

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN PENUTUPAN LAHAN ANTARA WAY PENET DAN WAY SEKAMPUNG, KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

(Analysis of Coast Line and Land Use Coverage Changes between Way Penet
and Way Sekampung, Kabupaten Lampung Timur)

Mulia Purba¹ dan Indra Jaya¹

ABSTRAK

Analisis terhadap perubahan garis pantai dan penutupan lahan di pesisir Lampung Timur, antara Way Penet dan Way Sekampung dilakukan berdasarkan citra satelit LANDSAT-TM antara tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003. Observasi dan pengukuran kondisi pantai dan gelombang di lapangan dilakukan untuk mempelajari dinamika pantai. Dari rangkaian data citra satelit tersebut ditemukan bahwa garis pantai mengalami proses erosi dan sedimentasi yang cukup nyata pada bagian-bagian pantai tertentu. Erosi yang terjadi di bagian selatan di Desa Purworedjo, misalnya, bervariasi antara 90 - 600 m dalam kurun waktu 12 tahun (1991 - 2003). Sementara itu, ke arah utara dari desa ini proses sedimentasi bervariasi antara 90 - 550 m. Ke arah utaranya lagi, garis pantai mengalami erosi, kemudian sedimentasi. Bentuk morfologi garis pantai, variasi arah angin dan karakteristik gelombang ditelaah sebagai faktor yang berperan dalam perubahan garis pantai tersebut. Intensitas perubahan dan uraian dinamika pantai yang terjadi dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan tindakan mitigasi ekologi yang efektif untuk melindungi daerah tersebut.

Kata kunci: dinamika garis pantai, citra satelit, Lampung Timur

ABSTRACT

Analysis on changes of coastline and land use coverage in the area between Way Penet and Way Sekampung, East Lampung was conducted based on the LANDSAT-TM satellite images, covering period between 1991, 1999, 2001 and 2003. A field observation and measurement of beach conditions and wave characteristics was also conducted. Results from satellite images show that during the period of observation the area experiencing a significant erosion as well as sedimentation on different parts of the coastal area. For example, in the south, erosion that occurred in the Purworedjo Village vary between 90 to 600 m in the period of observation (12 years); meanwhile, toward the north of it, the sedimentation occurred and vary between 90 to 550 m. Further to the north, the coastline were eroded and then followed by sedimentation. Coastal morphology, winds variability and waves were addressed to be responsible for the coastline dynamics. These results may be useful in providing necessary information for effective ecological mitigation program to protect the coastal area.

Keywords: coastline dynamics, satellite imagery, East Lampung

PENDAHULUAN

Kabupaten Lampung Timur memiliki 9 (sembilan) desa pantai yang tercakup ke dalam 3 (tiga) kecamatan, yaitu Kecamatan Labuhan Maringgai, Jabung dan Sukadana. Kecamatan Labuhan Maringgai merupakan kecamatan pesisir terluas dengan luas wilayah 55 560 ha. Kecamatan Labuhan Maringgai ini mencakup 6 (enam) desa pantai yaitu Desa Margasari, Sri Minosari, Muara Gading Mas, Bandar Negeri, Karya Makmur dan Karya Tani. Dari enam desa ini yang cukup berkembang sebagai desa peri-

kanan adalah Sri Minosari dan Muara Gading Mas karena di dua desa ini terdapat pelabuhan laut yaitu Way Penet dan Labuhan Maringgai.

Topografi wilayah pesisir daerah studi mulai dari Way Penet sampai Way Sekampung, Lampung Timur, tergolong sangat datar dengan ketinggian kurang dari 5 meter di atas muka laut rata-rata. Wilayah pesisir ini merupakan endapan alluvial marin dengan tipologi pantai yang terdiri dari campuran antara pasir berlumpur, pasir dan lumpur. Garis pantai daerah studi berorientasi hampir utara selatan dan dapat dikatakan mewakili tipologi pantai timur Sumatra dengan dataran pantai dan dasar perairan yang landai. Kondisi pantai saat ini sudah berubah

¹ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

menjadi kolam-kolam tambak dengan tanggul pembatas yang sering kurang teratur sehingga topografi alami sudah tidak terlihat lagi.

Kondisi bathimetri dasar perairan pesisir lokasi studi juga tidak berbeda dengan karakteristik pantai timur Sumatera yakni dangkal dengan lereng dasar perairan yang landai. Seperti diketahui, ke pantai timur ini banyak sungai bermuara dengan membawa pasokan sedimen, sehingga secara umum pantai timur bertambah ke arah laut dalam waktu geologi yang terakhir. Perairan pesisir, terutama di sekitar muara sungai, umumnya keruh karena tingginya kandungan sedimen tersuspensi yang berasal dari sungai. Garis *isobath* secara umum sejajar garis pantai walaupun dasar perairan di bagian utara daerah studi sedikit lebih landai dibanding bagian selatan, dimana garis *isobath* 5 m berjarak 12 km dari garis pantai di bagian utara dan 6 km di bagian selatan.

Karakter pasut di lokasi studi adalah tipe campuran dominasi ganda (*mixed-tide predominantly semi-diurnal*) dengan indeks Formzhal sebesar 1.47 (Wyrski, 1961; PPDR, 2000). Pasut yang terjadi di pantai timur Lampung Timur merupakan hasil perambatan pasut dari dua lokasi. Berdasarkan pemodelan pasut oleh Hatayama *et al.* (1996), komponen pasut S_2 berasal dari Samudera Hindia, kemudian merambat ke Laut Jawa melalui Selat Lombok dan Laut Sawu, lalu bergerak ke barat dan tiba di pantai timur Lampung. Selain itu, ada juga yang masuk dari Selat Sunda dan dari Laut Andaman melalui Selat Malaka dan tiba di pantai Timur Lampung. Komponen pasut S_2 yang berasal dari Samudera Pasifik, sampai juga ke lokasi studi melalui Laut Cina Selatan dan perairan antara Sumatera dan Kalimantan. Dengan demikian komponen pasut S_2 di lokasi studi dan sisi barat Laut Jawa bagian barat menjadi rumit, karena bertemunya gelombang pasut dari berbagai arah. Berbeda dengan komponen pasut S_2 , komponen K_1 dominan berasal dari Samudera Pasifik, kemudian masuk ke Selat Makassar, lalu berbelok ke barat di Laut Jawa sebelum sampai di perairan Lampung Timur. Secara keseluruhan, pada saat air pasang (*flood tide*) arus pasut di lokasi studi bergerak sepanjang pantai ke arah utara dan saat air surut (*ebb tide*) akan kembali ke selatan.

