

# KAJIAN PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN DATA SATELIT LANDSAT DI KABUPATEN KENDAL

**Muchlisin Arief, Gathot Winarso, dan Teguh Prayogo**  
Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN  
e-mail: muchlisin.arief@yahoo.com

## ABSTRACT

Indonesia has the second longest of coastal line in the world. The change of coastal line is generated by sediment transport from the upland and the sea or generated by coming energies of sea current and wave. Coastal line change have been analyzed by multi-temporal analysis using Landsat Series Satellite (MSS, TM and ETM+). Visual interpretation of RGB 542 was done to identify coastal line, and using other combination if necessary. Based on analysis of Landsat data the coastal lines length on 1972, 1991, 2001 and years 2008 was 43.172 m, 52.646 m, 50.171 m, 53.827 m, respectively, and the change of coastal lines occurred dominant along the capes and the bays and the other places was not significantly changed. Based on Landsat satellite data analysis, in 1972 to 1991 period the abrasion and accretion occurred on 765,14 ha and 356,00 ha area, in 1991 to 2001 period were 90,64 ha and 261,89 ha, in period 2001 to 2008 were 111,67 ha and 80,37 ha.

Keys word: *Landsat, Coastal line change, Erosion, Sedimentation, Abrasion and Accretion*

## ABSTRAK

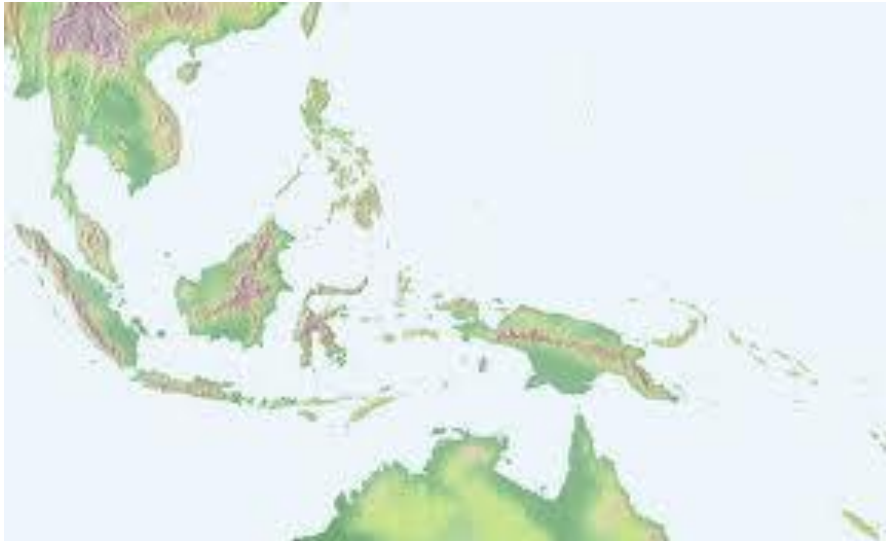
Indonesia mempunyai garis pantai terpanjang kedua di dunia. Perubahan garis pantai terbentuk antara lain karena adanya angkutan sedimen dari darat maupun dari laut dan akibat pengikisan oleh air laut/erosi. Analisis perubahan garis pantai dilakukan dengan analisis multi temporal menggunakan data Satelit Seri Landsat (sensor MSS, TM dan ETM+). Identifikasi garis pantai dilakukan dengan interpretasi visual pada RGB 542 dan kombinasi lainnya jika diperlukan. Hasil analisa dari data Landsat menunjukkan bahwa panjang garis pantai pada tahun 1972, 1991, 2001 dan 2008 secara berturut turut adalah 43.172 m, 52.646 m, 50.171 m, 53.827 m, dimana perubahan yang paling dominan terjadi di daerah teluk dan sepanjang tanjung, selain itu perubahannya tidak signifikan. Berdasarkan analisis data satelit Landsat, pada periode tahun 1972 sampai 1991 terjadi abrasi dan akresi sebesar 765,14 ha dan 356,00 ha. Pada periode tahun 1991 sampai 2001 terjadi abrasi dan akresi sebesar 90,64 ha dan 261,89 ha, sedangkan periode tahun 2001 sampai 2008 terjadi abrasi dan akresi sebesar 111,67 ha dan 80,37 ha.

Kata kunci: *Landsat, Perubahan garis pantai, Erosi, Sedimentasi, Abrasi dan akresi*

## 1 PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara kepulauan atau benua maritim yang terletak di antara Benua Australia dan Benua Asia serta membatasi Samudera Pasifik dan Samudera Hindia (Gambar 1-1). Negara kepulauan Indonesia merupakan untaian pulau-pulau, terdiri dari 17.805 buah pulau yang memiliki

garis pantai terpanjang kedua di dunia setelah Kanada, yaitu sepanjang 81.000 km. Kepulauan terbentuk oleh berbagai proses geologi yang berpengaruh kuat pada pembentukan morfologi pantai, sementara letaknya di kawasan iklim tropis memberi banyak ragam bentang rupa pantai dengan banyak ragam pula biotanya.



