengalokasi penataan ruang pesisir di lokasi penelitian, pembuatan kebijakan tentang pengaturan serta pemanfaatan sumber daya pesisir berbasis daya dukung, penetapan sempadan pantai dan penanaman mangrove.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Proses dominan di daerah penelitian berdasar perhitungan indeks G_0 ialah akresi. Sementara menurut pendekatan statistik dengan DSAS ialah erosi pantai. Erosi pantai di daerah penelitian dipengaruhi oleh angin, gelombang, pola pasang surut, tipe sedimen, kurangnya bangunan pelindung pantai dan tidak adanya pelindung pantai alami. Berdasarkan metode LRR selama kurun waktu 2004-2015 garis pantai mengalami kemunduran sebesar 0,33-33,44 meter. Sementara berdasarkan metode EPR pemunduran garis pantai sebesar 0,55-32,43 meter.
2. Penanganan erosi pantai yang tepat dilakukan di daerah penelitian ialah :
 - a. Membuat bangunan pelindung pantai berupa *revetment* untuk mengendalikan erosi.
 - b. Pelestarian pelindung pantai alami salah satunya dengan pelestarian ekosistem mangrove.
 - c. Membuat peraturan zonasi wilayah pesisir dan peraturan daerah tentang sempadan pantai.

Saran

1. Perlu dibuat bangunan pelindung pantai berupa *revetment* pada pantai bagian Timur.. Konstruksi ini bertujuan untuk

mengurangi erosi pada daerah dengan gelombang kecil.

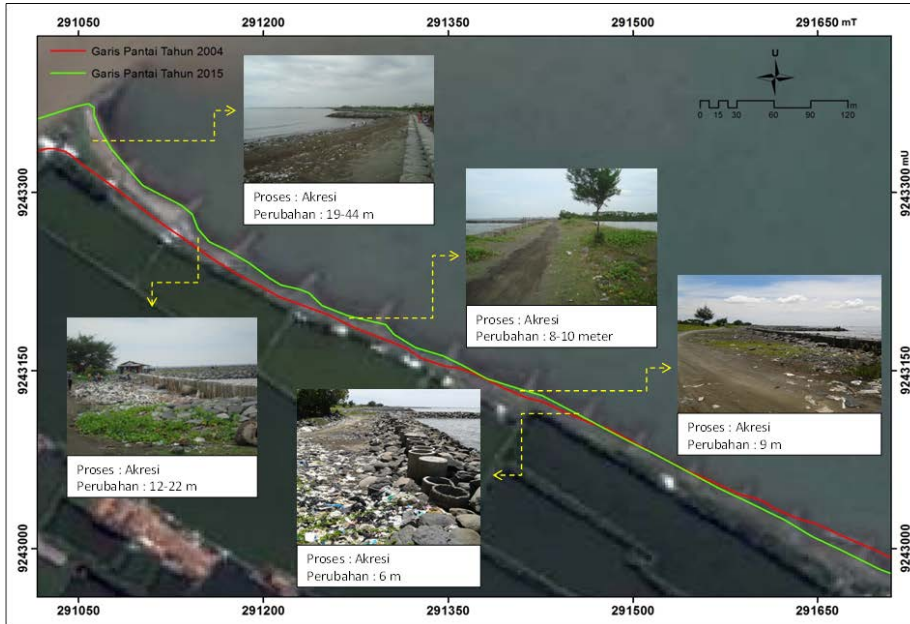
2. Perlu dilakukan pelestarian ekosistem hutan pantai pada lokasi penelitian, salah satunya tumbuhan katang-katang. Pelestariannya dapat dilakukan di sepanjang Pantai Muarareja.
3. Perlu dilakukan pelestarian ekosistem mangrove pada sebagian kecil pantai bagian tengah serta pada pantai bagian timur. Fungsinya untuk meredam gelombang dan arus yang datang, serta mengurangi transport sedimen.
4. Perlu dibuat peraturan terkait dengan zonasi wilayah pesisir dan sempadan pantai untuk menangani permasalahan penataan ruang agar tidak terjadi alih fungsi lahan konservasi untuk kepentingan komersial pribadi.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai erosi pantai baik di Pantai Muarareja ataupun pantai lain yang rawan terjadi erosi. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menambah jumlah sampel pada setiap musim, termasuk juga citra multi-temporal yang digunakan sehingga dapat dibandingkan kondisi pantai antar musim yang berbeda.

