

DINAMIKA GARIS PANTAI KABUPATEN INDRAMAYU, JAWA BARAT, BERDASARKAN PENAFSIRAN CITRA SATELIT

D. Kusnida dan P. Astjario

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

Jl. Dr. Djundjunaan 236, Bandung - 40174

SARI

Berbagai peta hasil analisis dinamika kawasan pesisir dan laut wilayah Indramayu yang diekstraksi dari citra satelit menunjukkan kuantifikasi perubahan, baik perubahan garis pantai, luasannya maupun daerah potensi erosi dan sedimentasi. Bentang alam pesisir dan laut Kabupaten Indramayu merupakan produk proses interaktif biogeokimia dan hidro-oseanografi daerah hulu dan hilir. Dengan demikian pemecahan masalah abrasi dan akresi kawasan pesisir di Indramayu harus diselesaikan secara lintas sektor dan bersifat koordinatif.

Kata kunci: abrasi, akresi, pesisir, garis pantai, citra satelit

ABSTRACT

Marine and coastal dynamic maps of Indramayu extracted from satellite imageries indicate the quantification of changes; those are changes of coastline, extension and the potential areas of erosion and sedimentation. The biogeochemical and hydro-oceanographic interactive processes of the up and downstream areas produce the marine and coastal physiographic of Indramayu. Therefore, the problem solving of coastal abrasion and accretion in Indramayu have to be executed through inter-sector coordination.

Keywords: abrasion, accretion, coastal, coastline, satellite imageries

PENDAHULUAN

Dalam kurun waktu lima belas tahun terakhir ini berkembang isu penting di sepanjang pesisir utara Jawa Barat, khususnya di Kabupaten Indramayu, yaitu terjadinya proses abrasi yang ditandai dengan hilangnya daratan pantai dan proses akresi yang ditandai dengan majunya garis pantai. Sedimentasi di muara-muara sungai dan perairan, serta dinamika perubahan bentuk muara dan garis pantai di daerah ini, telah sejak lama diduga sebagai dampak adanya interaksi antara aktivitas darat dan laut yang sangat kompleks (Hehanussa dkk., 1975). Pantai-pantai maju terjadi di daerah muara-muara sungai dan berkembang menjadi daerah pemukiman, pertanian, dan pertambakan. Dengan berjalannya waktu, banyak faktor yang merusak lingkungan pantai di muara Cimanuk, Kabupaten Indramayu. Di antaranya adalah ekspansi manusia yang tidak memperhitungkan daya dukung lingkungan, seperti eksploitasi yang tidak terkendali terhadap hutan bakau untuk dijadikan daerah pertambakan, penambangan pasir di sekitar pantai dan lepas pantai. Faktor-faktor ini selanjutnya mengurangi daya tahan pantai terhadap hempasan gelombang laut, dan berakibat terjadinya abrasi serta kerusakan lingkungan biotik pantai.

Karakteristik, tingkat, dan penyebab kerusakan pantai Indramayu telah disampaikan kepada publik oleh Kusnida (1990). Sementara itu, gambaran kondisi lingkungan daerah pesisir Indramayu dan kaitannya dengan pemanfaatan tata ruang telah diusulkan oleh Hilman dkk. (1998). Harian Umum Pikiran Rakyat (16 Juli 2005) memberitakan bahwa abrasi yang menggerus pesisir pantai wilayah Kabupaten Indramayu kian hari kian parah. Abrasi yang terjadi mampu menenggelamkan daratan antara 2-10 m per tahun, dan kini dari panjang pantai 114 km, telah tergerus sekitar 50 km. Dari sepanjang 50 km pantai yang terkena abrasi, ada sejumlah daerah yang dinilai cukup parah, yakni pantai yang terdapat di wilayah Kecamatan Sukra, tepatnya di pantai Desa Ujunggebang, Tegal Taman, dan Desa Sukahaji. Di Kecamatan Kandanghaur, abrasi mengganas di wilayah pantai Desa Eretan Kulon. Sementara di Kecamatan Juntinyuat, kerusakan pantai akibat abrasi terlihat di Desa Limbangan serta lokasi kawasan wisata pantai Tirtamaya. Selanjutnya Harian Umum Pikiran Rakyat ini memberitakan bahwa dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir, abrasi telah menghilangkan hampir setengah dari wilayah desa tersebut. Abrasi di

Kecamatan Juntinyuat terlihat dari kerusakan objek wisata Pantai Tirtamaya. Objek wisata yang dibangun pada tahun 1962 dan pernah populer sebagai tempat pemandian laut yang nyaman karena arealnya cukup luas dan pantainya dikenal bersih, kini dari tembok pembatas ke bibir pantai jaraknya tak lebih dari 25 m.

