

**KAJIAN DAMPAK PERUBAHAN GARIS PANTAI TERHADAP
PENGUNAAN LAHAN BERDASARKAN ANALISA PENGINDERAAN JAUH
SATELIT DI KECAMATAN PAITON, KABUPATEN PROBOLINGGO JAWA
TIMUR**

Siti Rahmi Prameswari, Agus Anugroho D. S dan Azis Rifai

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698
Email: Agus.suryoputro@yahoo.com; papahrifa@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak perubahan garis pantai terhadap perubahan lahan pesisir di Kecamatan Paiton dalam jangka waktu 16 tahun dengan menggunakan analisa penginderaan jauh satelit. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif yakni metode penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta hubungan-hubungannya yang berkaitan dengan fenomena alam sedangkan metode pengambilan sampel menggunakan metode Purposive Sampling Method yaitu penentuan lokasi pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya perubahan garis pantai berdasarkan hasil overlay Peta LPI tahun 1993 dan citra satelit Landsat 1996 di kecamatan Paiton periode tahun 1993-1996 berkurang sepanjang 909,397 m, lahan yang terakresi seluas 38,5435 ha dan lahan yang tererosi seluas 56,21 ha. Hasil overlay citra Landsat 1996 dan Ikonos 2009 terjadi penambahan garis pantai sepanjang 1.193,489 m, lahan yang terakresi seluas 11,863 ha dan lahan yang tererosi seluas 12,492 ha. Hasil pengolahan data arus didapatkan besarnya arus sepanjang pantai sebesar 1,829 m/s, kecepatan gelombang sebesar 6,187 m/s dengan Mean Sea Level sebesar 168 cm. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan garis pantai akan berdampak pada perubahan lahan di Kecamatan Paiton setiap tahunnya akibat dari erosi dan akresi.

Kata Kunci: Garis Pantai, Paiton, Citra Satelit

Abstract

This study aims to determine the impact of changes to the shoreline changes of coastal land in the District Paiton within a period of 16 years using satellite remote sensing analysis . This study used quantitative research methods that are systematic methods of scientific research on the parts and phenomena as well as relationships associated with natural phenomena while sampling method using purposive sampling method is the determination of the sampling locations based on certain considerations . The results of this study showed a shoreline change based on the overlay map LPI 1993 and 1996 Landsat images Paiton districts was reduced during the period 1993-1996 909.397 m , terakresi land area of 38.5435 hectares and eroded land area of 56.21 ha . Landsat overlay Ikonos 1996 and 2009, there was the addition of 1193.489 m along the shoreline , the land area of 11.863 ha terakresi and eroded land area of 12,492 ha . The results of the data processing flow of current along the coast of the magnitude obtained at 1.829 m / s , the wave velocity of 6,187 m / s with the Mean Sea Level by 168 cm . This indicates that the shoreline changes will affect the changes of land in District Paiton each year due to erosion and accretion .

Keywords: Shorelines, Paiton, Satellite Imagery

1. Pendahuluan

Perubahan garis pantai atau sering disebut evolusi garis pantai terjadi pada skala detik sampai jutaan tahun (Sulaiman *et al.*, 2008). Perubahan garis pantai sangat bervariasi antara satu tempat dengan tempat lainnya dan dipengaruhi oleh beberapa faktor (Istiono, 2011). Menurut Hanafi (2012) dalam Cahyadi (2012) garis pantai pada umumnya mengalami perubahan dari waktu ke waktu sejalan dengan perubahan alam seperti adanya aktivitas gelombang, angin, pasang surut dan arus serta sedimentasi. Akibat dari tekanan yang tinggi dari aktivitas alami dinamika pesisir gelombang dan angin maka akan berdampak pada dinamika bentang lahan (Beatley, 2002).

