

2. TINJAUAN PUSTAKA

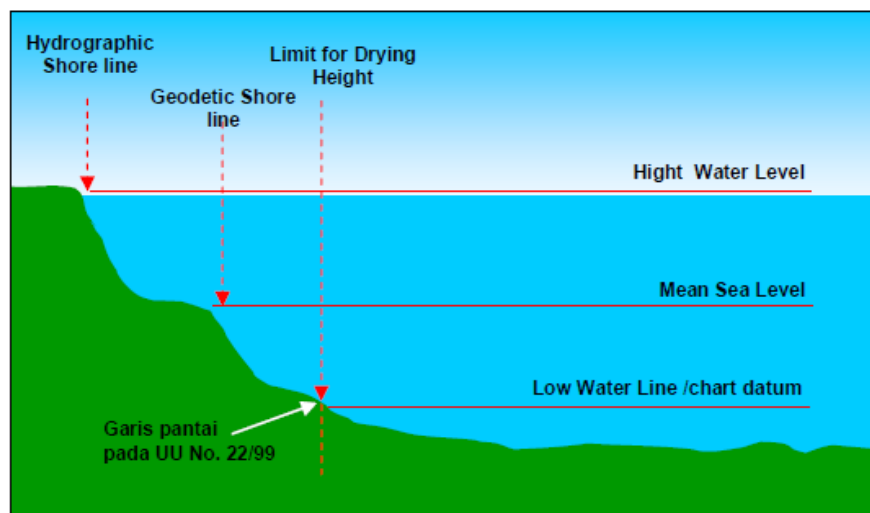
2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Probolinggo berada pada Provinsi Jawa Timur yang secara geografis terletak pada 7°40' – 8°10' Lintang Selatan dan 112°50'-113°30' Bujur Timur. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 1.696,16 km² dan terletak pada ketinggian 0-2500 meter di atas permukaan laut. Kabupaten Probolinggo memiliki tujuh kecamatan pesisir yang meliputi Kecamatan Tongas, Sumberasih, Dringu, Gending, Pajarakan, Kraksaan dan Paiton (BPS Kab. Probolinggo, 2016a). Kecamatan Kraksaan merupakan ibukota dari Kabupaten Probolinggo. Kecamatan ini berada pada ketinggian 0-25 meter di atas permukaan laut yang memiliki fungsi sebagai pusat wilayah pemerintahan, perkotaan, pendidikan, perikanan dan jasa di Kabupaten Probolinggo (BPS Kab. Probolinggo, 2016b). Kecamatan Paiton berada pada ketinggian 0 hingga 250 meter di atas permukaan laut yang memiliki fungsi sebagai pusat kawasan industri, sumber energi dan perikanan di Kabupaten Probolinggo (BPS Kab. Probolinggo, 2016c).

Kondisi hidrooseanografi di Kabupaten Probolinggo seperti pola arus, gelombang dan pasang surut banyak dipengaruhi oleh kondisi perairan di Selat Madura. Kondisi perairan di Selat Madura pada umumnya memiliki karakteristik tinggi gelombang relatif rendah, frekuensi gelombang relatif kecil dan panjang gelombang yang pendek sehingga kondisi gelombang pada wilayah perairan ini tergolong relatif tenang. Sedangkan untuk pola gelombang lebih banyak dipengaruhi oleh angin karena wilayah perairan sekitar Kabupaten Probolinggo merupakan perairan laut yang tertutup. Tinggi gelombang pada umumnya kurang dari satu meter dengan gelombang tertinggi dapat mencapai lebih dari empat meter (Riani dkk., 2014).

2.2 Definisi Garis Pantai

Pantai merupakan suatu daerah di tepi perairan laut yang masih dipengaruhi oleh pasang tertinggi dan surut terendah. Bentuk profil pantai dapat dipengaruhi oleh karakteristik sedimen, kondisi gelombang, arus dan kedalaman perairan di suatu pantai. Pada pantai terdapat sebuah garis yang membatasi pertemuan antara daratan dan air laut yang bernama garis pantai. Posisi garis pantai dapat berubah dan tidak stabil. Perubahan tersebut dapat dipengaruhi oleh keadaan pasang surut air laut, fenomena abrasi maupun akresi pantai yang sedang terjadi (Triatmodjo, 1999).



