

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Garis Pantai

Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Garis pertemuan antara pantai (daratan) dan air (lautan). secara periodik dalam waktu yang relatif lama permukaan garis pantai selalu berubah, suatu tinggi muka air tertentu yang tetap harus dipilih untuk menjelaskan posisi garis pantai. Pada peta laut, garis pantai yang digunakan adalah muka air tinggi (*High Water Level*). Sedangkan untuk acuan kedalaman perairan menggunakan pengukuran terhadap muka air rendah (*Low Water Level*) sebagai garis pantai (Triatmojo, 2012). Garis pantai merupakan batas pertemuan antara bagian laut dan daratan pada saat terjadi air laut pasang tertinggi. Dan perubahan garis pantai dapat diprediksi dengan membuat model matematika yang didasarkan pada imbalanced sedimen pantai pada daerah yang ditinjau. Terjadinya perubahan garis pantai sangat dipengaruhi oleh proses-proses yang terjadi pada daerah sekitar pantai (*nearshore process*), dimana pantai selalu beradaptasi dengan berbagai kondisi yang terjadi (Kasim dan Salam, 2015).

Garis imajiner tempat bertemunya air dan daratan yang bertemu disebut juga dengan garis pantai. Akibat fenomena yang terjadi disekitar pantai mengakibatkan fluktuasi perubahan yang relatif terhadap garis pantai baik dari segi kemiringan, laju perubahan dan bentuk perubahannya. Garis yang bersifat semu pergerakannya atau imajiner sangat dipengaruhi perubahan faktor hidro-oseanografi juga (Hegde dan Akshaya, 2015).

2.2 Penggunaan dan Tutupan Lahan

Istilah penggunaan lahan (*land use*), berbeda dengan istilah penutup lahan (*land cover*). Penggunaan lahan biasanya meliputi segala jenis kenampakan dan sudah dikaitkan dengan aktivitas manusia dalam memanfaatkan lahan, sedangkan penutup lahan mencakup segala jenis kenampakan yang ada di permukaan bumi yang ada pada lahan tertentu. Penggunaan lahan merupakan aspek penting karena penggunaan lahan mencerminkan tingkat peradaban manusia yang menghuninya (Anderson, 1976). Penutupan lahan adalah perwujudan secara fisik (visual) dari vegetasi, benda alam, dan unsur-unsur budaya yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap obyek tersebut. Permukaan bumi sebagian terdiri dari kenampakan alamiah (penutupan lahan) seperti vegetasi, salju, dan lain sebagainya. Dan sebagian lagi berupa kenampakan hasil aktivitas manusia.

Interpretasi penggunaan lahan dari foto udara ini dimaksudkan untuk memudahkan deliniasi. Untuk dapat mempercepat hasil inventarisasi dengan hasil yang cukup baik, digunakan pemanfaatan data penginderaan jauh, karena dari data penginderaan jauh memungkinkan diperoleh informasi tentang penggunaan lahan secara rinci. Selain itu, adanya perubahan pemanfaatan lahan kota yang cepat dapat dimonitor dari data penginderaan jauh (Montgomery et al., 2016).

Kenampakan penggunaan lahan berubah berdasarkan waktu, yakni keadaan kenampakan penggunaan lahan atau posisinya berubah pada kurun waktu tertentu. Perubahan penggunaan lahan dapat terjadi secara sistematis dan non-sistematis. Perubahan sistematis terjadi dengan ditandai oleh fenomena yang berulang, yakni tipe perubahan penggunaan lahan pada lokasi yang sama. Kecenderungan perubahan ini dapat ditunjukkan dengan peta multiwaktu. Fenomena yang ada dapat dipetakan berdasarkan seri waktu, sehingga

perubahan penggunaan lahan dapat diketahui. Perubahan non-sistematik terjadi karena kenampakan luasan lahan yang mungkin bertambah, berkurang, ataupun tetap. Perubahan ini pada umumnya tidak linear karena kenampakannya berubah-ubah, baik penutup lahan maupun lokasinya (Yusra et al., 2013).

2.3 Karakteristik Pantai Kabupaten Tuban

Pesisir Tuban merupakan salah satu bagian dari Pantai Utara Jawa yang memiliki karakteristik tersendiri dibandingkan dengan Pantai Selatan. Karakteristik yang dimiliki pesisir kabupaten Tuban dipengaruhi oleh Pola pergerakan arus, gelombang, kecepatan angin, pasang surut dan faktor hidro-oseanografi serta antropogenik kawasan pesisir tersebut (Kaliraj et al., 2017).