Gejala perubahan garis pantai perlu mendapat perhatian mengingat berdampak besar terhadap kehidupan sosial dan lingkungan untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan lahan wilayah pesisir secara optimal (Hanafi, 2012 dalam Cahyadi, 2012). Perubahan garis pantai yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan dapat diketahui dengan menggunakan pendekatan penginderaan jauh. Melalui pendekatan penginderaan jauh inilah dapat diketahui perubahan garis pantai yang berdampak pada perubahan lahan pesisir dari waktu ke waktu. Menurut Nugraha (2008) teknologi penginderaan jauh sangat dibutuhkan untuk pembangunan kawasan pesisir dikarenakan teknologi ini dapat memberikan informasi daerah yang luas tanpa membutuhkan waktu yang lama.

Lokasi Kecamatan Paiton yang berada di jalur pantai utara pulau Jawa tidak lepas dari pengaruh kondisi hidrooseanografi yang dinamis. Faktor-faktor hidrooseanografi seperti arus, gelombang dan pasang surut inilah yang mempengaruhi kondisi kawasan pesisir di Paiton yang berdampak terhadap perubahan garis pantai yang kemudian menyebabkan perubahan penggunaan lahan pesisir. Berdasarkan penelitian oleh Istiono (2011) menyebutkan bahwa di kecamatan Paiton telah terjadi penambahan luas garis pantai dikarenakan pengembangan kawasan industri yaitu PLTU Paiton. Hasil overlay citra menunjukkan perubahan garis pantai masing-masing kecamatan di kecamatan Paiton pada tahun 1994 sepanjang 7150.361 meter, tahun 2002 sepanjang 7174.307 meter, dan tahun 2009 sepanjang 7192.413 meter.

Permasalahannya yang timbul dari uraian di atas adalah sejauh mana perubahan garis pantai yang berdampak pada perubahan penggunaan lahan pesisir dari tahun 1993, 1996, dan 2009. Oleh karena itu perubahan garis pantai menjadi satu hal penting untuk dikaji dalam kaitannya dengan penggunaan lahan pesisir, sehingga dampak perubahan garis pantai tersebut dapat dikurangi dan tidak lagi menjadi masalah utama yang terjadi di kecamatan Paiton.

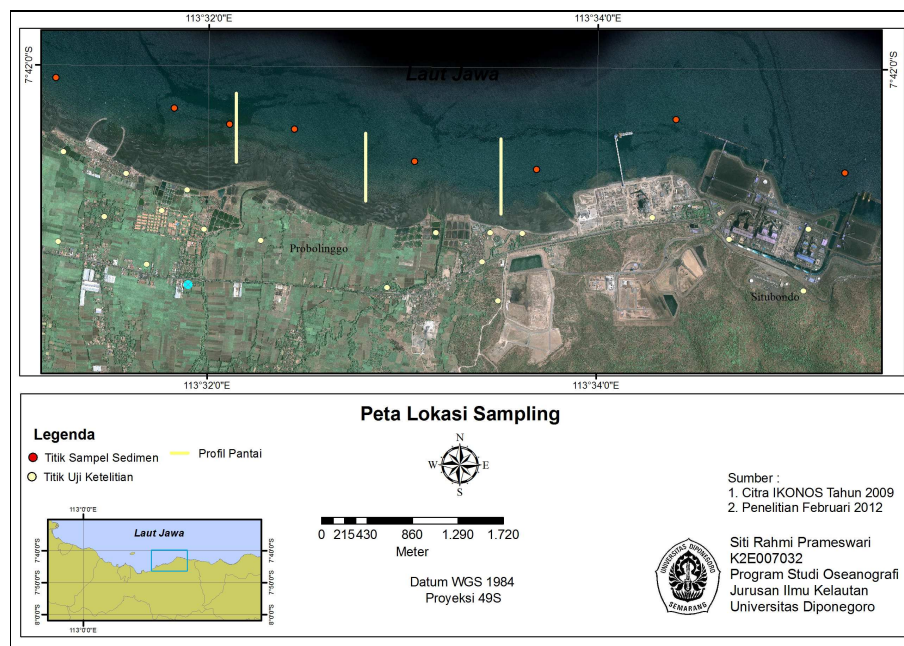
2. Metode Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah garis pantai pesisir Paiton, Kabupaten Probolinggo Jawa Timur. Data primer penelitian ini didapatkan dari BMKG Maritim Perak Surabaya berupa gelombang, arus, pasang surut, data citra satelit Landsat 7 ETM+ daerah kota Probolinggo perekaman tahun 1996, citra satelit IKONOS perekaman 2009 dan peta lingkungan pantai Besuki lembar 1608-07 skala 1:50.000 tahun 1993 publikasi BAKOSURTANAL kemudian data pengukuran sedimen dan kemiringan lereng pantai. Data sekunder yang merupakan data pendukung meliputi data angin dan Peta Rupa Bumi Indonesia Tahun 2000 publikasi BAKOSURTANAL.