Gambar 1-1: Letak Indonesia di antara Dua Benua

Garis pantai terletak di kawasan pantai yang merupakan kawasan yang mempunyai beberapa ekosistem tersendiri dimana setiap kehidupan pantai saling berkaitan antara satu sama lain, antara satu ekosistem dengan ekosistem lainnya saling mempunyai keterkaitan serta berbagai fungsi yang kadang-kadang saling menguntungkan maupun merugikan. Oleh karena itu, kawasan pantai merupakan satu kawasan yang sangat dinamik begitu pula dengan garis pantainya. Perubahan terhadap garis pantai adalah satu proses tanpa henti (terus menerus) melalui pelbagai proses baik pengikisan (*abrasi*) maupun penambahan (*akresi*) pantai yang diakibatkan oleh pergerakan sedimen, arus susur pantai (*longshore current*), tindakan ombak dan penggunaan tanah (Vreugdenhil-1999). Perubahan pada garis pantai yang diakibatkan oleh faktor-faktor tersebut di atas dapat menunjukkan kecenderungan perubahan garis pantai tersebut terkikis (mengarah ke daratan) atau bertambah (menjorok ke laut).

Pantai di Kabupaten Kendal adalah salah satu kawasan pantai yang dinamis yang terletak di Pantai Utara Pulau Jawa. Pengaruh angin muson yang dominan di kawasan ini menjadi faktor yang penting. Perubahan iklim global yang terjadi akhir-akhir ini mengakibatkan perubahan pada pola dan kecepatan angin baik

angin muson barat maupun angin musim timur yang akan mengakibatkan perubahan pada kawasan pesisir. Abrasi di pesisir Pantai Utara Kabupaten Kendal kini meluas hingga mencapai sekitar 1.115 hektar (KLH Kab Kendal, 2010). Akibat abrasi itu, banyak tambak milik petani mengalami kerusakan, hampir setiap tahun abrasi dan ancamannya semakin meluas dan mulai merambah ke rumah warga ([www. krjogja.com](http://www.krjogja.com)). Sehingga diperlukan analisis spasial status perubahan garis pantai di seluruh wilayah, sehingga secara sinoptik dapat diketahui status garis pantai saat ini. Jika di suatu tempat terjadi abrasi maka ditempat lain akan terjadi akresi. Dengan melakukan studi ini maka pengelolaan kawasan pesisir termasuk di dalamnya mitigasi bencana abrasi dapat dilakukan dengan tepat.

Perubahan garis pantai tersebut dapat dipantau menggunakan teknologi satelit penginderaan jauh, secara multi temporal. Teknologi penginderaan jauh adalah teknik atau seni yang berlandaskan pada penggunaan gelombang elektro magnetik. Teknologi tersebut menghasilkan citra yang diperoleh dengan cara membangun suatu relasi antara *flux* yang diterima oleh sensor yang dibawa oleh satelit dengan sifat-sifat fisik obyek yang diamati/obyek di permukaan Bumi. Citra tersebut dianalisa

untuk melihat perubahan garis pantai. Dengan menggabungkan hasil analisa citra secara multitemporal dan pengetahuan pakar, proses perubahan garis pantai tersebut dapat diukur/diamati secara detail.

Pengalaman menunjukkan bahwa band infra merah dari sensor ETM+ yaitu band 5 adalah band terbaik dalam mengekstraksi *interface* daratan-lautan (Kelley, et al. 1998 dalam Alesheikh, et al., 2007). Penetapan garis pantai yang paling baik digunakan adalah interpretasi visual dari kenampakan obyek dari komposit 543 (RGB) karena batas tegas antara air laut dan daratan berada dapat dilukiskan (Winarso et al., 2001). Komposit 542 (RGB) ini sudah mengikutsertakan band-band dengan nilai korelasi yang rendah antar bandnya dan mengandung informasi yang lebih tinggi dari komposit lainnya (Moore, 2000). Untuk mengetahui dan mempelajari peristiwa abrasi dan mungkin akresi yang terjadi di Kabupaten Kendal, dilakukan analisis multitemporal dari data seri Landsat Tahun 1972, 1991, 2011 dan 2008. Pada makalah ini diterangkan hasil analisis perubahan garis pantai di wilayah pesisir Kabupaten Kendal, dengan tujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai baik yang diakibatkan abrasi atau akresi air laut.

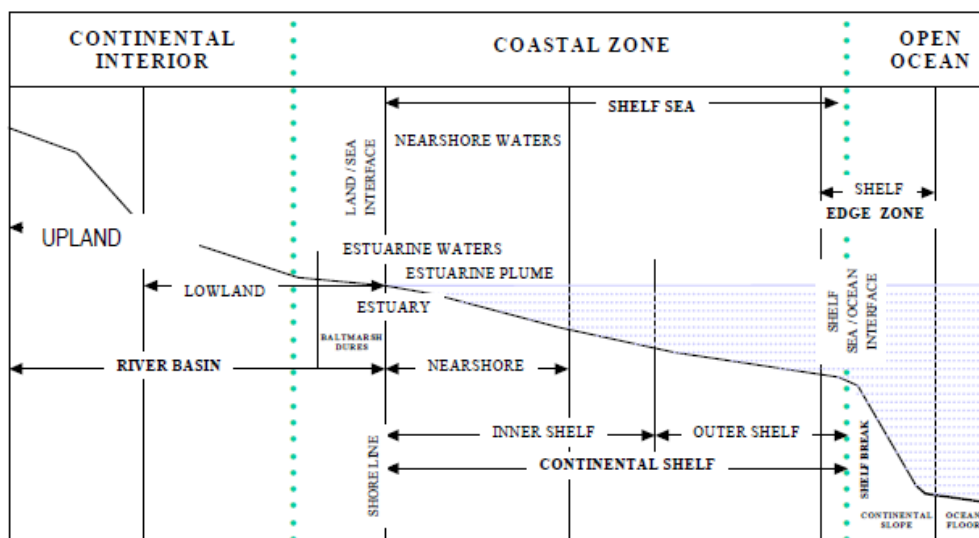
## 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Definisi Pantai