Pantai timur Kabupaten Lampung Timur ternyata mengalami perubahan yang besar baik akibat kegiatan masyarakat setempat maupun a-

kibat proses alam. Kegiatan masyarakat terutama berkaitan dengan pembukaan lahan terutama hutan bakau ataupun konversi lahan seperti sawah untuk dijadikan tambak. Proses alam yang terjadi adalah proses erosi oleh hantaman gelombang, sehingga garis pantai mengalami kemunduran ke arah darat. Sebagai akibatnya, lahan tambak, ekosistem pantai dan pemukiman penduduk telah berubah menjadi genangan air laut. Kondisi ini telah mengakibatkan keresahan masyarakat sekitar, terutama petani tambak. Untuk meredam keresahan ini, Pemerintah Daerah terkait melaksanakan kegiatan berupa studi untuk mencari jalan keluar mengatasi permasalahan yang meresahkan masyarakat tersebut.

Ada berbagai faktor yang berperan dalam mekanisme perubahan pantai, yakni antara lain besarnya energi gelombang yang menghempas di pantai, sudut yang dibentuk antara muka gelombang saat pecah dengan garis pantai, lereng dasar perairan, jenis dan ukuran sedimen yang terdeposit, keterbukaan pantai terhadap hantaman gelombang dan bentuk morfologi garis pantai (Komar, 1991; Khun dan Shepard, 1991; Sorensen, 1991; Shioyama, 1998). Garis pantai akan mengalami erosi yang intensif jika morfologinya berupa tojolan, lereng dasar perairan yang relatif curam, tingkat keterbukaan yang tinggi terhadap hantaman gelombang dan energi gelombang yang tinggi.

Tulisan ini merupakan bagian dari studi tersebut yang secara spesifik menelaah dinamika gerak air yang mengakibatkan perubahan garis pantai melalui proses erosi ataupun sedimentasi. Akibat maju-mundurnya garis pantai, terjadi juga perubahan luas penutupan lahan. Hasil analisis demikian sangat penting untuk menetapkan berbagai pilihan yang tepat untuk mengatasi perubahan garis pantai yang terjadi dengan intensitas yang tergolong tinggi.

DATA DAN METODOLOGI

Untuk mengetahui kondisi umum pantai dan dinamika pergerakan air, maka dilakukan berbagai pengukuran, observasi visual dan wawancara dengan masyarakat setempat. Pengukuran kondisi pantai dan karakter gelombang dilakukan pada 3 stasiun pengamatan yang lokasinya disajikan pada Gambar 1, sedangkan observasi visual dan wawancara dengan masyarakat dilakukan pada berbagai lokasi. Kondisi pantai yang

diamati mencakup lereng muka pantai, material utama sedimen pantai, orientasi garis pantai terhadap arah utara - selatan dan kondisi umum pantai. Karakter gelombang yang diukur meliputi tinggi gelombang saat sebelum pecah (H_b), periode gelombang yang mendekati pantai (T), besar dan arah orientasi sudut yang dibentuk muka gelombang saat sebelum pecah dengan garis pantai (α_b).



Gambar 1. Peta Lokasi Studi di Wilayah Pesisir Kabupaten Lampung Timur

Kondisi dan karakter gelombang dianalisis untuk menelaah arah pergerakan arus menyusur pantai (*long-shore currents*), yang bertanggung jawab atas transpor sedimen sepanjang pantai (Sorensen, 1991; Shioyama, 1998). Gelombang yang menghempas di garis pantai akan menggerus pantai, lalu hasil gerusan akan diangkut oleh arus menyusur pantai dalam proses yang disebut sedimen transpor (*littoral drift*).

Untuk menelaah secara historis perubahan garis pantai di sepanjang lokasi studi, citra Landsat TM tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003 dianalisis secara digital, visual dan sistem informasi geografi untuk tampilannya. Analisis digital dilakukan dengan menggunakan software *ERmapper*, sedangkan analisis visual dilakukan berdasarkan hasil identifikasi objek.

Analisis data digital meliputi proses awal (*preprocessing*), penajaman citra (*image enhancement*) dan klasifikasi citra (*image classification*). Proses awal mencakup (i) koreksi radiometrik untuk memperbaiki kualitas visual dan nilai-nilai pixel, dan (ii) koreksi geometrik untuk mendapatkan posisi citra dengan metode *nearest neighbor interpolation*, dimana citra Landsat TM tahun 2001 yang telah terkoreksi digunakan sebagai referensi.

Penajaman citra (*image enhancement*) dilakukan untuk mendapatkan tampilan yang kontras sehingga memudahkan dalam proses interpretasi. Kemudian klasifikasi citra (*image classification*) dilakukan dengan metode *maximum likelihood*, sehingga didapatkan peta penutupan lahan yang dikelompokkan menjadi tambak, mangrove, laut dan lainnya. Untuk mendapatkan ketelitian atau validasi citra kelompok penutupan, dilakukan pencocokan dengan kondisi lapangan (*ground truth*).

Bagian akhir pemrosesan citra adalah melakukan analisis sistem informasi geografi yang mencakup digitasi garis pantai, digitasi citra hasil klasifikasi, *editing* (memperbaiki kesalahan pada proses *coverage*), *labeling* (pemberian identitas/label setiap poligon, garis, atau titik), *attributing* (pemberian atribut atau informasi) dan topologi. Untuk mengetahui historis perubahan garis pantai dan perubahan penutupan lahan, dilakukan analisis teknik tumpang-tindih (*overlay*) hasil digitasi garis pantai maupun klasifikasi citra landsat TM hasil perekaman tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi dan Dinamika Pantai

Hasil observasi dan pengukuran kondisi pantai dan karakter gelombang dari sisi utara lokasi studi ke sisi selatan disajikan pada Tabel 1. Gelombang yang mendekati pantai tergolong kecil dengan tinggi gelombang antara 20 - 40 cm dan periode 2 - 4 detik. Hal ini berkaitan dengan lemahnya angin yang bertiup pada saat survei lapangan. Angin yang bertiup berasal dari arah timur - tenggara, sehingga gelombang yang mendekati pantai juga merambat dari arah yang sama. Dengan garis pantai yang hampir berorientasi arah utara - selatan, maka sudut yang dibentuk muka gelombang dengan garis pantai (α_b) terbuka ke arah utara dengan besar

sudut antara 2 – 2.5°. Hal ini berarti arah arus menyusur pantai dan pergerakan sedimen sepanjang pantai juga ke utara.

Pola arah dan tiupan angin di perairan pantai Lampung Timur sangat dipengaruhi oleh sistem muson yang dominan di perairan Asia Tenggara (Wyrtki, 1961). Pada Musim Timur (Juni - Agustus) arah angin sangat dominan dari tenggara dan timur dengan

frekuensi kejadian 35% - 44%. Pada Musim Barat (Desember - Februari), arah angin dominan dari Barat dan Barat Laut sedemikian sehingga pada bulan Desember frekuensi kejadian arah angin dari Barat Laut mencapai 27% (DISHIDROS, 1992). Pada Musim Peralihan, arah angin relatif sangat bervariasi karena berada dalam peralihan pergantian arah angin.

Tabel 1. Kondisi Pantai dan Karakter Gelombang di Pantai Kabupaten Lampung Timur.