Penentuan lokasi sampling menggunakan metode *Purposive Sampling Method* yaitu penentuan lokasi pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tertentu Sudjana (1992) dalam Swaharta (2010). Pengolahan data citra satelit Landsat 7ETM+ dan IKONOS diawali dengan melakukan koreksi geometri, pemotongan citra (*cropping*), klasifikasi awal yang dilakukan menggunakan metode *supervised classification*, menurut Sutanto (1986) hal ini dilakukan karena klasifikasi nilai pixel didasarkan atas daerah contoh yang telah diketahui jenis obyek dan nilai spektralnya, digitasi citra dan yang terakhir adalah menumpang susun (*overlay*) citra yang telah terdigitasi. Dalam proses tumpang susun akan diperoleh satuan pemetaan baru (unit baru). Selanjutnya dilakukan pengamatan kondisi

lapangan yang bertujuan untuk mengetahui kebenaran terhadap hasil identifikasi perubahan garis pantai dan penggunaan lahan yang dilakukan dengan interpretasi citra Landsat dan IKONOS. Pengecekan ini dilakukan pada beberapa titik.

Data arus dan gelombang merupakan data hasil pengukuran oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Tanjung Perak Surabaya berupa kecepatan dan arah di laut Paiton tahun 2007-2012, kemudian data ini dihitung untuk mendapatkan kecepatan rata-rata arus, gelombang dan arah gelombang signifikan dengan menggunakan *microsoft exce*. Data pasang surut bulan Februari tahun 2012 dari hasil pengukuran BMKG kelas II Tanjung Perak Surabaya diolah menggunakan metode admiralty. Hasil pengolahan data menggunakan metode admiralty tersebut akan diperoleh tipe pasang surut LLWL, MSL, serta HHWL. Sampel sedimen diambil di sekitar perairan pantai Binor Paiton Probolinggo dengan jumlah titik pengambilan sampel yang diambil 9 titik sampling. Pada titik sampling diambil sampel sedimen permukaan dasar laut dengan menggunakan sedimen grab kemudian dimasukkan dalam kantong plastik untuk analisa ukuran butir. Analisa sedimen yang dilakukan adalah analisa ukuran butir sedimen. Pengukuran kelerengan dilakukan dengan penentuan posisi *benchmark* (titik tinggi) kemudian diikat tali yang ditarik sejauh 500 m dari garis pantai ke arah laut. Sepanjang 500 m tersebut dibagi 5 titik pengamatan yaitu 100 m, 200 m, 300 m, 400 m dan 500 m. Penentuan lokasi pengukuran kelerengan tersebut dilakukan di 3 tempat yang berbeda.



Gambar 1. Peta Lokasi Sampling

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di wilayah pesisir Paiton dengan letak lintang $7^{\circ} 41' 58'' - 7^{\circ} 43' 07''$ LS dan $113^{\circ} 30' 55'' - 113^{\circ} 36' 26''$ Bujur Timur. Wilayah seluas 5.366.910 Ha ini secara administratif terdiri dari 20 desa dan 72 dusun dengan jumlah penduduk 7559.523 jiwa. Ibukota Kecamatan Paiton berada pada 6 meter di atas permukaan air laut. Kecamatan Paiton berada pada ketinggian 0 sampai 250 meter di atas permukaan air laut.