Gambar 1. Macam-macam kedudukan garis pantai akibat pasang surut (Sumber: Winarso dkk., 2009)

Garis pantai terbagi menjadi tiga macam berdasarkan variasi kedudukan akibat adanya pasang surut seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu garis pantai pada kedudukan *Mean High Water Level* (MHWL), *Mean Sea Level* (MSL) dan *Low Water Line* (LWL). Garis pantai pada kedudukan air tinggi atau *Mean High Water Level* (MHWL) digunakan sebagai bidang referensi dalam pemetaan hidrografi (*hydrographic shoreline*). Garis pantai pada kedudukan air rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) digunakan sebagai bidang referensi dalam pemetaan topografi (*geodetic shoreline*). Garis pantai pada kedudukan air rendah

Low Water Line (LWL) digunakan sebagai bidang referensi garis air rendah (*chart datum*) (Winarso *dkk.*, 2009).

2.3 Perubahan Garis Pantai

Lingkungan pantai tergolong lingkungan yang memiliki tingkat perubahan alam secara alami yang tergolong lebih cepat jika dibandingkan dengan lingkungan lainnya. Suatu lingkungan dapat mengalami perubahan alam secara signifikan jika daerah tersebut mengalami gempa bumi, banjir dan letusan gunung berapi. Perubahan yang terjadi di daerah pantai ialah perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai dapat dipengaruhi oleh faktor alam dan manusia. Faktor dari alam yang dapat menyebabkan perubahan garis pantai yaitu proses sedimentasi, penggerusan daratan oleh air laut dan kenaikan muka air laut. Faktor dari manusia yang dapat menyebabkan perubahan garis pantai yaitu pembangunan bangunan pelindung pantai, pengerukan sedimen pantai, penimbunan sedimen pantai dan penebangan vegetasi pelindung pantai (Sudarsono, 2011).

Proses perubahan pada garis pantai berlangsung secara terus-menerus dalam kurun waktu yang tanpa ada batasan waktunya. Akibat perubahan yang terjadi secara terus-menerus maka garis pantai memiliki sifat yang dinamis. Perubahan yang terjadi pada garis pantai dapat berupa penambahan daratan yang disebut akresi atau berupa pengikisan daratan yang disebut abrasi. Proses akresi dan abrasi tersebut dapat diakibatkan oleh proses sedimentasi, arus dan penggunaan lahan. Perubahan pada garis pantai akibat proses-proses tersebut akan memiliki kecenderungan berupa mengikis daratan sehingga garis pantai lebih mengarah ke daratan atau menambah daratan yang menjorok ke laut (Arief *dkk.*, 2011).

2.4 Akresi dan Abrasi

Perubahan garis pantai terbagi menjadi dua macam yaitu garis pantai semakin maju dan garis pantai semakin mundur dari tahun acuan pengamatan perubahan garis pantai. Garis pantai dikatakan maju apabila terdapat penambahan daratan (akresi), proses pengendapan atau pangangkatan daratan. Sedangkan garis pantai dikatakan mundur apabila terdapat pengikisan daratan (abrasi) atau penenggelaman daratan. Proses pengikisan daratan pada pantai akibat gerusan air laut dapat disebut dengan abrasi. Permukaan air laut yang mengalami peningkatan lama kelamaan dapat menggerus daratan pantai. Peristiwa kenaikan muka air laut dapat disebabkan oleh pemanasan global yang dapat mencairkan es di kutub. Faktor lain yang dapat menyebabkan abrasi yaitu pergerakan gelombang oleh angin yang mengarah ke arah daratan (Sudarsono, 2011).

Penambahan daratan pada pantai atau perubahan posisi garis pantai yang semakin maju karena adanya proses sedimentasi dari daratan atau sungai menuju arah laut disebut dengan akresi. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan adanya akresi pantai yaitu reklamasi dan sedimentasi. Kegiatan reklamasi yaitu proses penambahan daratan untuk penambahan penggunaan lahan di pesisir. Sedimentasi terjadi akibat proses transpor sedimen pada muara sungai terutama pada saat terjadi hujan berkepanjangan dimana aliran sungai menjadi lebih deras serta membawa lebih banyak sedimen yang dapat mengendap pada muara sungai. Akibat lain dari proses akresi pantai yaitu terjadinya pendangkalan pada laut yang jika terus menerus berlangsung akan membentuk suatu daratan berupa delta atau tanah timbul. Wilayah perairan pantai yang banyak memiliki muara sungai, energi gelombang yang kecil serta daerah yang jarang terkena badai

merupakan wilayah yang biasanya sering terjadi proses akresi (Istiqomah dkk., 2016).

2.5 Satelit Landsat

Landsat merupakan salah satu satelit penginderaan jauh yang dikembangkan oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan *United States Geological Survey* (USGS). Landsat telah meluncurkan delapan satelit yang mana tiap perkembangan satelitnya dapat dilihat pada Tabel 1. Citra satelit landsat dapat diunduh secara gratis pada *website* USGS yaitu <https://earthexplorer.usgs.gov/> (USGS, 2008, 2013).