	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
Posisi	05°18'27.5"S 105°49'28.5"E	05°25'29.7"S 105°49'24.7"E	05°31'55.5"S 105°48'56"E
Tanggal	17 - 9 -2003	18 - 9- 2003	18 - 9- 2003
Waktu (WIB)	12.05	9.45	14.20
Desa	Sri Mino Sari	Karya Makmur	Purworejo
Kecamatan	Sukadana	Labuhan Maringgai	Jabung
α_b (°)	2,5	2,5	2
Arah α_b	Utara	Utara	Selatan
H_b (cm)	20 – 40	20 - 40	10 - 20
T (det)	2 – 4	2 - 4	1 - 3
Lereng pantai (°)	6,1	6	< 1
Orientasi Garis Pantai (°)	20,5	348	1,5
Kondisi pantai	Erosi	Erosi	Erosi
Material Utama	Pasir Putih	Pasir Putih	Lanau berlumpur

Keterangan: α_b adalah sudut yang dibentuk muka gelombang saat sebelum pecah dengan garis pantai.

H_b adalah tinggi gelombang saat sebelum pecah (H_b). T adalah periode gelombang yang mendekati pantai.

Pada Musim Barat (Desember - Februari) angin bertiup dari arah barat laut - barat. Dengan demikian, pantai relatif terlindung dari hantaman gelombang besar, karena angin bertiup menjauhi pantai. Akan tetapi angin dari utara, walaupun tidak dominan, dapat membangkitkan gelombang yang akan merambat ke arah pantai. Kecepatan angin dari utara ini yang bervariasi antara 1 – 5 knot dapat menimbulkan gelombang dengan tinggi mencapai 0.5 m (Wyrtki, 1961; Sorensen, 1991). Pada Musim Timur (Juni - Agustus) angin bertiup dominan dari tenggara – timur dengan kecepatan bervariasi antara 7 - 16 knot. Gelombang yang dibangkitkan angin ini juga akan merambat dari arah tenggara – timur menuju garis pantai. Gelombang yang terbentuk dapat mempunyai tinggi yang bervariasi antara 0.5 - 2.0 meter. Gelombang ini akan menghantam pantai dan hasil gerusan gelombang pada muka pantai akan diangkut ke arah barat laut/utara oleh arus menyusur pantai.

Kondisi pantai yang diobservasi sepanjang pantai dan juga hasil wawancara dengan

masyarakat setempat mengindikasikan terjadinya proses erosi. Muka pantai (*berm*) yang tersusun material pasir putih dengan ukuran halus sampai sedang terletak di pinggir bahkan di tengah tambak, sebagai akibat mundurnya garis pantai ke arah darat. Lereng muka pantai pada jarak 6 - 9 meter dari garis pantai umumnya sekitar 6°. Endapan dengan lereng yang relatif tidak landai ini memberi indikasi bahwa pada masa lampau telah terjadi hantaman gelombang dengan energi yang cukup besar, sehingga sedimen yang digerus di pantai terbawa ke arah darat oleh pecahan gelombang yang naik ke muka pantai sebagai proses *run-up* dan melampaui puncak muka pantai (*over-top*), kemudian sedimen tersebut diendapkan.

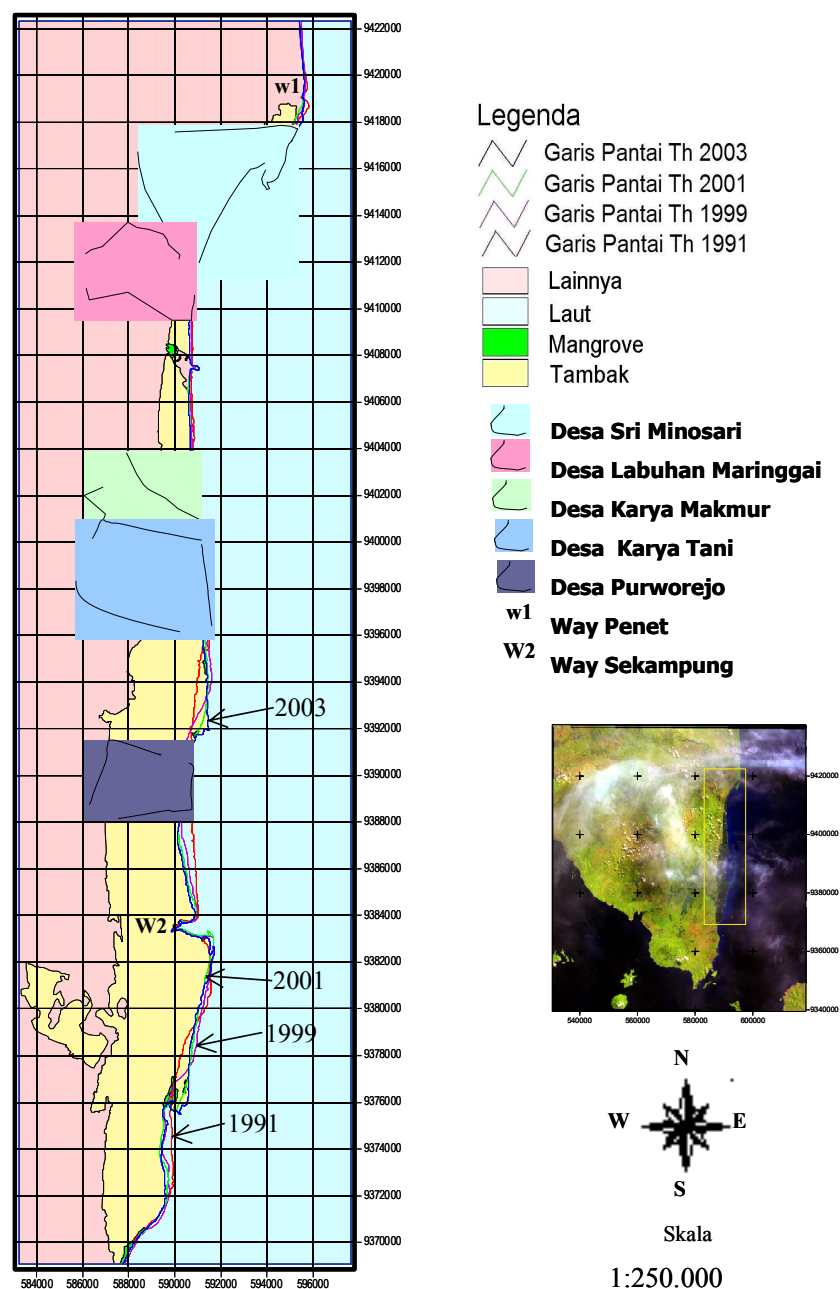
Kondisi pantai yang berbeda dari bagian utara daerah studi terdapat di sekitar St. 3, dimana tidak terdapat gundukan muka pantai dengan material sedimen pasir, tetapi berupa pantai yang landai dengan material berupa lanau berlumpur. Garis pantai juga telah mundur ke arah darat dan terletak di tengah-tengah lahan

tambak. Jadi kesamaan dengan garis pantai ke arah utara adalah secara umum telah terjadi proses erosi. Perbedaan jenis material sedimen di sekitar St. 3 dikarenakan berada di sekitar muara Sungai (Way) Sekampung sehingga endapan sedimen terutama berasal dari sungai tersebut.