Kabupaten Tuban memiliki 5 kecamatan yang paling barat dan timur diantaranya Bancar, Tambakboyo, Jenu, Tuban dan Palang yang sangat bergantung pada lingkungan pantai. Potensi yang dimiliki daerah pesisir setempat menjadikan daerah tersebut dimanfaatkan dalam bidang industri, pemukiman dan sektor perikanan. Dalam mengetahui karakteristik pantai ada beberapa jenis klasifikasi diantaranya: morfologi pantai, ekosistem tutupan biota dan kondisi pantai dengan pengaruh kegiatan manusia yang di kelompokkan berdasarkan faktor tertentu (Hantoro, 2004).

Penelitian yang dilakukan Joesidawati tahun 2011, menggunakan beberapa klasifikasi tertentu untuk mengetahui karakteristik pantai daerah Kabupaten Tuban yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Pantai Kabupaten Tuban

Kawasan Pantai	Morfologi Pantai	Ekosistem Tutupan Biota	Kondisi Pantai dengan Pengaruh Kegiatan Manusia
Bancar	23% pantai curam berbatu. 37% pantai berbukit pasir, 15% pantai landai, 26% pantai lurus dengan pesisir datar.	Terumbu karang/berbatu karang 78% dan daerah intertidal 22% Kondisi Terumbu Karang rusak	30% pemukiman tradisional, 3% pemukiman baru, 57% kota pesisir/kegiatan usaha penduduk/sawah, 3% Tambak, 7% Hunian wisata
Tambakboyo	91% pantai berbukit pasir, 9% pantai landai.	100% merupakan daerah intertidal	57% pemukiman tradisional
Jenu	8% pantai curam berbatu, 78% pantai berbukit pasir, 14% pantai landai.	100% terumbu karang	5% pemukiman baru, 12% pelabuhan, 44% kota pesisir/sawah, 1% pantai reklamasi, 30% Tambak, 7% Hunian wisata
Tuban	100% pantai landai.	100% daerah intertidal	43% pemukiman tradisional, 20% pemukiman baru, 4% pelabuhan, 8% kota pesisir/kegiatan usaha penduduk, 25% Hunian wisata
Palang	100% pantai landai.	100% terumbu karang	19 pemukiman tradisional, 37% pemukiman baru, 13 pelabuhan, 18 kota pesisir/kegiatan usaha penduduk, 8% pantai reklamasi, 4% Hunian wisata

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Joesidawati pada tahun 2011 di daerah tersebut yang ditunjukkan pada Tabel.1 , kawasan pantai Tuban didominasi oleh pemukiman tradisional dan kegiatan usaha penduduk dengan morfologi pantai dominan jenis pantai landai dengan substrat berpasir (Joesidawati, 2016).

2.4 Proses Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai atau sering disebut evolusi garis pantai terjadi pada skala detik sampai jutaan tahun. Perubahan garis pantai karena abrasi salah satunya diakibatkan oleh pengaruh arus pasang surut, sehingga pengikisan ini menyebabkan berkurangnya area daratan. Bertambahnya juga area salah satunya merupakan perubahan garis pantai yang disebut dengan sedimentasi atau akresi (Rujoiu-Mare dan Mihai, 2016). Perubahan garis pantai sangat dipengaruhi oleh interaksi antara angin, gelombang, arus, pasang surut, jenis dan karakteristik dari material pantai yang meliputi bentuk, ukuran partikel dan distribusinya di sepanjang pantai sehingga mempengaruhi proses sedimentasi di sekitar pantai.

Tahapan proses dari proses sedimentasi yang mengarah pada terjadinya perubahan garis pantai (Utami dan Pamungkas, 2013) adalah :

- a. Teraduknya material kohesif dari dasar hingga tersuspensi, atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut.
- b. Perpindahan material secara kohesif
- c. Pengendapan kembali material tersebut.

Fenomena diatas juga bergantung pada karakteristik dari material dasar pantai dan pengaruh gelombang dan arus. Material dasar laut yang terangkut dapat berupa *bed load* seperti misalnya pasir serta melayang untuk jenis material pantai yang dapat tersuspensi berupa lumpur dan lempung.