Pantai adalah sebuah bentuk geografis yang terdiri dari pasir, dan terdapat di daerah pesisir. Daerah pantai menjadi batas antara daratan dan perairan laut. Panjang garis pantai ini diukur mengelilingi seluruh pantai yang merupakan daerah teritorial suatu negara.

Kawasan pantai merupakan satu kawasan yang sangat dinamik terhadap perubahan, begitu pula dengan perubahan garis pantainya. Perubahan garis pantai adalah satu proses tanpa henti (terus menerus) melalui berbagai proses alam di pantai yang meliputi pergerakan sedimen, arus susur pantai (*longshore current*), tindakan ombak dan penggunaan lahan.

Perubahan pada garis pantai ini dapat dilihat dari faktor-faktor tersebut yang menunjukkan kecenderungan perubahan apakah menjorok ke laut dan/ atau terkikis. Perubahan garis pantai dapat dilihat melalui analisis *satellite remote sensing image* secara multi temporal. Teknologi ini secara tidak langsung dapat memberikan informasi mengenai kecenderungan perubahan garis pantai serta penggunaan lahan di suatu kawasan secara mudah dan lebih jelas.



Gambar 2-1: Terminologi wilayah pesisir [Pemetta and Milliman 1995]

## 2.2 Data Satelit

Aplikasi teknologi satelit penginderaan jauh telah banyak digunakan dalam berbagai bidang disiplin ilmu pengetahuan, dan telah banyak satelit baik yang berorbit *polar* maupun *geostationer* (berada pada posisi yang sama terus-menerus di atas Bumi yang berorbit). Salah satu satelit berorbit polar adalah satelit seri Landsat, dimulai dengan Landsat-4 MSS (*Multi Spectral Scanner*) dengan resolusi spasial 80 meter, Landsat-5 TM (*Thematic Mapper*) hingga satelit Landsat-7 ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) dengan resolusi spasial 30 meter dan 15 meter. Satelit seri Landsat merupakan satelit berorbit polar, dengan ketinggian 900 km dan meliputi Bumi setiap 16 hari. Pada tahun 1998 Amerika Serikat telah meluncurkan Landsat 7 yang membawa sensor ETM+ yang terdiri atas 8 (delapan) kanal yang dapat bermanfaat untuk mendeteksi obyek-obyek seperti dalam Tabel 2-1.

## 2.4 Metode Ekstraksi Garis Pantai

Berbagai metode dalam mengekstraksi garis pantai telah banyak

berkembang. Garis pantai bisa diperoleh hanya dengan mengekstraksi *band* tunggal, karena reflektan dari kolom air kurang lebih sama dengan nol dari *band* infra merah. Pengalaman menunjukkan bahwa *band* infra merah dari sensor ETM+ yaitu *band* 5 adalah *band* terbaik dalam mengekstraksi *interface* daratan-lautan (Kelley, *et al.* 1998 dalam Alesheikh, *et al.* 2007).

Penetapan garis pantai yang paling baik digunakan adalah interpretasi visual dari kenampakan obyek dari komposit 543 (RGB) karena batas tegas antara air laut dan daratan berada dapat dilukiskan (Winarso *et al.*, 2001). Metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu yang lama ketika mendijitasi di atas layar (*on screen*) untuk analisa data yang banyak karena garis pantai yang panjang. Lebih lanjut, komposit 542 (RGB) ini sudah mengikutsertakan *band-band* dengan nilai korelasi yang rendah antar bandnya dan mengandung informasi yang lebih tinggi dari komposit lainnya (Moore, 2000).

Tabel 2-1: APLIKASI KANAL-KANAL LANDSAT MSS DAN LANDSAT ETM

Kanal	Panjang Gelombang LS-MSS (µm)	Panjang Gelombang LS-ETM (µm)	Aplikasi
1		0,45 – 0,52	Pemetaan perairan pantai, membedakan tanah dan vegetasi, tanaman berdaun jarum dan berdaun gugur, membedakan tipe tanah.
2	0.5 – 0.6	0,52 – 0,60	Mendeteksi vegetasi sehat, mengestimasi konsentrasi sedimen air dan pemetaan air keruh
3	0.6 – 0.7	0,63 – 0,69	Membedakan spesies tanaman
4	0.7 – 0.8	0,76 – 0,90	Menentukan biomass, membedakan tubuh air
5	0.8 - 1.1	1,55 – 1,75	Menentukan kelembaban vegetasi, membedakan saljudan awan
6		10,4 – 12,5	Pemetaan suhu
7		2,08 – 2,35	Pemetaan hidrothermal, eksplorasi mineral
8		0,50 – 0,90	Studi perkotaan