Perubahan Garis Pantai Berdasarkan Interpretasi Citra

Hasil interpretasi citra menunjukkan perubahan garis pantai di kecamatan Paiton mengalami perubahan sepanjang tahun 1993 sampai 2009. Besarnya perubahan panjang garis pantai dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tahun 1993-1996 telah terjadi perubahan panjang garis pantai yang berkurang sepanjang 909,397 m. Pada periode tahun 1996-2009 terjadi penambahan panjang garis pantai sepanjang 1.193,489 m. Perubahan luas lahan akibat proses akresi dari tahun 1993 sampai tahun 1996 sebesar 38,5345 ha. Perubahan luas lahan akibat akresi dari tahun 1996 sampai tahun 2009 sebesar 11,863 ha. Perubahan luas lahan yang tererosi dan brasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 1. Panjang Garis Pantai Tahun 1993, 1996, dan 2009

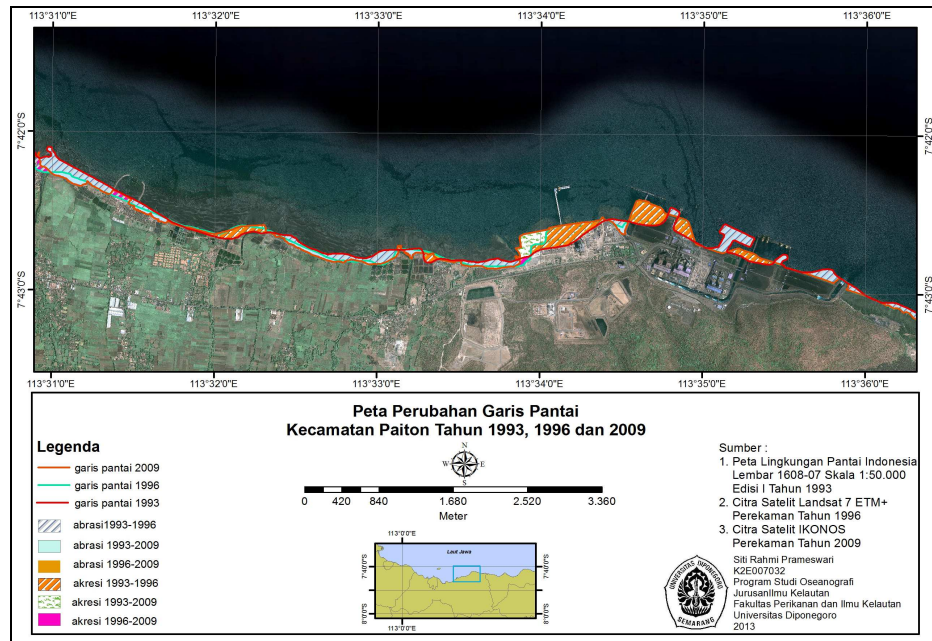
Tahun	Panjang (m)
1993	14280,27
1996	13370,8729
2009	14564,36258

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2012)

Tabel 2. Luas Akresi dan Abrasi Pantai antara tahun 1993-2009

No	Jenis Perubahan	Luas (Ha)	Laju Perubahan (Ha/Tahun)
1	Akresi 1993-1996	38,5345	12,84483333
2	Akresi 1996-2009	11,8636	0,912584615
3	Akresi 1993-2009	44,24	2,765
4	Erosi 1993-1996	56,21	18,73666667
5	Erosi 1996-2009	12,4927	0,960976923
6	Erosi 1993-2009	61,84	3,865

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2012)



Gambar 2. Peta Perubahan Garis Pantai Kecamatan Paiton Tahun 1993, 1996 dan 2009
Perubahan Penggunaan Lahan Pesisir Daerah Penelitian Tahun 1993, 1996, dan 2009