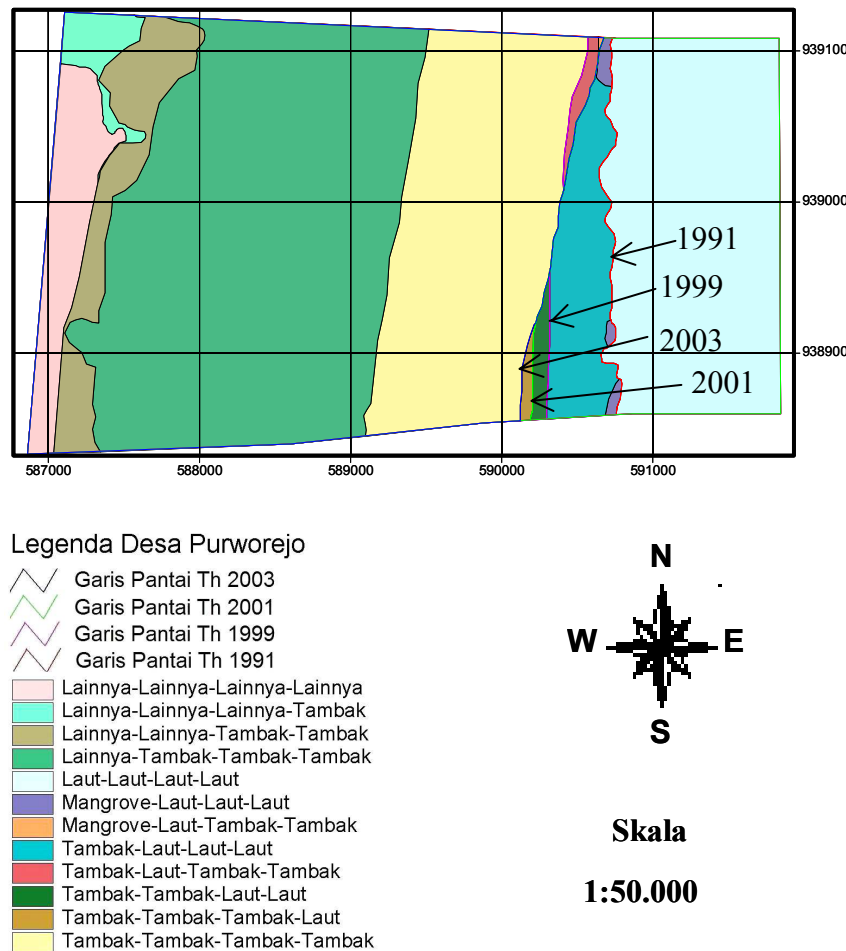
Perubahan Garis Pantai

Hasil rekaman perubahan garis pantai yang diperoleh dari citra satelit Landsat dari 1991, 1999, 2001 dan 2003 ditumpang-tindihkan (*over-layed*) dan disajikan pada Gambar 2.

Perubahan garis pantai yang lebih jelas dengan skala yang lebih kecil pada masing-masing desa yang diamati disajikan pada Gambar 3, 4 dan 5. Kalau diperhatikan perubahan garis pantai secara keseluruhan terlihat bahwa sebagian besar mengalami kemunduran ke arah daratan sebagai akibat terjadinya erosi, namun pada bagian lainnya, terjadi juga sedimentasi yang ditandai dengan majunya garis pantai ke arah laut. Besarnya pertambahan dan kemunduran garis pantai ini juga sangat bervariasi di sepanjang pantai lokasi studi.



Gambar 2. Posisi Garis Pantai Lampung Timur pada tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003



Gambar 3. Citra Landsat Perubahan Garis Pantai 1991, 1999, 2001 dan 2003 Desa Purworejo, Kabupaten Lampung Timur.

Garis pantai Desa Purworejo (Gambar 3) yang merupakan bagian selatan dari wilayah studi (Gambar 2) secara umum mengalami erosi dari tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003. Dalam gambar tersebut, proses erosi dinyatakan sebagai perubahan tambak, bakau dan lahan lainnya menjadi laut. Perubahan tambak menjadi laut ada yang terjadi pada tahun 1999, ada juga tahun 2001 atau 2003. Namun demikian pada beberapa bagian garis pantai, ada juga laut menjadi tambak, misalnya pada bagian utara desa ini. Hal ini terjadi karena pantai mengalami sedimentasi sehingga terdapat penambahan daratan yang telah dikonversi menjadi tambak.

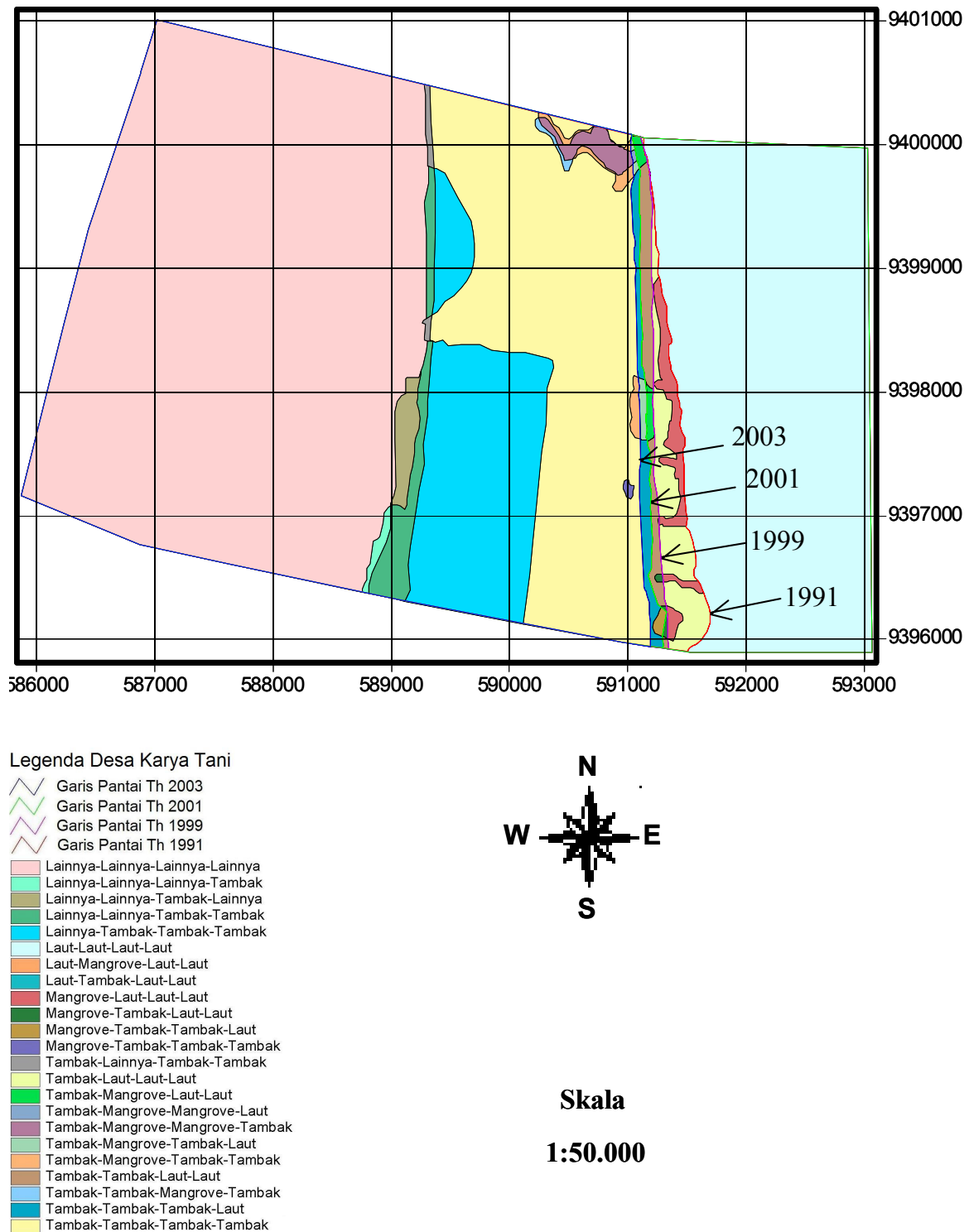
Pada Gambar 4, yang menunjukkan perubahan garis pantai di Desa Karya Tani (bagian tengah daerah studi, Gambar 2), terlihat juga bahwa sebagian besar garis pantai mengalami