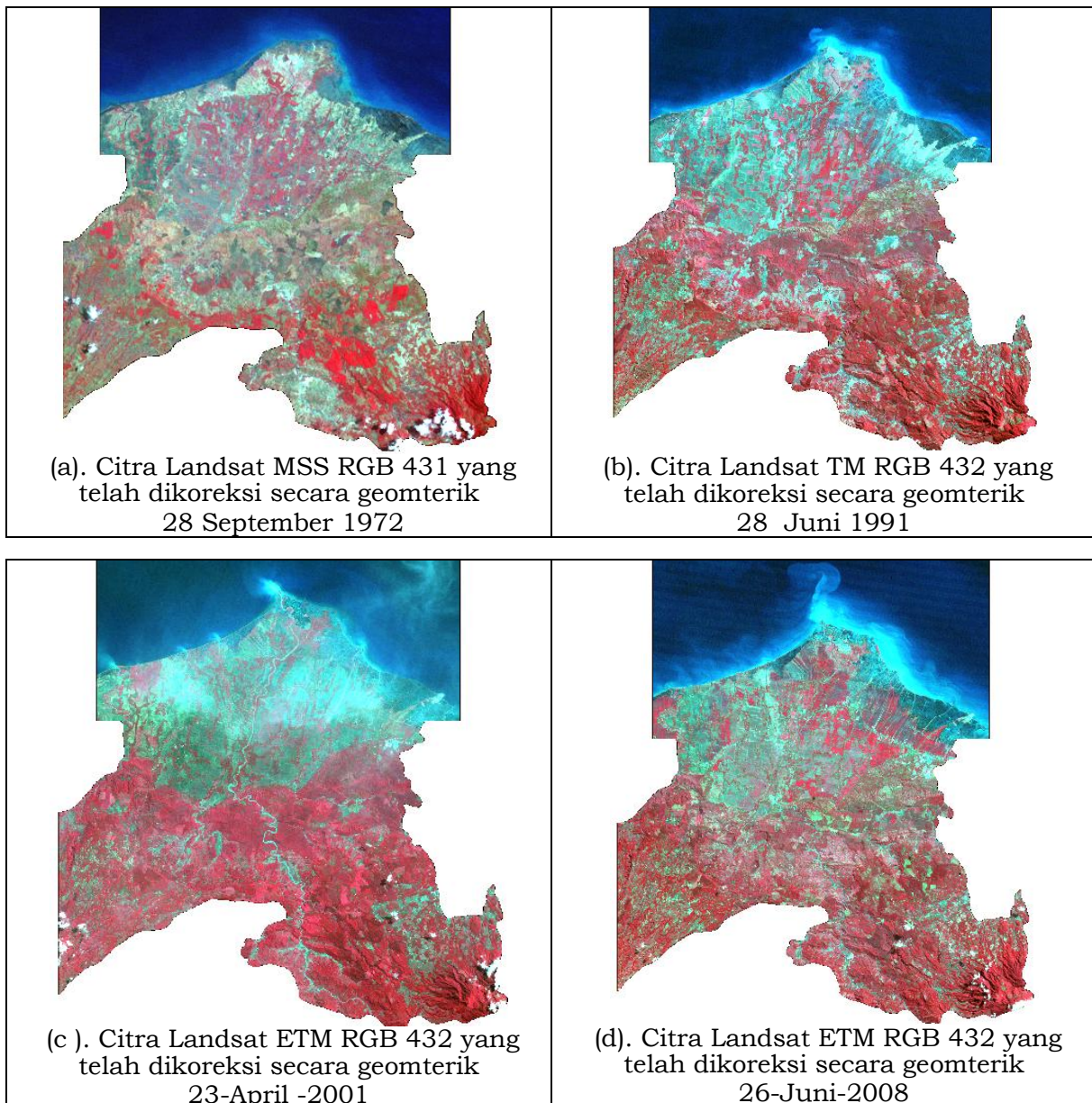
Proses otomatis atau digital ekstraksi garis pantai bisa dilakukan, yaitu dengan membuat rasio *band 5* dengan 2 atau 4 dengan 2, daerah dengan tutupan lahan berupa badan air akan mempunyai nilai kurang dari satu dan daratan sebaliknya (Winarso *et al.*, 2001; Alesheikh, *et al.*, 2007). Akan tetapi masing rasio memiliki kelemahan yaitu ketika tutupan lahan daratan berupa badan air seperti tambak dan rawa dengan batas laut dengan lahan basah tersebut adalah daratan atau vegetasi. Rasio band 5/2 akan membuat garis pantai yang salah pada batas berupa vegetasi dan sebaliknya rasio

4/2 akan membuat kesalahan pada batas berupa tanah.