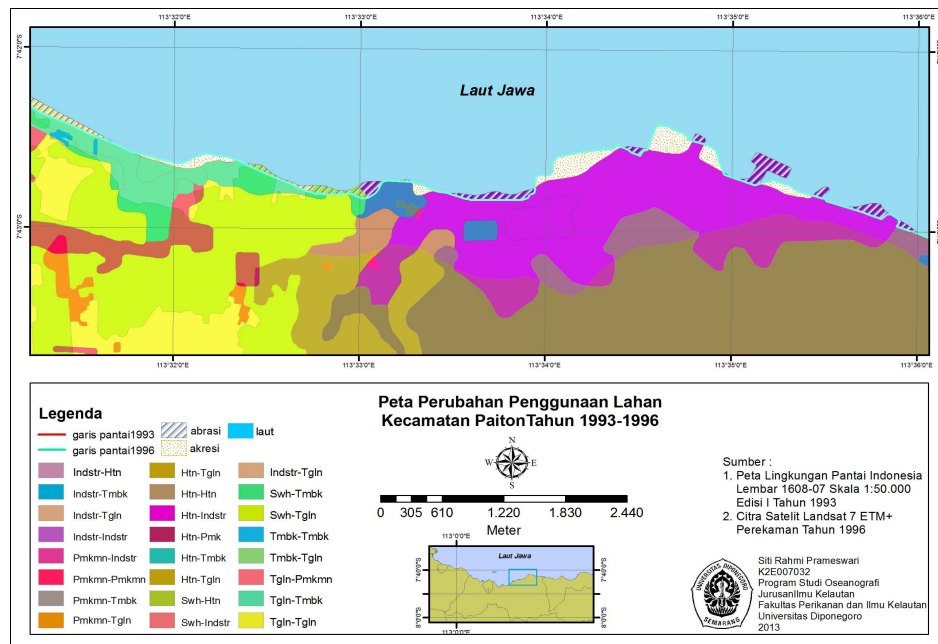
Analisa perubahan penggunaan lahan tahun 1993-2009 menggunakan 6 kelas yaitu kelas pemukiman, sawah, tegalan/ladang, hutan, industri, dan tambak. Luas perubahan tiap kelas tersebut pada tahun periode 1993-1996 dan periode tahun 1996-2009 disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Luas Lahan Pesisir Paiton Tahun 1993, 1996 dan 2009

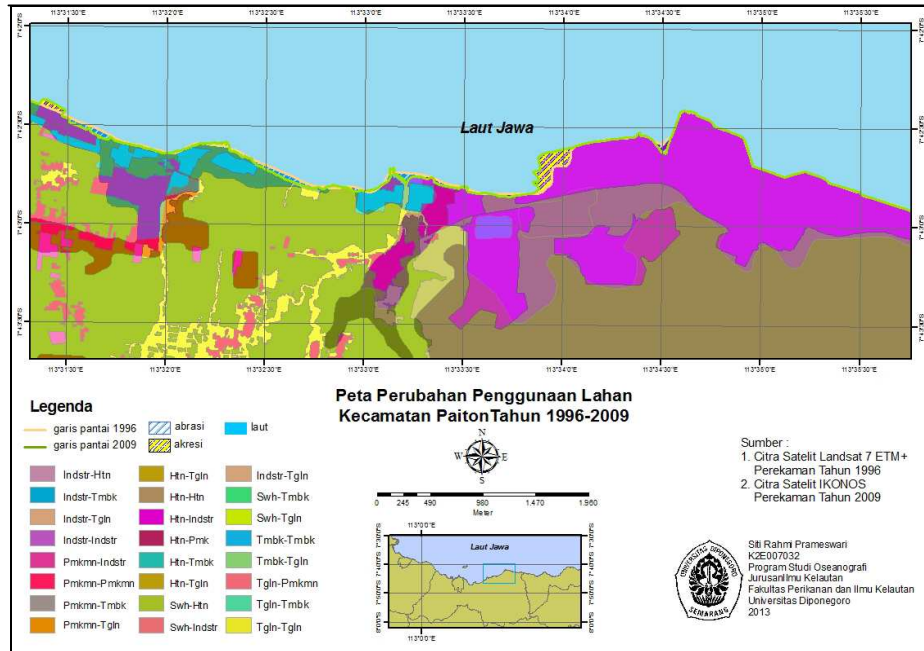
Klasifikasi Lahan	Luas Lahan (ha)		
	1993	1996	2009
Pemukiman	74.164	98.896	194.032
Sawah	658.158	0	922.248
Tegalan/Ladang	586.588	1023.24	152.337
Hutan	1570.94	1377.2	1398.56
Industri	410.991	395.866	322.199
Tambak	0.5068	126.042	40.111
Total	3301.35	3021.24	3029.48

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2012)

Peta Perubahan Penggunaan lahan di wilayah pesisir Paiton disajikan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Peta Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo Tahun 1993-1996.