erosi yang ditandai pada gambar dengan perubahan dari tambak menjadi laut ataupun dari bakau menjadi laut. Perubahan daratan menjadi laut terjadi pada tahun yang berbeda yakni tahun 1999, 2001 dan 2003, dan yang unik adalah perubahan dari laut menjadi daratan lalu menjadi laut lagi. Hal ini berarti mula-mula terjadi sedimentasi lalu terjadi lagi proses erosi.

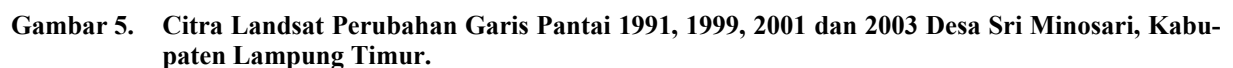
Perubahan garis pantai di Desa Sri Mino-sari (Gambar 5), yang merupakan bagian utara dari daerah studi (Gambar 2), memperlihatkan adanya proses perubahan yang berbeda antara bagian utara dan selatan. Pada bagian selatan, umumnya proses yang terjadi adalah erosi yang ditandai dengan perubahan dari tambak menjadi laut atau bakau menjadi laut. Di lain pihak, pada bagian utara, umumnya proses yang terjadi adalah penambahan daratan akibat adanya proses

sedimentasi yang ditandai dengan perubahan laut menjadi bakau ataupun laut menjadi tambak. Daratan yang baru di sisi utara berbentuk go-

song pasir (*sand spit*) yang berpangkal dari sisi utara lalu memanjang ke selatan dengan ujung selatan berada terpisah dari garis pantai.

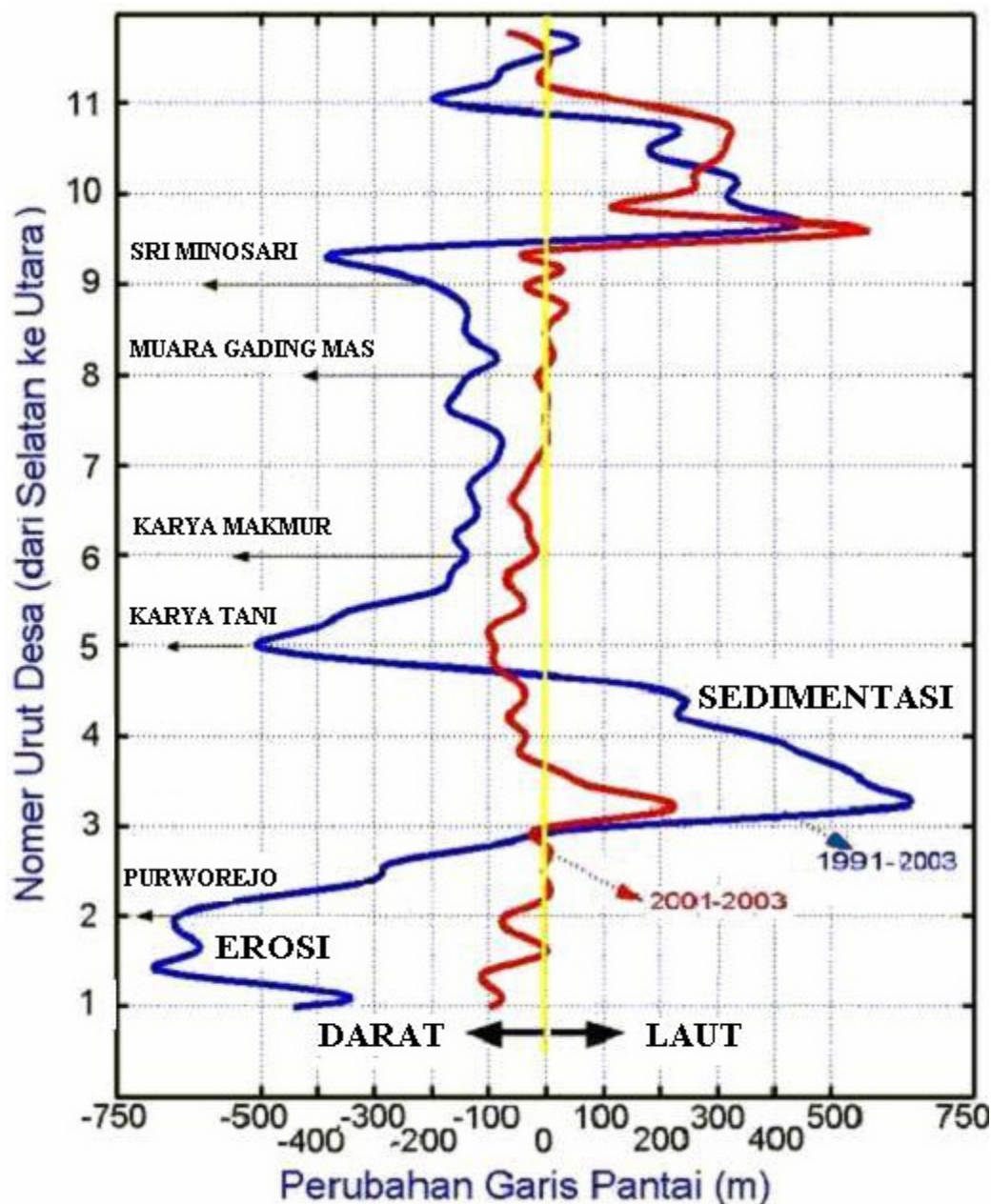


Gambar 4. Citra Landsat Perubahan Garis Pantai 1991, 1999, 2001 dan 2003 Desa Karya Tani, Kabupaten Lampung Timur