### 3 MATERI DAN METODE

#### 3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit Landsat yang direkam tanggal 28 September 1972, 28 Juni 1991, 23 April 2001 dan tanggal 26 Juni 2008. *Overlay* citra Landsat RGB yang telah dikoreksi secara radiometrik dan geometrik serta di-integrasikan dengan batas administrasi Kabupaten Kendal dapat dilihat pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Citra RGB dari sensor satelit seri Landsat (MSS, TM dan ETM+) masing-masing tanggal akuisisi

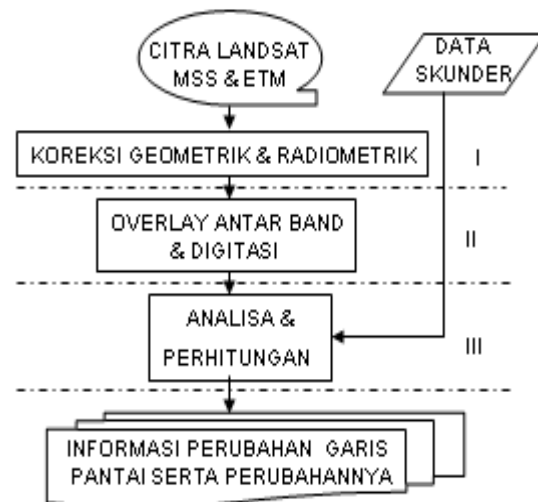


### 3.2 Metode

Metode ekstraksi informasi garis pantai yang digunakan adalah metode visual dengan *on screen* digital (Winarso, *et al.*, 2001), karena metode ini adalah metode terbaik tetapi membutuhkan waktu yang lama. Akan tetapi karena daerah studi tidak terlalu luas, sehingga kelemahan metode ini dapat diatasi. Selama melakukan interpretasi visual diperhatikan dan diamati kedudukan garis pantai, terutama kemungkinan adanya kenampakan daratan yang masih basah karena pengaruh pasang surut dan dibandingkan dengan garis pantai hidrografi (*high sea level*) dan garis rendah pada kontur 0 meter.

Metode pengolahan citra seri Landsat terdiri dari beberapa tahapan (Gambar 3-2):

- Pengolahan awal berupa koreksi radiometrik dengan prosedur standar dari penyedia data (Bidang Produksi Data Pustekdata LAPAN).
- Pengolahan awal yaitu menyamakan resolusi spasial antara Landsat-4 MSS dengan Seri Landsat TM/ETM+. Hal ini dilakukan dengan *re-sampling* data Landsat MSS sehingga resolusi spasialnya menjadi 30 meter menggunakan algoritma *cubic B-Spline* dan kemudian dilakukan koreksi geometrik data Landsat, sehingga arah utara selatan citra sama dengan peta (peta administrasi) dan dapat ditumpang-susunkan antar keduanya.
- Pembuatan Komposit RGB untuk masing-masing tanggal akuisisi citra.
- Digitasi keempat citra RGB (*Red Green Blue*) secara analog dengan melakukan digitasi *on-screen*.
- Analisa dan perhitungan dengan melakukan integrasi hasil digitasi setiap tahun sehingga dapat diketahui perubahannya baik perubahan akibat akresi maupun abrasi.



Gambar 3-2: Alur pengolahan citra perubahan garis pantai Kabupaten Kendal

### 4 HASIL DAN ANALISIS

Sebagaimana diterangkan terdahulu bahwa citra hasil koreksi tersebut dilakukan digitasi secara manual (*on screen digitation*). Hasil digitasi dari citra tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-1.

Berdasarkan perhitungan panjang garis pantai hasil digitasi di Kabupaten Kendal pada tahun 1972 adalah 43.172 meter, pada tahun 1991 adalah 52.646 meter, pada tahun 2001 sebesar 50.171 meter, dan pada tahun 2008 adalah 53.827 meter. Dengan demikian, laju perubahan garis pantai dari tahun 1972 sampai dengan 1991 adalah 499 meter pertahun, dari tahun 1991 sampai dengan 2001 adalah -247 meter pertahun dan dari tahun 2001 sampai dengan 2008 adalah 148 meter pertahun.

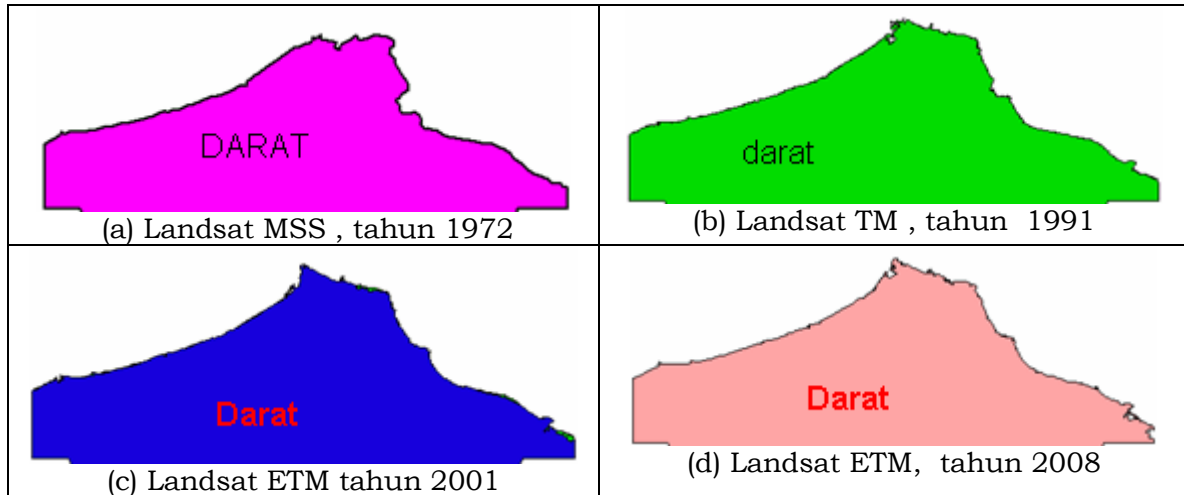
Untuk mengetahui, apakah suatu wilayah terjadi proses abrasi ataupun akresi, dapat diketahui dengan cara mengintegrasikan dua hasil digitasi garis pantai citra dari tahun yang berbeda. Hasil integrasi dua hasil digitasi dari tahun yang berurutan dapat dilihat pada Gambar 4-2, Gambar 4-3 dan Gambar 4-4.