Abrasi adalah proses pengurangan daratan atau disebut juga dengan erosi yang terjadi karena arus, topografi dan penggunaan lahan disekitar wilayah pesisir. Proses abrasi dan akresi mempengaruhi dinamika perkembangan wilayah pesisir baik dari segi ekosistem dan ekonomi serta sosial budaya pada wilayah pesisir (Pendleton et al., 2005)

2.5 Faktor-Faktor yang Menyebabkan Perubahan Garis Pantai

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai sebagian besar dipengaruhi oleh faktor hirido-oseanografi dan manusia melalui penggunaan lahan seperti berikut ini:

2.5.1 Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai.

Apabila gelombang yang terjadi membentuk sudut dengan garis pantai, maka akan terjadi dua proses angkutan sedimen yang bekerja secara bersamaan, yaitu komponen tegak lurus dan sejajar garis pantai. Sedimen yang tererosi oleh komponen tegak lurus pantai akan terangkut oleh arus sepanjang pantai sampai ke lokasi yang cukup jauh. Akibatnya apabila ditinjau di suatu lokasi, pantai yang mengalami erosi pada saat terjadi badai tidak dapat terbentuk kembali pada saat gelombang normal, karena material yang tererosi telah terbawa ke tempat lain.

Dengan demikian, untuk suatu periode waktu yang panjang, gelombang datang akan membentuk sudut terhadap garis pantai dapat menyebabkan mundurnya (erosi) garis pantai (Triatmojo, 2012).

2.5.2 Arus

Transpor masa dan momentum dalam penjalaran gelombang menimbulkan arus di dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkan berbeda. Di daerah lepas pantai (*offshore zone*) gelombang menimbulkan gerak orbit partikel air, gerak orbit partikel air tidak tertutup sehingga menimbulkan transpor masa air. Transpor tersebut dapat disertai dengan terangkutnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai (*onshore*) dan meninggalkan pantai (*offshore*). Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Gerak massa air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen. Arus yang terjadi di surf zone dan swash zone adalah yang paling penting di dalam analisis pantai, sangat tergantung pada arah datang gelombang (Triatmojo, 2012).

2.5.3 Pasang surut

Pasang surut adalah flutuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adalah gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari (Triatmojo, 2012).

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe (Elghali et al., 2007), yaitu:

1. Pasang Surut Harian Tunggal yaitu dalam satu hari terdapat satu kali pasang dan satu kali surut.
2. Pasang Surut Harian Ganda yaitu dalam satu hari terdapat dua kali pasang dan dua kali surut.
3. Pasang Surut Campuran condong kehariian tunggal yaitu dalam satu hari terdapat satu kali pasang dan satu kali surut tapi kadang-kadang terjadi dua kali pasang atau dua kali surut.
4. Pasang surut campuran condong kehariian ganda yaitu dalam satu hari terdapat dua kali pasang dan dua kali surut namun tinggi dan periodenya sangat berbeda

2.5.4 Penggunaan lahan

Beberapa jenis penggunaan dan perubahan tutupan lahan di daerah pesisir yang mengakibatkan perubahan garis pantai (AP, 2015), yaitu:

- 1) Akibat adanya sudetan (untuk mengendalikan banjir) Untuk menanggulangi bahaya banjir yang menggenangi areal di wilayah pesisir dilakukan dengan pembuatan sudetan yang mengalirkan sebagian debit sungai langsung ke laut yang mengakibatkan perubahan lahan akibat sedimentasi.
- 2) Penebangan bakau pada pantai. Pantai yang ditumbuhi bakau umumnya pantai yang berlumpur. Pada kondisi pantai stabil dengan tumbuhan bakau, adanya bakau berfungsi meredam gelombang. Dengan adanya bakau

elombang yang mencapai pantai akan lebih rendah dibandingkan dengan tinggi gelombang di luar bakau.

- 3) Penggalan Karang Pantai berkarang umumnya terdiri dari material pasir berwarna putih yang berasal dari pecahan karang. Penggalan karang dilakukan pada lokasi dataran karang, membentuk lubang-lubang. Dengan terbentuknya lubang-lubang selain mematikan karang juga menjadi tempat jebakan angkutan pasir yang menuju pantai.
- 4) Pembuatan waduk di hulu sungai, maka sebagian sedimen sungai tertahan di waduk, sehingga suplai sedimen ke muara sungai berkurang. Berkurangnya suplai sedimen, sementara kapasitas angkutan sedimen akibat gelombang masih tetap maka akan terjadi perubahan keseimbangan di pantai.