Dari uraian di atas, dapat dikatakan bahwa keragaman proses dinamika pantai yang terjadi seperti erosi, stabil (netral) dan sedimentasi di sepanjang pantai lokasi studi tergolong tinggi. Untuk mengetahui secara kuantitatif laju perubahan garis pantai, maka dibuat grafik garis pantai untuk kurun 1991-2003 dan 2001-2003 (Gambar 6). Dengan memperhatikan grafik mulai dari selatan ke utara terlihat bahwa garis pantai Desa Purworejo (desa no 2 pada Gambar 6) mengalami erosi dengan kemunduran garis

pantai bervariasi antara 90 - 600 m dalam kurun waktu 12 tahun (1991 - 2003). Ke arah utara, sebelum Desa Karya Tani, terjadi proses sedimentasi dimana daratan bertambah ke arah laut sejauh antara 90 - 550 m. Setelah itu dari Desa Karya Tani sampai Desa Sri Minosari yang terjadi adalah proses erosi dimana garis pantai mundur sejauh 80 - 510 m. Ke arah utara Desa Sri Minosari, garis pantai mengalami sedimentasi dimana terjadi penambahan daratan sejauh 180 - 380 m.



Gambar 6. Perbandingan Perubahan Garis Pantai Lampung Timur antara 2001 - 2003 dan 1991 - 2003.

Pola perubahan dari tahun 2001 - 2003 berbeda dengan tahun 1991 - 2003. Perbedaannya terletak pada intensitas ataupun laju perubahan garis pantai. Pada grafik tahun 2001 - 2003, terlihat bahwa dari sebelah selatan Desa Purworejo, juga terjadi proses erosi dengan garis pantai mundur ke arah darat sampai 100 m. Ke arah utara, garis pantai hampir stabil dengan sedikit indikasi sedimentasi. Kemudian di utara Desa Purworejo terjadi proses sedimentasi dengan pertambahan daratan sejauh 10 - 110 m yang konsisten dengan grafik tahun 1991-2003. Akan tetapi, panjang garis pantai yang mengalami sedimentasi tidak sepanjang pada tahun 1991-2003. Setelah itu ke arah utara yang mencakup Desa Karya Tani sampai Desa Sri Minosari, terjadi juga perbedaan dengan grafik tahun 1991 - 2003, dimana pada kurun waktu 2001 - 2003, erosi terjadi di bagian selatan dengan kemunduran garis pantai maksimum sejauh 100 m. Kemudian ke arah utara garis pantai stabil, lalu silih berganti antara abrasi dan sedimentasi. Akan tetapi pada kurun waktu 1991 - 2003, seluruh garis pantai tersebut mengalami erosi.

Ke arah utara Desa Sri Minosari, terlihat kesamaan perubahan yang terjadi antara kedua grafik yakni garis pantai mengalami pertambahan ke arah laut. Hal yang menarik adalah pada garis pantai yang tidak terlalu panjang terjadi laju sedimentasi yang jauh lebih tinggi pada kurun waktu 2001-2003 dibanding kurun waktu 1991 - 2003, yakni mencapai hampir 550 m yang berarti laju pertambahan pantai sekitar 183 m per tahun.

Bila diperhatikan peta citra perubahan garis pantai secara keseluruhan (Gambar 2), terlihat pada tahun 1991, di utara Way Sekampung, garis pantai relatif lurus, kemudian pada tahun-tahun selanjutnya terjadi erosi yang intensif, lalu hasil erosi tersebut diendapkan pada garis pantai di utaranya, sehingga garis pantai bertambah ke arah laut. Hal ini mengindikasikan bahwa pengangkutan sedimen sepanjang pantai (*littoral drift*) yang dominan adalah ke arah utara.

Seperti diuraikan sebelumnya bahwa angin yang dominan pada musim timur adalah dari timur - tenggara. Angin tersebut akan membangkitkan gelombang yang akan mendekati pantai dari arah yang sama. Gelombang yang demikian dapat menghantam pantai secara intensif karena garis pantai berorientasi menghadap atau-

pun tegak lurus arah datangnya gelombang yang bergerak dari timur - tenggara. Selain itu, adanya tonjolan di sisi selatan muara Way Sekampung, secara teoritis (misalnya Komar, 1991; Sorensen, 1991) dapat mengakibatkan terjadinya difraksi gelombang ataupun gerakan *eddy* di sisi utara muara Way Sekampung yang mengakibatkan semakin intensifnya proses erosi di lokasi tersebut. Intensifnya proses erosi ini akan mengakibatkan volume angkutan sedimen ke arah utara oleh arus menyusur pantai juga menjadi tinggi.

Semakin ke utara dari muara Way Sekampung, intensitas proses erosi menjadi berkurang karena semakin jauh dari pengaruh difraksi dan *eddy*, dan sebagian hasil angkutan tadi diendapkan di garis pantai sehingga terjadi sedimentasi di utara Desa Purworejo sampai sebelum Desa Karya Tani.

Di utara dari lokasi yang mengalami sedimentasi ini, pada garis pantai lama (1991) terdapat tonjolan (di selatan Desa Karya Tani, Gambar 2) yang biasanya menjadi daerah pusat hantaman gelombang. Jadi persis setelah sedimentasi terdapat daerah erosi yang intensif sehingga terdapat pemunduran garis pantai yang ekstrim (sejauh 500 m dalam kurun waktu 1991 - 2003, Gambar 6). Setelah itu proses erosi tidak terlalu intensif (dari Desa Karya Makmur sampai Desa Sri Minosari, Gambar 2) dengan kemunduran antara 80 - 200 m dalam kurun waktu 1991 - 2003 (Gambar 6). Bahkan dalam kurun waktu 2001 - 2003 sebagian zona ini cukup stabil dan terjadi proses yang silih berganti antara erosi dengan sedimentasi.

Ke arah utara Desa Sri Minosari (Gambar 2 dan 6) terdapat lekukan yang kemudian ke utaranya terdapat tonjolan yang merupakan hasil proses sedimentasi berbentuk gosong pasir (*sand spit*). Pada lekukan terjadi proses erosi yang intensif karena lekukan menghadap ke tenggara sehingga terbuka terhadap hantaman gelombang yang merambat dari arah tenggara. Ke arah utaranya terdapat endapan berbentuk gosong pasir sehingga sedimen yang diangkut ke arah utara tadi terhambat lalu mengalami proses sedimentasi.