Gambar 4-3 (a) menunjukkan lokasi wilayah Kabupaten Kendal, dimana abrasi terbesar terjadi di

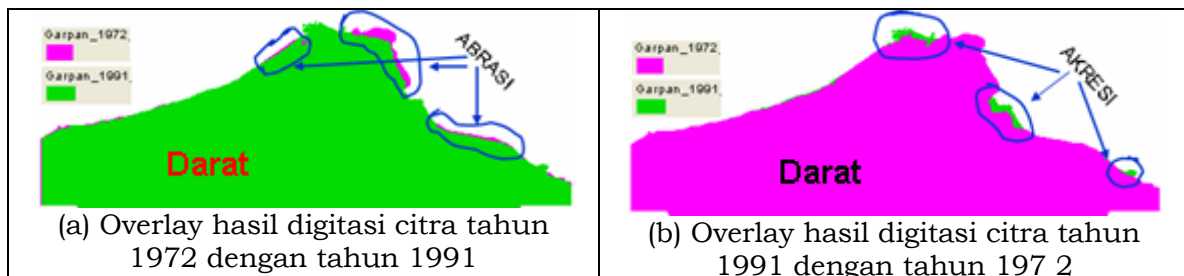
Kecamatan Patebon, dan sebagian kecil di Kecamatan Brangsong, Kaliwungu dan Cepiring dengan luas keseluruhan sebesar 765 ha. Sedangkan pada Gambar 4-2 (b) menunjukkan wilayah yang terjadi akresi, dimana yang paling dominan terjadi di Kecamatan Patebon, Cipiring dan Kaliwungu dengan luas keseluruhan sebesar 356 ha (Tabel 4-1).

Gambar 4-3a menunjukkan bahwa proses abrasi pada periode

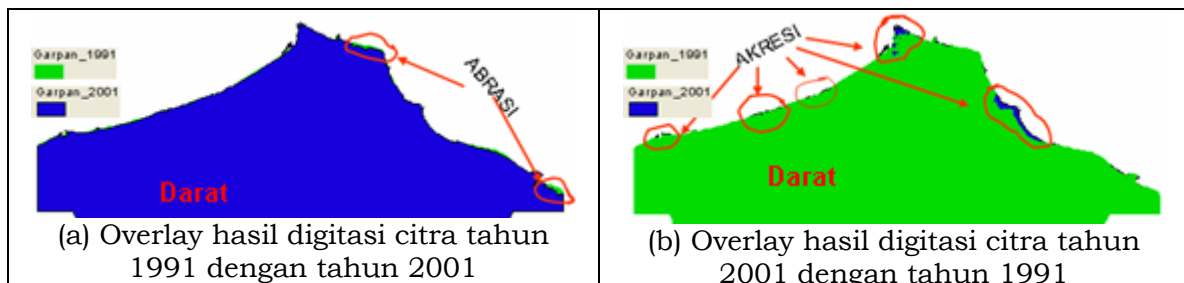
tahun 1991 sampai dengan 2001 relatif kecil dibandingkan dengan periode sebelumnya, abarasi hanya terjadi di Kecamatan Kaliwungu dan Patebon (luas abrasi sekitar 90,64 ha), sedangkan pada Gambar 4-3 (b) menunjukkan proses akresi terjadi lebih besar sekitar 261,89 ha (Tabel 4-1).



Gambar 4-1: Informasi garis pantai, hasil digitasi citra Landsat dari tahun 1972-2008



Gambar 4-2: Informasi abrasi dan akresi pantai hasil digitasi citra Landsat (tahun 1972-1991)

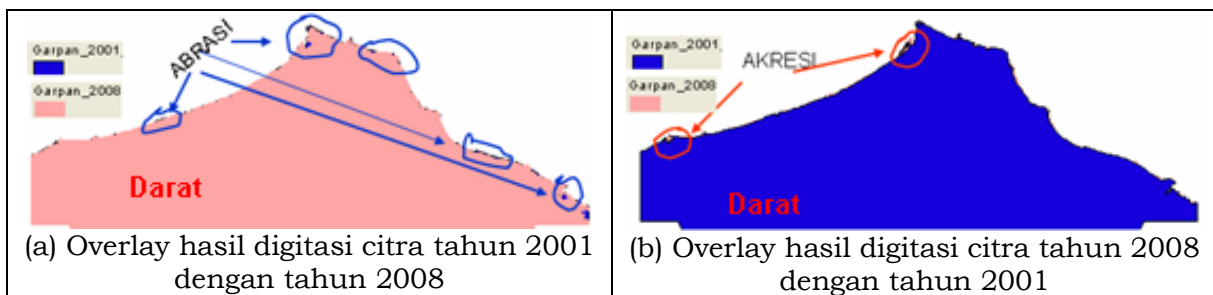


Gambar 4-3: Informasi abrasi dan akresi pantai hasil digitasi citra Landsat (tahun 1991-2001)

Gambar 4-4 (a) menunjukkan bahwa proses abrasi pada periode tahun 2001 sampai dengan 2008, terjadi menyebar di seluruh kecamatan di Kabupaten Kendal (walaupun relatif kecil). Luasan abrasi hampir sama dengan periode sebelumnya yaitu sekitar 111,67 ha. Gambar 4-4- (b) menunjukkan proses akresi terdapat di Kabupaten Kendal yaitu sekitar 80,37 ha (Tabel 4-1).