Bentuk penggunaan lahan lainnya yaitu pembangunan pelabuhan yang dilakukan oleh Perusahaan Industri, mengakibatkan perubahan garis pantai dengan adanya *jetty* dan *groin* di kawasan sekitar pelabuhan. Beberapa kawasan akan mengalami sedimentasi, sedangkan beberapa kawasan akan mengalami abrasi pantai akibat bangunan pelindung pantai yang tidak terencana dengan baik. Perubahan garis pantai ini akan mengakibatkan kerusakan pantai (Wahyudi, 2009)

2.6 Delineasi Garis Pantai

Identifikasi garis pantai yang memisahkan batas antara daratan dan perairan dapat dilakukan dengan proses yang disebut Delineasi garis pantai. Metode Delineasi ini telah berkembang di ruang lingkup penginderaan jauh. Berbagai metode yang diterapkan dalam mendapatkan klasifikasi dengan hasil yang baik. Metode-metode yang ditemukan terdiri dari algoritma *Modified Naturalized Difference Water Index* (MNDWI), rumus BILKO dan AGSO. Tiap-tiap metode memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing.

2.6.1 *Algoritma Modified Naturalized Difference Water Index (MNDWI),*

MNDWI merupakan algoritma yang digunakan dalam pemisahan wilayah air dan darat pada citra satelit landsat. MNDWI adalah hasil dari pengembangan NDWI melalui pendekatan pada band 2, 5 citra landsat TM, dengan substitusi pita gelombang inframerah sehingga menghasilkan ekstraksi yang efisien serta detail antara air dan daratan dengan warna putih sebagai wilayah perairan dan hitam wilayah daratan (McFEETERS, 1996).

(Modified Naturalized Difference Water Index) MNDWI sangat memiliki keunggulan dibandingkan dengan NDWI yang masih menghasilkan *noise* pada citra landsat, sedangkan MNDWI mampu mengekstrak informasi wilayah perairan dengan mengurangi *noise* dan membangun ulang fitur melebihi (*Naturalized Difference Water Index*) NDWI. Pendekatan yang digunakan algoritma MNDWI dengan melakukan pendekatan pada band NIR dan MIR dan menghasilkan ekstraksi secara otomatis informasi batas garis pantai dengan tingkat akurasi 99.85% (Guneroglu, 2015).

$$MDWI = \frac{0.55(\text{Band 2} - \text{Band 5})}{0.45(\text{Band 2} + \text{Band 5})} \quad (1)$$

2.6.2 BILKO dan AGSO

Rumus BILKO ini merupakan salah satu wujud pengembangan dari pelatihan dan hasil edukasi dalam pengaplikasian di bidang kelautan oleh TREDMAR-UNESCO. Dalam penggunaan rumus BILKO ini, rentang *Brightness Value* (BV) darat dan air dikontraskan. Darat berwarna abu-abu dan air berwarna putih. Rumus ini membaca puncak ombak menjadi daratan, tetapi masih dapat dibedakan antara darat, laut, dan ombak karena antara puncak ombak terdapat perbedaan gradasi warna dengan tingkat akurasi sebesar 90%. Sedangkan pada rumus *Australian Geological Surveys Organization* (AGSO) warna hitam pekat

menunjukkan darat dan warna abu-abu sebagai laut. Pada rumus ini puncak ombak dibaca sebagai daratan yang mengakibatkan terdapat kesalahan saat digitasi. Tetapi untuk beberapa tempat yang berombak kecil atau rendah, rumus AGSO lebih gampang untuk interpetasinya karena tingkat akurasinya mencapai 94-95 % dibandingkan BILKO (Hanifa et al., 2004).