Tabel 1. Perkembangan satelit Landsat (Sumber: USGS, 2013)

Nama Satelit	Tanggal Peluncuran	Tanggal Dinonaktifkan	Sensor
Landsat 1	23 Juli 1972	6 Januari 1978	MSS
Landsat 2	22 Januari 1975	27 Juli 1983	MSS
Landsat 3	5 Maret 1978	7 September 1983	MSS
Landsat 4	16 Juli 1982	15 Juni 2001	MSS/TM
Landsat 5	1 Maret 1984	2013	MSS/TM
Landsat 6	5 Oktober 1993	Gagal mencapai orbit	ETM
Landsat 7	15 April 1999	Masih beroperasi	ETM+
Landsat 8	11 Februari 2013	Masih beroperasi	OLI/TIRS

Jenis sensor pada Landsat 1, 2 dan 3 ialah *Multispectral Scanner* (MSS). Landsat 4 dan 5 ada yang memiliki sensor MMS dan ada pula yang memiliki sensor *Thematic Mapper* (TM). Sensor pada Landsat 7 ialah *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+). Landsat 8 memiliki dua macam jenis sensor yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Sensor OLI mengumpulkan data menggunakan resolusi 15 meter. Pada sensor OLI terdapat delapan *band* yaitu *band* 1 hingga 8. Sensor TIRS mengumpulkan data menggunakan resolusi 100 meter. Pada sensor TIRS terdapat tiga *band* yaitu *band* 9 hingga 11 (USGS, 2013). Adapun spesifikasi *band* tiap band yang mengacu pada untuk sensor MMS dapat dilihat pada Tabel 2, sensor TM dan ETM+ pada Tabel 3 dan sensor OLI dan TIRS pada Tabel 4.

Tabel 2. Spesifikasi *band* sensor MMS (Sumber: USGS, 2013)

Landsat 1, 2, 3	Landsat 4, 5	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi (meter)	Fungsi
<i>Band 4-green</i>	<i>Band 4-green</i>	0,5 – 0,6	80	Menekankan sedimen, air pada perairan dangkal
<i>Band 5-red</i>	<i>Band 5-red</i>	0,6 – 0,7	80	Menekankan <i>cultural features</i>
<i>Band 6-NIR</i>	<i>Band 6-NIR</i>	0,7 – 0,8	80	Menekankan batas antara vegetasi dengan daratan, air dan bangunan
<i>Band 7-NIR</i>	<i>Band 7-NIR</i>	0,8 – 1,1	80	Paling baik untuk menembus awan halus; menekankan batas antara vegetasi dengan daratan, air dan bangunan

Tabel 3. Spesifikasi *band* sensor TM dan ETM+ (Sumber: USGS, 2013)

Spectral Bands	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi (meter)	Fungsi
<i>Band 1-blue</i>	0,45 – 0,52	30	Pemetaan batimetri, membedakan tanah dengan vegetasi
<i>Band 2-green</i>	0,52 – 0,61	30	Menekankan puncak pantulan vegetasi, untuk menilai kekuatan vegetasi
<i>Band 3-red</i>	0,63 – 0,69	30	Menekankan <i>vegetation slopes</i>
<i>Band 4-Near IR</i>	0,76 – 0,90	30	Menekankan kandungan biomassa dan garis pantai
<i>Band 5-Medium IR</i>	1,55 – 1,75	30	Membedakan kadar air tanah dan vegetasi, menembus awan halus
<i>Band 6-Thermal IR</i>	10,40 – 12,50	120	Digunakan untuk pemetaan termal dan mengestimasi kelembapan tanah
<i>Band 7-Shortwave IR</i>	2,08 – 2,35	30	Digunakan untuk pemetaan hidrotermal perubahan batu yang berhubungan dengan deposit mineral
<i>Band 8-Panchromatic (Landsat 7)</i>	0,52-0,90	15	Digunakan untuk mempertajam citra <i>multispectral</i>

Tabel 4. Spesifikasi *band* sensor OLI dan TIRS (Sumber: USGS, 2013)