Ke arah utara dari gosong pasir terdapat muara Sungai (Way) Penet, sehingga keberadaan gosong pasir ini merupakan fenomena yang unik. Pada Musim Timur, angin dari tenggara -

timur akan membangkitkan gelombang dari arah yang sama dan gelombang demikian akan menyebabkan terbentuknya arus menyusur pantai yang akan mengangkut sedimen ke arah utara. Sedimen tersebut terhambat dan diendapkan di lokasi gosong pasir tersebut, sehingga endapan tersebut semakin menumpuk. Saat Musim Barat, angin dari utara mengakibatkan angkutan sedimen ke arah selatan, sehingga sedimen yang berasal Way Penet, dibelokkan ke selatan dan menambah endapan pada gosong pasir tersebut. Secara teoritis, melihat bentuk gosong pasir, dapat dikatakan sumber utama terbentuknya endapan tersebut adalah sedimen dari dari Way Penet yang dibelokkan ke selatan dan pengendapan terutama pada sisi sebelah laut. Sedimen dari selatan yang dibawa saat Musim Timur diendapkan pada sisi sebelah darat dari gosong pasir.

Ke sebelah selatan dari gosong pasir yang berbentuk tonjolan ini, terdapat lekukan yang juga akan mengalami erosi pada Musim Barat terutama kalau ada angin dari utara dan timur laut, karena akibat adanya gosong pasir maka diperkirakan proses difraksi ataupun *eddy* akan terjadi di sisi hilir yang mengakibatkan terjadinya proses erosi. Ke sebelah selatannya garis pantai relatif lurus dengan orientasi sedikit ke kiri dari garis lurus utara - selatan sehingga diduga terjadi proses keseimbangan erosi dan sedimentasi pada Musim Barat dan Musim Timur, dengan dominasi Musim Timur.

Perubahan Kelas Penutupan Lahan

Perkembangan perubahan penutupan di wilayah pesisir Lampung Timur dianalisis melalui citra satelit Landsat ETM+ tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003. Dari uraian dinamika perubahan garis pantai seperti diuraikan sebelumnya dapat dinyatakan bahwa, pantai timur Lampung Timur secara umum mengalami perubahan yang tergolong intensif dan sangat beragam di sepanjang pantai lokasi studi pada 12 tahun terakhir.

Untuk menggambarkan secara lebih jelas perubahan luas penutupan lahan, maka luas lahan dihitung dari citra komposit, setelah lebih dahulu ditetapkan klasifikasi jenis lahan yang disebut kelas. Berdasarkan pengamatan nilai-nilai digital dan pertimbangan visual warna pada citra komposit, jenis penutupan lahan dapat dikategorikan menjadi 4 kelas. Kelas tersebut

adalah (1) laut, (2) bakau, (3) tambak dan (4) lainnya. Laut yang dimaksud di sini adalah laut yang ada dalam cakupan citra satelit.

Hasil dari total perubahan kelas tutupan lahan sejak tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003, disajikan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat jelas bahwa secara keseluruhan telah terjadi penurunan luas hutan bakau seluas 282 ha dari tahun 1991 ke 2003, walaupun hutan bakau sempat bertambah seluas 24 ha dari 1999 ke 2001, yang dapat saja berupa tambahan daratan akibat proses sedimentasi yang ditumbuhi bakau yang masih muda. Bersamaan dengan berkurangnya hutan bakau, luas laut bertambah atau luas daratan berkurang sekitar 402 ha dari tahun 1991 ke 2003. Secara konsisten luas laut bertambah dari tahun 1991, 1999 sampai 2001, tetapi terjadi pertambahan daratan seluas 94 ha dari 2001 ke 2003. Sementara itu, telah terjadi peningkatan luas tambak sebesar 6 241 ha dari 1991 ke 2003, dimana secara konsisten lahan tambak selalu bertambah dari tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003 dengan pertambahan terbesar dari 1991 ke 1999 seluas 4 493 ha. Konsisten dengan pertambahan luas tambak, lahan lainnya berkurang luasnya sekitar 6 362 ha selama kurun waktu 1991 - 2003.

Tabel 2. Total Perubahan Kelas Tutupan Lahan Tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003 (m²)

Kelas Tutupan Lahan	Tahun			
	1991	1999	2001	2003
Laut*	338 496 987	340 617 853	343 467 173	342 522 079
Bakau	5 117 029	2 846 643	3 089 008	2 289 756
Tambak	55 947 913	100 879 307	115 257 580	118 364 856
Lainnya	368 967 092	324 185 127	306 715 124	305 352 193

* Laut disini adalah laut yang ada dalam cakupan citra satelit Lannsat

Berkurangnya luas bakau dan daratan serta bertambahnya luas laut dari kurun waktu 1991 - 2003 mengindikasikan secara keseluruhan proses erosi lebih dominan dari proses sedimentasi dengan dinamika perubahan pantai seperti diuraikan sebelumnya. Bentuk morfologi garis pantai mengakibatkan pada bagian tertentu mengalami sedimentasi dan bagian lainnya mengalami erosi. Lebih terbukanya garis pantai terhadap angin dari timur dan tenggara serta lebih kuatnya kecepatan angin dari arah tersebut, mengakibatkan proses erosi lebih dominan, terutama pada Musim Timur. Walaupun secara keseluruhan luas daratan dan bakau berkurang akibat

dominasi proses erosi, luas tambak selalu bertambah dari tahun ke tahun. Laju pengurangan luas tambak akibat proses erosi jauh lebih kecil dibanding laju pertumbuhannya akibat konversi lahan lainnya menjadi tambak yang diindikasikan dengan berkurangnya luas lahan lainnya secara konsisten.

Perkembangan perubahan kelas tutupan lahan secara rinci per desa disajikan pada Tabel

3. Dari lima lokasi yang dikunjungi hampir semua desa mengalami erosi selama 12 tahun terakhir kecuali Desa Sri Minosari yang mengalami sedimentasi seluas 34 ha. Di keempat desa yang mengalami erosi, pada tahun 2003 tidak ditemui lagi adanya hutan bakau (luas hutan bakau = 0 ha). Walaupun di Desa Sri Minosari masih ada bakau, namun secara umum dari tahun 1991 sampai 2003 telah terjadi penurunan seluas 105 ha.

Tabel 3. Total Perubahan Kelas Tutupan Lahan Per Desa Tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003 (m²)

Desa	Kelas Tutupan Lahan	Tahun			
		1991	1999	2001	2003
Sri Minosari	Laut	21 742 303	22 148 845	22 630 743	21 396 810
	Bakau	241 027	737 267	826 760	1 287 523
	Tambak	3 665 649	4 419 756	4 666 635	4 649 311
	Lainnya	15 038 691	13 381 801	12 563 532	13 354 025
Labuhan Maringgai	Laut	3 727 920	3 899 307	4 063 552	4 024 490
	Bakau	181 433	0	0	0
	Tambak	1 181 240	1 092 727	1 194 321	1 234 370
	Lainnya	10 444 806	10 543 364	10 277 525	10 276 538
Karya Tani	Laut	6 760 525	7 472 045	7 782 264	8 053 464
	Bakau	273 574	295 459	151 021	0
	Tambak	6 107 907	7 766 019	8 173 110	7 941 783
	Lainnya	14 725 918	12 334 401	11 761 528	11 872 677
Karya Makmur	Laut	2 921 997	2 954 946	3 071 517	3 119 190
	Bakau	0	1 937	183 765	0
	Tambak	2 548 660	2 624 412	2 387 853	2 523 945
	Lainnya	5 055 579	4 944 941	4 883 101	4 883 101
Purworejo	Laut	2 773 479	3 622 446	3 637 677	3 673 553
	Bakau	51 020	0	0	0
	Tambak	3 611 165	7 822 082	8 484 784	8 648 395
	Lainnya	6 522 082	1 513 218	835 286	635 798