BILKO dan AGSO merupakan metode yang tak dapat dipisahkan, karena umumnya pada penelitian tentang studi penginderaan jauh kedua metode ini dipakai bersamaan dalam menganalisis masalah yang ada untuk mendapatkan hasil yang maksimal seperti rumus (2 dan 3) dibawah ini.

$$\text{Algoritma BILKO: } ((BV_{\text{Band4}}/((N*2)+1)*(-1))+1) \quad (2)$$

$$\text{Algoritma AGSO: } \textit{If } B5 < D \textit{ and } B1 > 0 \textit{ then } (\log (B1-m1)/K1) + (\log (B2-m2)/K2) + (\log (B3-m3)/K3) \textit{ else null} \quad (3)$$

Keterangan:

D = the lowest BV of land in Band 5 =30

B5 = BV Band 5 B2 = BV Band 2

B1 = BV Band 1 B3 = BV Band 3

m1 = the lowest BV in Band 1 = 1

m2 = the lowest BV in Band 2 = 1

m3 = the lowest BV in Band 3 = 3

K1= attenuation coefisien in Band 1 = 0,1

K2 = attenuation coefisien in Band 2 = 0,13

K3 = attenuation coefisien in Band 3 = 0,194

2.7 Analisis Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai secara berkala pada rentang waktu lama dapat dianalisis dengan menggunakan berbagai macam metode berbasis penginderaan jauh. Namun pada saat ini metode yang sering digunakan untuk menganalisis perubahan garis pantai yang terjadi adalah DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*).

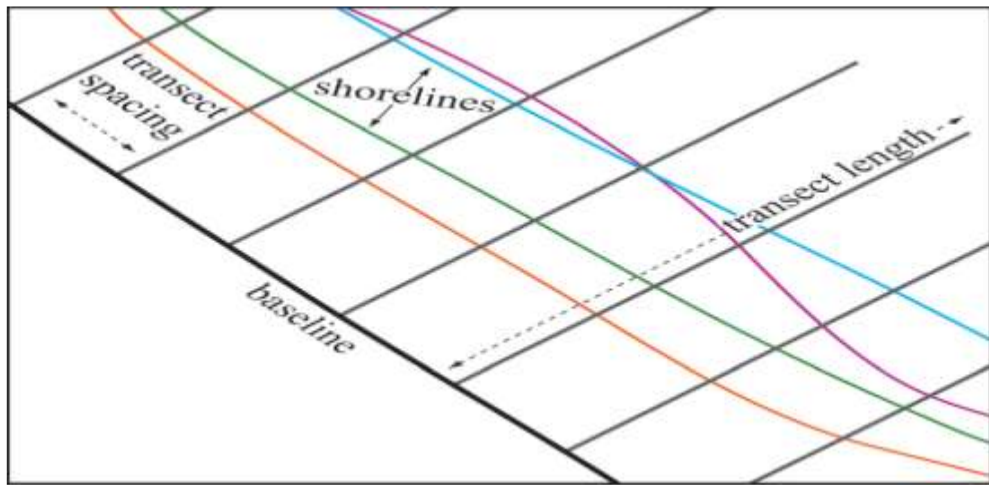
2.7.1 *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) adalah suatu perangkat lunak tambahan yang bekerja pada perangkat lunak tambahan yang bekerja pada perangkat lunak ArcGIS yang dikembangkan oleh ESRI dan USGS yang dapat diperoleh secara gratis. *Digital Shoreline Analysis System* digunakan untuk menghitung perubahan posisi garis pantai berdasarkan waktu secara statistik dan berbasis geospasial.

DSAS menggunakan titik sebagai acuan pengukuran yang disebut *Baseline* yang menjadi titik acuan terhadap *Shoreline*. Penentuan Baseline terbagi menjadi 2 yaitu: *Offshore*, *Onshore* dan *Off-On Shore* dengan ketentuan harus menjadi garis acuan yang melingkupi tahun terlama dan terbaru, dimana titik dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat oleh pengguna dengan garis-garis pantai berdasarkan waktu (Thieler and Himmelstoss, 2009). Berikut ini perhitungan yang dapat dilakukan dengan DSAS adalah:

1. *Shoreline Change Envelope (SCE)* adalah mengukur total perubahan garis pantai mempertimbangkan semua posisi garis pantai yang tersedia dan melaporkan jaraknya.
2. *Net Shoreline Movement (NSM)* adalah mengukur jarak perubahan garis pantai yang terlama dan garis pantai terbaru.

3. *End Point Rate* (EPR) adalah menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antar garis pantai terlama dan garis terbaru.
4. *Linear Regression Rate* (LRR) adalah analisis statistik tingkat perubahan dengan menggunakan regresi linear bisa ditentukan dengan menggunakan garis regresi least-square terhadap semua titik perpotongan garis pantai dengan transek.



Gambar 1. Tampilan Parameter DSAS