Gambar 4. Peta Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo Tahun 1996-2009.

Hasil Uji Ketelitian

Berdasarkan hasil uji ketelitian lapangan yang dilakukan dengan Matriks Uji Ketelitian (Short (1982) dalam Sutanto (1986)), didapatkan nilai penyimpangan data citra adalah sebesar 10% dengan tingkat ketelitian sebesar 90%. Hasil uji ketelitian cek lapangan pada penelitian ini dapat dilihat dari Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Ketelitian Identifikasi Penggunaan Lahan di Kecamatan Paiton

Interpretasi Lapangan	Tmb	SwH	Tgln	Pmk	Htn	Ind	Jml	Omissi (%)	Komisi (%)	Ketelitian Pemetaan
Tambak	3						3	0	0	100
Sawah		4					4	0	0	100
Tegalan		1	2				3	33,3	0	66,7
Pemukiman			1	4			5	20	0	80
Hutan					1		1	0	0	100
Industri						4	4	0	0	100
Jumlah	7	5	3	4	1		20			

Ketelitian seluruh hasil interpretasi = $\frac{3+4+2+4+1+4}{20} = 90\%$

Hasil Pengolahan Data Arus

Hasil data arus yang diperoleh dari BMKG Maritim Perak Surabaya pada saat penelitian dilakukan, didapatkan data berupa arah dan besar dari arus laut di perairan Paiton. kecepatan arus sepanjang pantai sebesar $V = 1,829181 \text{ m/s}$

Tabel 4. Kecepatan dan Arah Arus di Kecamatan Paiton

Koordinat	Kecepatan (cm/s)	Arah (°)
113.50°01'00"BT 7.58°01'02" LS	2,053	167,97
113.58°00'00"BT 7.68°00'00"LS	1,729	192,25
113.59°10'00"BT 7.99°00'00" LS	19,057	178,69

(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2012)

Hasil Pengolahan Data Gelombang

Hasil data gelombang yang diperoleh dari BMKG Maritim Perak Surabaya pada saat penelitian dilakukan didapatkan data berupa arah dan kecepatan gelombang laut di perairan Paiton. Pada Lampiran 2 didapatkan perhitungan kecepatan gelombang perairan menengah sebesar $C = 6,187049$. Tabel 5 menunjukkan tinggi gelombang tertinggi, tinggi gelombang signifikan, periode gelombang tertinggi dan periode gelombang signifikan selama bulan Februari 2012.

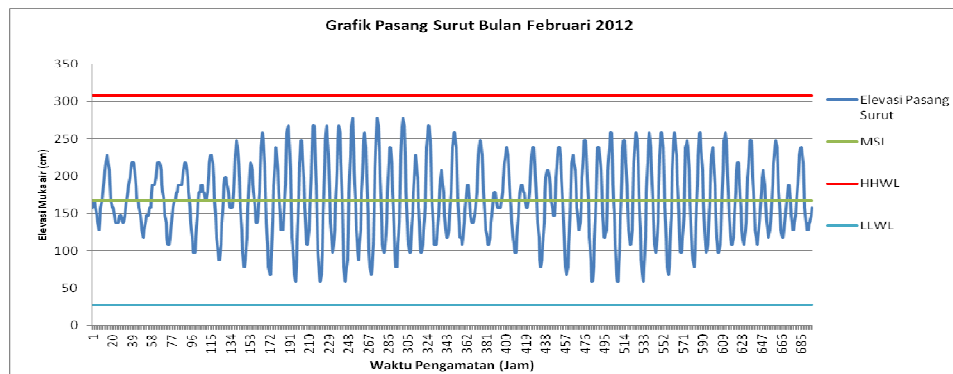
Tabel 5. Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang

Koordinat	Hmax (m)	Hs (m)	Tmax (s)	Ts (s)
113.50°01'00"BT 7.58°01'02" LS	0,31	0,170	7,65	5,38
113.58°00'00"BT 7.68°00'00"LS	0,21	0,111	5,45	3,82
113.59°10'00"BT 7.99°00'00" LS	0,60	0,41	6,54	5,24

(Sumber: Hasil Pengolahan Data 2012)

Hasil Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut diolah menggunakan metode admiralty sehingga diperoleh komponen pasang surut, yaitu: M2, S2, K2, N2, K1, O1, P1, Q1, M4 dan MS4. Dari komponen pasang surut tersebut kemudian dapat diketahui bilangan *Formzahl* sebesar 0,39; *Mean Sea Level* (MSL) sebesar 168 cm, *Highest High Water Level* (HHWL) sebesar 308,04 cm dan *Lowest Low Water Level* (LLWL) sebesar 27,92 cm.



Gambar 5. Grafik Peramalan Pasang Surut Perairan Paiton Februari 2012.

Hasil Pengolahan Data Sedimen

Hasil analisa ukuran butir sedimen yang diambil di daerah penelitian berdasarkan klasifikasi Wenworth (1922) dalam Wibisono (2005) disajikan pada Tabel 6 sehingga dapat di ketahui sebaran sedimen permukaan dasar laut yang ada di lokasi penelitian.

Tabel 6. Jenis Sedimen Permukaan Dasar Laut Perairan Kecamatan Paiton

No.	Nama Sampel	Koordinat	d50 (mm)	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung	Nama Jenis Sedimen
1.	Sed-1	113°36'14,016" BT 7°43'0,516" LS	0,15	0	81,76	18,24	0	Pasir
2.	Sed-2	113°35'16,709" BT 7°42'31,371" LS	0,17	0	72,94	27,06	0	Pasir
3.	Sed-3	113°24'24,496" BT 7°42'15,689" LS	0,11	0	72,25	27,75	0	Pasir
4.	Sed-4	113°33'41,49" BT 7°42'30,944" LS	0,12	0	75,32	24,68	0	Pasir
5.	Sed-5	113°33'2,888" BT 7°42'28,675" LS	0,17	0	72,45	27,55	0	Pasir
6.	Sed-6	113°32'26,248" BT 7°42'19,394" LS	0,21	0	73,74	26,26	0	Pasir
7.	Sed-7	113°32'6,194" BT 7°42'18,014" LS	0,17	0	80,48	19,52	0	Pasir
8.	Sed-8	113°31'49,126" BT 7°42'13,115" LS	0,13	0	79,00	21,00	0	Pasir
9.	Sed-9	113°31'12,487" BT 7°42'3,833" LS	0,16	0	74,76	25,24	0	Pasir

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2012)

Hasil Pengukuran Profil Pantai

Hasil pengukuran profil pantai dan bentuk profil pantai tersaji dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Profil Pantai

Koordinat Profil Pantai	Jarak dari pantai (m)	Kedalaman (m)
E1 (113,558 BT - 7,71 LS)	500	4,5
E2 (113,547 BT - 7,71 LS)	500	4
E3 (113,536 BT - 7,71 LS)	500	4,8

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2012)

3.2. Pembahasan

Hasil pengolahan data lapangan diperoleh luas perubahan penggunaan lahan pesisir yang berdampak langsung akibat perubahan garis pantai. Hasil *overlay* menunjukkan bahwa perubahan garis pantai tahun 1993-1996 mengalami abrasi. Penggunaan lahan pesisir yang berada di atas lahan yang terabrasi adalah sawah 658,158 ha, hutan 193,744 ha dan industri 15,125 ha. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi perubahan penggunaan lahan pada tahun 1996. Hasil *overlay* yang kedua merupakan perubahan garis pantai antara tahun 1996 – 2009,

dimana terdapat penggunaan lahan yang terkena abrasi. Penggunaan lahan tersebut adalah tegalan 870,903 ha, tambak 85,9307 ha dan industri 73,667 ha.