Daftar Pustaka

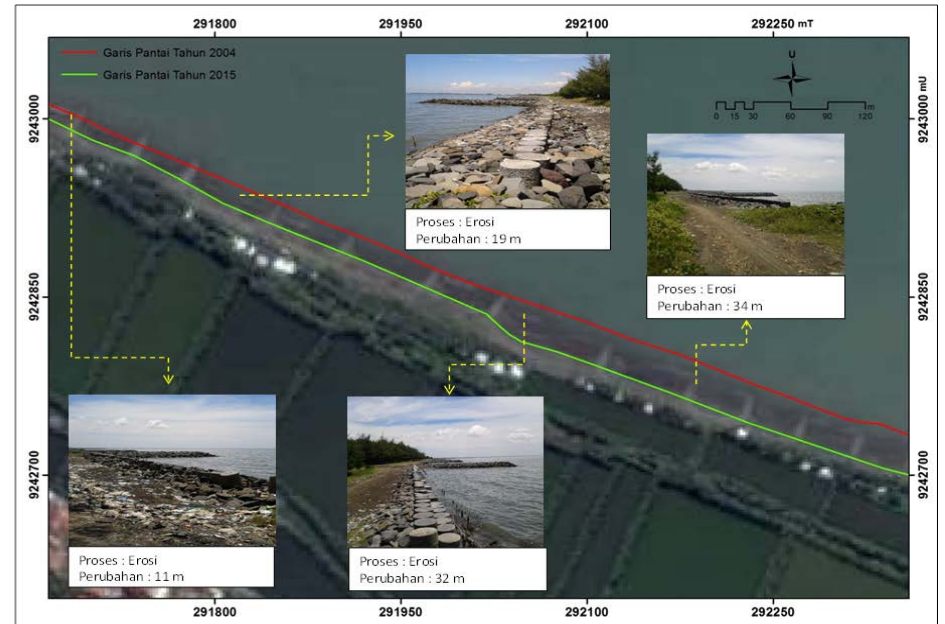
- Arsyad, Sitanala. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Penerbit IPB Press.
- BPS. 2011. Kota Tegal Dalam Angka 2011. Kota Tegal: BPS Kota Tegal.
- Coastal Engineering Research Center. 1984. *Shore Protection Manual Volume I*. Washington: U.S . Army Coastal Engineering Research Center.
- Diposaptono, Subandono. 2001. *Erosi Pantai (Coastal Erosion)*. Makalah Prosiding Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor.
- Duxbury, Alison B and Sverdrup, Keith A. 2002. *Fundamentals of oceanography*. New York: McGraw-Hill
- Gunawan, Totok., Langgeng Wahyu Santosa, Luthfi Muta'ali dan Sigit Heru Murti Budi Santosa. 2005. *Pedoman Survei Cepat Terintegrasi Wilayah Kepesisiran*. Yogyakarta: Badan Penerbit dan Percetakan Fakultas Geografi.
- Hanggara, Yuda. 2008. Dampak Pengembangan Sentra Tambak Udang Terhadap Kerusakan Hutan Mangrove Kawasan Pesisir Pantai Muarareja Kota Tegal. *Skripsi*. Malang: Fakultas Ilmu Sosial dan Politik Universitas Muhammadiyah Malang.
- Maulia, Nita. 2010. Shoreline Change Analysis and Prediction: An Application of Remote Sensing and GIS (Case of Demak Coastal Area). *Tesis*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Nugroho, Hari Septriono. 2012. Mitigasi Dampak Kenaikan Muka Laut di Pantai Alam Indah Kota Tegal Jawa Tengah Melalui Pendekatan Geomorfologi. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, volume 3 Nomor 1, 31-40.
- Pranoto, Sumbogo. 2007. Prediksi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Model Genesis. *Berkala Ilmiah Teknik Keairan*, volume 13 Nomor 3.
- Rahayu, Fitri. 2000. Kondisi Gelombang dan Pengaruhnya terhadap Pergerakan Sedimen di Perairan Pantai Yogyakarta-Cilacap pada Bulan April-Mei 1999. *Skripsi*.

- Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.
- Setyandito, Oki. 2007. Analisa Erosi dan Perubahan Garis Pantai pada Pantai Pasir Buatan dan Sekitarnya di Takisung, Propinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknik Sipil*, volume 7, 224-235.
- Shuhendry, Ricky. 2004. Abrasi Pantai di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu: Analisis Faktor Penyebab dan Konsep Penanggulangannya. *Tesis*. Semarang: Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Sofyan, Adnan., Sunarto, Sudibiyakto dan Latif Sahubawa. 2010. Kajian Erosi Marin sebagai Penyebab Degradasi Kepsisiran Kota ternate. *Jurnal Manusia dan Llingkungan*, volume 17 Nomor 2, 89-97.
- Sunarto. 2003. *Oseanografi*. Yogyakarta: Laboratorium Geomorfologi Terapan Jurusan Geografi Fisik Fakultas Geografi UGM.
- Taofiqurohman, Anqiq., dan M. Furqon Azis Ismail. 2012. Analisis Spasial Perubahan Garis Pantai di Pesisir Kabupaten Subang Jawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, volume 4 Nomor 2, 280-289.
- Thieler, E. Robert, Emily A. Himmelstoss, Tara L. Miller, dan Jessica Zichichi. 2005. User Guide & Tutorial for the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 3.2 Extension for ArcGIS v.9.0. Massachusetts: USGS.
- Thornbury, W. D. 1958. Principle of Geomorphologi. Fourth Printing. USA: John Willey & Sons.
- Thurman, H. V. 2003. *Introductory Oceanography* 10th Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.

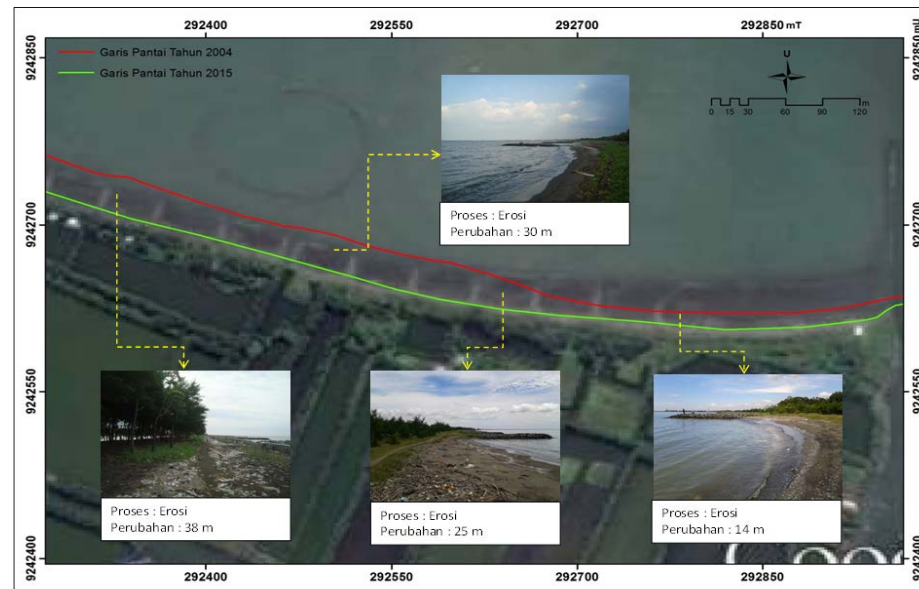
Lampiran



Segmen Barat



Segmen Tengah



Segmen Timur