Sementara itu terjadi pertambahan luas tambak (konversi dari lahan lainnya) di semua desa kecuali Desa Karya Makmur yang mengalami sedikit pengurangan luas sekitar 2.4 ha. Pertambahan tambak terluas terjadi di Desa Purworejo (504 ha) dari kurun waktu 1991 - 2003, kemudian diikuti oleh Karya Tani, Sri Minosari dan Labuhan Maringgai masing-masing seluas 183 ha, 98 ha dan 5.3 ha. Pengurangan luas lahan lainnya yang umumnya berupa sawah yang dikonversikan menjadi tambak juga terbesar di Desa Purworejo (588 ha) dalam kurun waktu yang sama, kemudian menurun menjadi seluas 285 ha, 168 ha, 17 ha dan 17 ha, masing-masing pada Desa Karya Tani, Sri Minosari, Labuhan Maringgai dan Karya Makmur.

KESIMPULAN

Dalam makalah ini telah dilakukan analisis terhadap perubahan garis pantai dan penutupan lahan di pesisir Lampung Timur antara Way Penet dan Way Sekampung yang didasarkan pada citra satelit LANDSAT-TM antara tahun 1991, 1999, 2001 dan 2003. Dari pengamatan rangkaian data citra satelit ditemukan bahwa garis pantai mengalami proses erosi dan sedimentasi yang cukup nyata pada bagian-bagian pantai tertentu. Erosi yang terjadi di bagian selatan di Desa Purworejo, misalnya mengakibatkan mundurnya garis pantai ke arah darat sejauh 90 - 600 m dalam kurun waktu 12 tahun (1991 - 2003). Sementara itu ke arah utaranya

proses sedimentasi mengakibatkan majunya garis pantai ke arah laut sejauh 90 - 550 m. Ke arah utaranya, dari Desa Karya Tani sampai bagian selatan Desa Sri Minosari, terjadi proses erosi dengan laju yang lebih kecil (80 - 510 m). Pada bagian utara lokasi studi, terjadi proses sedimentasi dengan pertambahan daratan sejauh 180 - 380 m dan ditandai dengan adanya gosong pasir (*sand spit*). Secara keseluruhan, proses erosi lebih dominan di sepanjang garis pantai wilayah studi.

Tingginya variabilitas perubahan garis pantai yang terjadi di sepanjang pantai secara teoritis diduga terutama berkaitan dengan bentuk morfologi garis pantai dan karakteristik gelombang yang menghantam pantai yang tergantung dari arah dan kekuatan angin yang bertiup. Pada bagian pantai yang mempunyai tonjolan, di sisi hilir dari arah arus menyusur pantai umumnya dapat terjadi fenomena difraksi gelombang dan gerak *eddy* sehingga proses erosi akan menjadi lebih intensif. Hasil penggerusan oleh hantaman gelombang akan diangkut sejajar pantai dalam proses *littoral drift* lalu pada bagian tertentu akan diendapkan, sehingga terjadi proses sedimentasi. Karena garis pantai Kabupaten Lampung Timur berorientasi arah utara - selatan, maka gelombang yang datang dari timur - tenggara pada Musim Timur lebih dominan menghantam pantai tersebut dan arah angkutan sedimen akan dominan ke arah utara.

Informasi tentang laju perubahan garis pantai yang sangat bervariasi sepanjang pantai daerah studi kemudian dikaitkan dengan dinamika pantai yang mengakibatkan terjadinya perubahan tersebut akan sangat bermanfaat untuk dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan tindakan mitigasi ekologi yang efektif untuk menyelamatkan kawasan pesisir tersebut dari ancaman erosi. Selain itu akibat proses alam maupun kegiatan masyarakat setempat, telah terekam besaran-besaran perubahan peruntukan luas lahan di wilayah pesisir Kabupaten Lampung Timur yang dapat digunakan untuk menetapkan kebijakan dalam arahan penggunaan lahan yang optimal dengan mempertimbangkan daya dukung dan kelestarian ekosistem lingkungan pesisir tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas kerjasama antara Bagian Proyek Pengelolaan Sumberdaya Laut, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Lampung dengan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB melalui kontrak No. 912/785/III.17 - PSP3K/2003. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih kepada Dinas Perikanan dan Kelautan yang telah memberi kesempatan untuk melakukan studi di pesisir Lampung Timur dan mudah-mudahan hasil studi ini dapat bermanfaat untuk melakukan tindakan mitigasi yang efektif di daerah tersebut. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Risti Endriani Arhatin, S.Pi. yang telah membantu mengolah citra satelit dan kepada Sri Ratih Deswati, S.Pi. atas bantuannya dalam mempersiapkan Tabel dan Gambar.

PUSTAKA

- Dinas Hidro-Oseanografi (DISHIDROS) TNI AL, 1992. **Peta Cuaca Perairan Indonesia**. DIHIDROS TNI AL, Jakarta
- Hatayama, T., T. Awaji and K. Akitomo, 1996. **Tidal Current in the Indonesian Seas and Their Effect on Transport and Mixing**. *J. Geophys. Res.* 101 (C5): 12353 - 12373.
- Komar, P. D., 1991. **Beach Processes and Erosion - An Introduction**. p. 1 - 20. In Komar and Moor (eds.) **CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion**. CRC Press. Inc., Boca Raton, Florida.
- Khun, G. G. and F. P. Shepard. 1991. **Beach Processes and Sea Cliff Erosion in San Diego County, California**. p. 267 - 284. In Komar and Moor (eds.) **CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion**. CRC Press. Inc., Boca Raton, Florida.
- Proyek Pengembangan Daerah Rawa Lampung (PPDRL), 2000. **Laporan Kemajuan. Studi Kelayakan Pengembangan Tambak (3800 ha) dan Penyusunan Detail Desain Tambak Sragi (11 ha), Tahun Anggaran 1999/2000**. Proyek Pengembangan Daerah Rawa Lampung, Dirjen. Pengairan, Dep. Pekerjaan Umum, Lampung.
- Shiyoma, S. 1998. **Calculation of Longshore Currents and Associated Littoral Drift**. p. 163 - 167. In Dronkers and Scheffers (eds.) *Physics of Estuaries and Coastal Seas*. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Sorensen, R. M., 1991. **Basic Coastal Engineering**. John Wiley & Sons, New York.
- Wyrtki, K., 1961. **Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters**. Naga Report, Vol. 2. Univ. of California, La Jolla, San Diego.