Tabel 4-1 menunjukkan bahwa kecenderungan baik proses abrasi maupun akresi selama 10 tahun pertama (1972-1991) sangat besar, akan tetapi pada sepuluh tahun berikutnya (1991-2001) berkurang dan sepuluh tahun terakhir (2001-2008) juga turun kecuali abrasi yang bertambah besar walaupun kenaikan tersebut tidak signifikan.

Gambar 4-5 (a) dan (c) menunjukkan bahwa majunya garis pantai (proses akresi) disebabkan adanya proses sedimentasi yang dibawa oleh sungai maupun laut serta kegiatan masyarakat untuk menambah lahan tambak/perikanan di sekitar pantai, sedangkan mundurnya garis pantai (proses abrasi) dikarenakan adanya proses erosi oleh energi gelombang laut (Gambar 4-5 (b)). Dengan melihat Gambar 4-5, maka dapat dikatakan bahwa secara umum proses maju pantai diperkirakan akibat adanya proses sedimentasi kemudian lahan tersebut berubah fungsi menjadi lahan tambak, sedangkan proses abrasi diperkirakan akibat pengikisan energi gelombang laut.

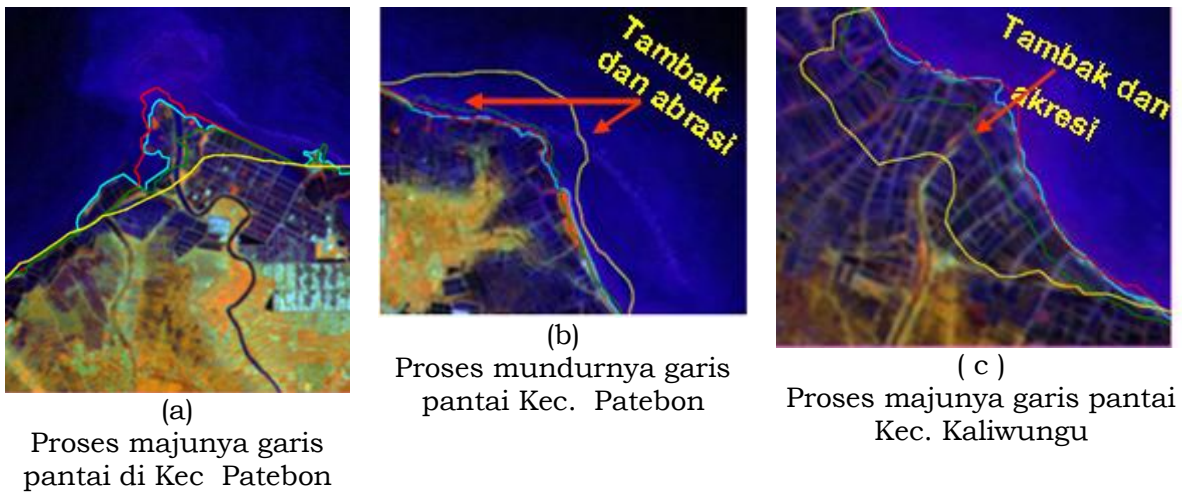


Gambar 4-4: Informasi abrasi dan akresi pantai hasil digitasi citra Landsat (tahun 2001-2008)

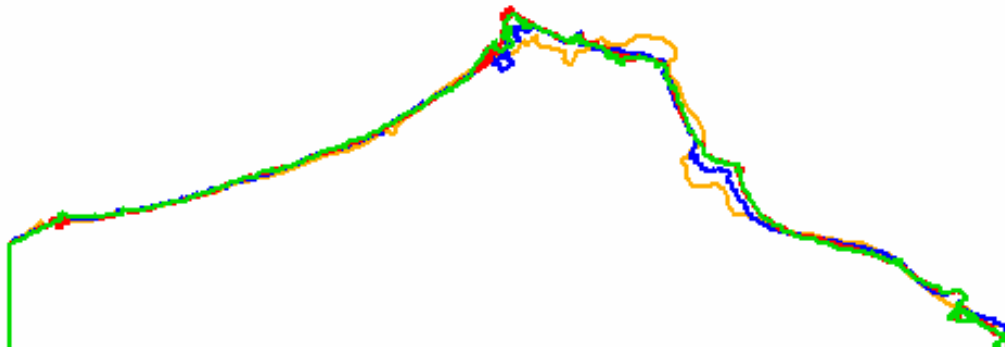
Table 4-1: LUAS ABRASI DAN AKRESI DI KABUPATEN KENDAL