Kondisi gelombang di daerah penelitian juga berpengaruh terhadap perubahan garis pantai. Pengolahan data gelombang menunjukkan tinggi gelombang yang relatif kecil yang berkisar antara 0,31m – 0,6m (Tabel 18). Hal ini dapat disebabkan perairan Paiton termasuk dalam daerah perairan pantai utara Jawa. Di mana, tinggi gelombang pada perairan ini cenderung jauh lebih rendah dibandingkan dengan perairan pantai selatan Jawa. Sehingga gelombang pada perairan ini cenderung untuk membentuk pantai. Salah satu ciri gelombang pembentuk pantai adalah dengan rendahnya tinggi gelombang. Disamping itu, pada saat terjadinya gelombang pecah material pantai yang ikut terbawa akan tertinggal di dalam pasir. Sehingga menyebabkan pada daerah ini cenderung terjadi sedimentasi. Arus laut berpengaruh terhadap perubahan garis pantai terutama dalam kaitannya dengan transpor sedimen. Sedimen yang terbawa oleh arus, sebagian ada yang terbawa lagi ke laut dalam dan ada yang tidak. Sedimen yang tidak terbawa ke laut dalam inilah yang menyebabkan sedimentasi di daerah pantai. Data pengolahan pasang surut di lapangan menghasilkan nilai bilangan Formzal sebesar 0,39. Dari nilai ini dapat diketahui bahwa tipe pasang surut yang terjadi di perairan pesisir Paiton adalah pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data diketahui perubahan garis pantai dari tahun 1993-1996 dan 1996-2009. Perubahan garis pantai yang terjadi di daerah pantai Kecamatan Paiton tahun 1993–1996 lebih dominan disebabkan oleh proses abrasi pantai sebesar 56,1 ha. Abrasi tersebut menyebabkan perubahan penggunaan lahan yakni sawah 658,158 ha, hutan 193,744 ha dan industri 15,125 ha. Perubahan garis pantai tahun 1996 – 2009 berkaitan dengan proses abrasi pantai yang menyebabkan perubahan luas lahan sebesar 12,4927 ha. Abrasi tersebut menyebabkan luas penggunaan lahan menjadi berkurang. Penggunaan lahan yang terkena abrasi adalah lahan tegalan, industri dan tambak, masing-masing sebesar 870,903 ha, 73,667 ha dan 85,9307 ha.

Daftar Pustaka

- Beatley, T., Brower, D., Schwab, A. K. 2002. An Introduction to Coastal Zone Management: Second Edition. Island Press. Washington DC.
- Cahyadi, Ridzki. 2012. Kajian Perubahan Garis Pantai Dan Penggunaan Lahan Desa Bedono Kecamatan Sayung Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat Tahun 1991 Dan Citra Ikonos 2004 Dan 2009. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNDIP, Semarang.
- Istiono, Feri. 2011. Evaluasi Perubahan Garis Pantai dan Tutupan Lahan Kawasan Pesisir dengan Data Penginderaan Jauh: Studi Kasus Kawasan Pesisir Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Nontji, A. 1993. Laut Nusantara. Djambatan, Jakarta.
- Nugraha, Anditha Widya. 2008. Evaluasi Penggunaan Lahan Di Daerah Teluk Banten, Kabupaten Serang, Propinsi Banten Menggunakan Data Landsat 7 ETM+ Multi Temporal Tahun 1999 – 2005. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNDIP, Semarang.
- Sulaiman, A dan Soehardi, I. 2008. Pendahuluan Geomorfologi Pantai. BPPT. Jakarta.
- Sutanto. 1999. Penginderaan Jauh Jilid 1. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Swaherta, Mila P. 2010. Prediksi Perubahan Garis Pantai Di Kuta Bali Tahun 2009-2019 Dengan Menggunakan NEMOS (Nearshore Evolution Modelling System). Skripsi (Tidak dipublikasikan). Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNDIP, Semarang.