Spectral Bands	Panjang Gelombang (micrometer)	Resolusi (meter)	Fungsi
<i>Band 1-coastal/aerosol</i>	0,43 – 0,45	30	Meningkatkan observasi kawasan pesisir
<i>Band 2-blue</i>	0,45 – 0,51	30	Pemetaan batimetri, membedakan tanah dengan vegetasi
<i>Band 3-green</i>	0,53 – 0,59	30	Menekankan puncak pantulan vegetasi, untuk menilai kekuatan vegetasi
<i>Band 4-red</i>	0,64 – 0,67	30	Menekankan kemiringan vegetasi
<i>Band 5- NIR</i>	0,85 – 0,88	30	Menekankan batas antara vegetasi dengan daratan, air dan bangunan
<i>Band 6-SWIR 1</i>	1,57 – 1,65	30	Digunakan untuk mendeteksi tumbuhan kering, area yang terbakar, vegetasi yang terkena dampak kebakaran dan sensitif terhadap radiasi termal; dapat digunakan untuk mendeteksi kebakaran khususnya pada malam hari
<i>Band 7-SWIR 2</i>	2,11 – 2,29	30	Digunakan untuk mendeteksi wilayah yang mengalami kekeringan, area yang terkena dampak kebakaran dan mendeteksi kebakaran saat malam hari
<i>Band 8-panchromatic</i>	0,50 – 0,68	15	Digunakan untuk mempertajam citra <i>multispectral</i>
<i>Band 9-cirrus</i>	1,36 - 1,38	30	Digunakan untuk mendeteksi awan <i>cirrus</i>
<i>Band 10-TIRS 1</i>	10,60 – 11,19	100	Digunakan untuk pemetaan termal dalam membedakan arus perairan, pemantauan kebakaran, pengamatan pada malam hari dan mengestimasi kelembapan tanah
<i>Band 11-TIRS 2</i>	11,50 – 12,51	100	Sama dengan <i>band 10</i>

2.6 **Digital Shoreline Analysis System (DSAS)**

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) merupakan perangkat lunak komputer yang pada dasarnya digunakan untuk menghitung perubahan posisi garis pantai dan permasalahan lain terkait perubahan posisi maupun batas suatu wilayah dari waktu ke waktu. DSAS merupakan suatu perangkat sistem informasi geografis yang dapat bekerja pada perangkat lunak ArcGIS. Perangkat lunak ini dapat diunduh secara gratis pada <http://woodshole.er.usgs.gov/projectpages/dsas/>. DSAS awal mula dikembangkan pada awal tahun 1990-an. DSAS versi 1.0 dikeluarkan pada tahun 1992, versi 2.0 untuk ArcGIS 3 dikeluarkan pada tahun 2003, versi 3.0 untuk ArcGIS 9 dikeluarkan pada tahun 2005, versi 4.0 untuk ArcGIS 9 dikeluarkan pada tahun 2009 (USGS, 2017). Versi terbaru dari DSAS ialah versi 4.3 yang telah dirilis pada bulan April 2012 dan hanya dapat aplikasikan pada ArcGIS 10 dan perangkat harus didukung oleh sistem operasi *Windows XP, Vista* atau *Windows 7* (Thieler and Himmelstoss, 2012).

DSAS pada analisa perubahan garis pantai digunakan untuk menghitung secara otomatis perubahan posisi garis pantai berdasarkan waktunya menggunakan data berbasis geospasial. DSAS menggunakan titik yang dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat oleh pengguna dengan garis pantai berdasarkan waktu sebagai acuan pengukuran (Istiqomah dkk., 2016). Metode perhitungan yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan laju perubahan garis pantai pada DSAS menurut Thieler and Himmelstoss (2012), yaitu:

1. *Shoreline Change Envelope (SCE)* digunakan untuk mengukur jarak antara garis pantai yang terjauh dan terdekat dari *baseline* pada setiap transek tanpa memperhatikan tahun garis pantai.

2. *Net Shoreline Movement* (NSM) digunakan untuk mengukur jarak perubahan garis pantai antara garis yang terlama dan garis pantai terbaru. Metode NSM hanya melibatkan dua garis pantai yaitu garis pantai tahun terlama dan terbaru.
3. *End Point Rate* (EPR) digunakan untuk menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antara garis pantai terlama dan garis pantai terkini dengan waktunya.
4. *Linear Regression Rate* (LRR) digunakan untuk menganalisa secara statistik tingkat perubahan dengan menggunakan regresi linear atau bisa juga ditentukan dengan menggunakan garis regresi *least-square* (metode statistik untuk analisis *time series*) terhadap semua titik perpotongan garis pantai dengan transek.
5. *Weighted Linear Regression* (WLR) diperoleh dengan cara melakukan *plotting* posisi garis pantai sesuai waktunya kemudian menghitung tingkat perubahan dengan cara memberikan pembobotan pada data yang memiliki tingkat *shoreline uncertainty* yang terendah. Pada perhitungan secara statistik tingkat perubahan untuk garis pantai penekanan lebih banyak ditempatkan pada data yang memiliki ketidak pastian posisi paling kecil.
6. *Least Median of Square* (LMS) atau metode median kuadrat terkecil, LMS ditentukan melalui perhitungan semua kemungkinan tingkat perubahan dalam rentang sudut yang dibatasi.