No.	Kecamatan	1972-1991		1991-2001		2001-2008	
		Abrasi (ha)	Akresi (ha)	Abrasi (ha)	Akresi (ha)	Abrasi (ha)	Akresi (ha)
1.	Kec. Rowosari	225,24	15,01	17,88	8,93	4,75	17,90
2.	Kec. Kangkung	230,91	42,53	29,05	11,86	4,02	7,05
3.	Kec. Patebon	17,20	132,80	28,46	97,88	49,75	31,46
4.	Kec. Kota Kendal	288,98	70,01	1,13	16,65	4,28	3,92
5.	Kec. Brangsong	2,80	60,61	9,58	100,45	3,04	7,71
6.	Kec. Kaliwungu	0,61	35,04	4,53	26,10	45,84	12,33
	<b>Total</b>	765,14	356,00	90,64	261,89	111,67	80,37





Gambar 4-5: Informasi tentang proses maju mundurnya garis pantai di Kabupaten Kendal, dimana warna garis kuning, biru, merah dan hijau adalah garis pantai pada tahun 1972, 1991, 2001 dan 2008.



Gambar 4-6: Integrasi hasil digitasi garis pantai dari tahun 1972 sampai dengan 2010

Bila hasil digitasi garis pantai diintegrasikan seluruhnya (Gambar 4-6), maka terlihat bahwa perubahan garis pantai hanya terjadi di bagian tanjungnya saja. Apabila pada bagian tanjung tersebut terdapat aliran sungai, maka daerah tersebut terjadi proses akresi (penambahan daratan) untuk daerah pertanian/tambak seperti di Kecamatan Patebon, tetapi bila tidak terdapat aliran sungai, maka akan terjadi proses abrasi (Kec. Kaliwungu). Wilayah lainnya hampir tidak ada perubahan dan walaupun ada, perubahan tersebut tidak signifikan (lihat Gambar 4-6).

## 5 KESIMPULAN

Penggunaan data satelit Landsat secara temporal dapat membantu untuk menganalisis perubahan penutup lahan dan perubahan garis pantai. Hasil

digitasi garis pantai menunjukkan bahwa panjang garis pantai pada tahun 1972 adalah 43.172 meter, pada tahun 1991 adalah 52.646 meter, pada tahun 2001 adalah 50.171 meter, pada tahun 2008 adalah 53.627 meter. Perubahan garis pantai yang paling dominan terjadi di wilayah teluk/cekungan dan tanjung, sedangkan di luar wilayah itu, perubahannya hampir tidak signifikan. Berdasarkan analisis dari data satelit seri Landsat, pada periode tahun 1972 sampai dengan 1991 terjadi abrasi dan akresi sebesar 765,14 ha dan 356,00 ha, Pada periode tahun 1991 sampai dengan 2001 terjadi abrasi dan akresi sebesar 90,64 ha dan 261,89 ha, sedangkan periode tahun 2001 sampai dengan 2008 terjadi abrasi dan akresi sebesar 111,67 ha dan 80,37 ha. Perubahan maju mundurnya garis pantai

di Kabupaten Kendal diperkirakan akibat proses penambahan areal tambak dan proses sedimentasi dari material yang dibawa oleh air sungai maupun oleh ombak laut, sedangkan abrasi diperkirakan akibat oleh gempuran ombak atau erosi.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Alesheikh, A.A., Ghorbanali, A. And Nouri, N., 2007. *Coastline Change Detection using Remote Sensing*. International Journal Environmental Science Technology, 4 (1): 61-66 pp.
- Dahuri, R., Rais, J., Putra S.,G., Sitepu, M.J., 2001. *Pengelolaan Sumber daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- <http://www.krjogja.com/news/detail/78654/Abrasi.Pantai.Kendal.Kian.Parah.html>.
- Kantor Lingkungan Hidup Kabupaten Kendal, 2010. Laporan Tahunan Kondisi Lingkungan kabupaten Kendal (tidak dipublikasikan).
- Lille sand, T. M. and R. W. Kiefer, 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Terjemahan, Sutanto Eds. Gadjah Mada Universitas Press: 725 hal.
- Mennecke, Brian E., 2000. *Understanding the Role of Geographic Information Technologies in Business: Applications and Research Directions*. Journal of Geographic Information and Decision Analysis, Vol. 1, No. 1, pp. 44-68, Decision Science Department, School of Business, East Carolina University.
- Moore, K.J., 2000. *Shoreline Mapping Techniques*. Journal Coastal Res 16(1), 111-124.
- Pernetta, J. C., dan J. D. Milliman, 1995. *Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone: Implementation Plan*. The International Geosphere-Biosphere Programme. Stockholm.
- Rais, J., 2000. *Kajian Kerawanan dan Dinamika Wilayah Pesisir*. Materi Kuliah pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Program Pascasarjana IPB, 92 hal.
- Sutrisno, D., 2005, *Dampak kenaikan Muka Laut Pada Pengelolaan Delta: Studi Kasus Penggunaan Lahan Tambak di Pulau Muaraulu Delta Mahakam*. Disertasi IPB.
- Vreugdenhil, C. B., 1999. *Transport Problems in Shallow Water, Battle-neeks and Appropriate Modeling: Twente University*, Department of Civil Engineering and Management. Seminar on Sediment Transport Modelling.
- Winarso, G., Syarif Budhiman dan Judijanto, 2001. *The Potential Application of Remote Sensing Data for Coastal Study*, Proceeding on 22<sup>nd</sup> Asian Conference on Remote Sensing, CRISP NUS and Asian Association on Remote Sensing, Singapura,