Darlan (2007) dalam pemetaan karakteristik pantai Indramayu, menyatakan bahwa daerah mulai kawasan Karangsong-Balongan, Tirtamaya, Dadap, hingga Tanjung Ujungan mengalami perubahan gradien pantai (*beach slope*) yang sebelumnya landai menjadi terjal karena mengalami abrasi. Daerah gelombang pecah (*breaker zone*) yang tadinya jauh dari garis pantai sekarang telah berubah dekat pantai. Hal itu menunjukkan kawasan pesisir Indramayu mengalami perubahan yang destruktif, terutama pengaruhnya di sekitar kawasan pesisir Dadap dan Juntinyuat. Lebih lanjut, penulis ini mengatakan bahwa pengalihan fungsi kawasan pesisir menjadi fungsi lain di wilayah ini merupakan penyebab utama terjadinya degradasi di kawasan pesisir Indramayu, terutama kawasan hutan *mangrove* yang dijadikan area pertambakan ikan.

Teknologi penginderaan jauh mempunyai kelebihan dalam pengambilan dan perekaman data dalam bentuk citra (*image*). Pengambilan data citra ini dapat dilakukan beberapa kali untuk suatu daerah tertentu pada waktu yang berlainan. Keunggulan ini menjadikan teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan satelit dapat memberikan citra *time series*. Salah satu penggunaan data citra satelit adalah untuk pemantauan perubahan lingkungan wilayah pesisir. Dengan demikian, pemetaan dan monitoring perubahan garis pantai di sepanjang pesisir Indramayu yang disebabkan oleh proses abrasi dan akresi pantai dapat diketahui, baik penyebab maupun kecepatannya.

GEOLOGI UMUM

Kabupaten Indramayu setidaknya dicirikan oleh tiga satuan geomorfologi, yaitu satuan pegunungan curam, satuan perbukitan bergelombang, dan satuan dataran rendah. Ketiga satuan morfologi tersebut dapat dilihat pada citra *Digital Elevation Model* (DEM) yang ditunjukkan oleh perbedaan ketinggian daerah dengan menggunakan perbedaan warna (Gambar 1). Warna biru menunjukkan satuan morfologi dataran rendah yang luas, dan ditempati oleh endapan aluvium yang hingga saat ini kawasan

pesisirnya masih mengalami proses akresi dan abrasi. Satuan morfologi perbukitan bergelombang yang ditunjukkan dengan warna hijau, tersebar cukup luas di bagian tengah, dan ditempati oleh material aluvium muda berumur Kuartar. Bagian paling selatan yang ditunjukkan oleh warna cokelat, adalah satuan morfologi perbukitan tinggi yang memiliki tebing yang curam. Satuan ini ditempati oleh singkapan batuan gunung api dan batuan Tersier. Menurut Ratman dan Gafoer (1992), satuan morfologi di wilayah Kabupaten Indramayu menjadi penting, karena dengan mengetahui bentuk morfologi maka dapat difahami pula karakteristik sungai utama yang mengalir di kabupaten ini. Sungai Cimanuk merupakan sungai utama di Kabupaten Indramayu, yang baik material sedimen maupun jumlah airnya dipasok dari anak-anak sungai yang lebih kecil, seperti Sungai Cilutung, Cipeles dan Cikeruh.

Batuan pembentuk kawasan Kabupaten Indramayu hampir seluruhnya berumur Kuartar. Satuan batuan tertua di daerah ini adalah substrata Praholosen. Satuan batuan ini ditutupi oleh beragam endapan aluvium yang terdiri atas endapan dataran banjir, endapan alur sungai, endapan pantai dan pematang pantai, endapan rawa bakau, endapan dekat pantai, dan endapan laut dangkal. Rimbaman dkk. (2002) membahas satuan-satuan batuan di daerah ini sebagai berikut :

Endapan dataran banjir, tersusun atas lempung pasiran dan lempung lanauan, agak pejal, serta mengandung humus. Endapan dataran banjir ini dapat dibedakan menjadi tujuh bagian, yaitu : endapan dekat pantai dan laut dangkal; endapan (rawa) bakau, serta endapan dekat pantai dan laut; endapan dekat pantai dan laut dangkal berlensa pasir > 1 m; endapan alur sungai di atas endapan dekat pantai dan laut dangkal; endapan alur sungai di atas endapan (rawa) bakau serta endapan dekat pantai dan endapan laut dangkal; endapan pantai dan pematang pantai di atas endapan dekat pantai dan laut dangkal; endapan pantai dan pematang pantai di atas endapan (rawa) bakau, serta endapan dekat pantai dan laut dangkal.

Endapan alur sungai; terdiri atas lanau pasiran, pasir lanauan, di beberapa tempat kerakalan (terpilah buruk), menghalus ke bagian atas.

Endapan pantai dan pematang pantai; tersusun atas pasir dengan lapisan tipis lanauan, di beberapa tempat berhumus, di bagian atas terpilah baik dan

banyak dijumpai pecahan-pecahan moluska. Endapan ini dapat dibedakan menjadi dua bagian berdasarkan keberadaannya, yaitu : endapan (rawa) bakau serta endapan dekat pantai dan laut dangkal; endapan dekat pantai dan laut dangkal.

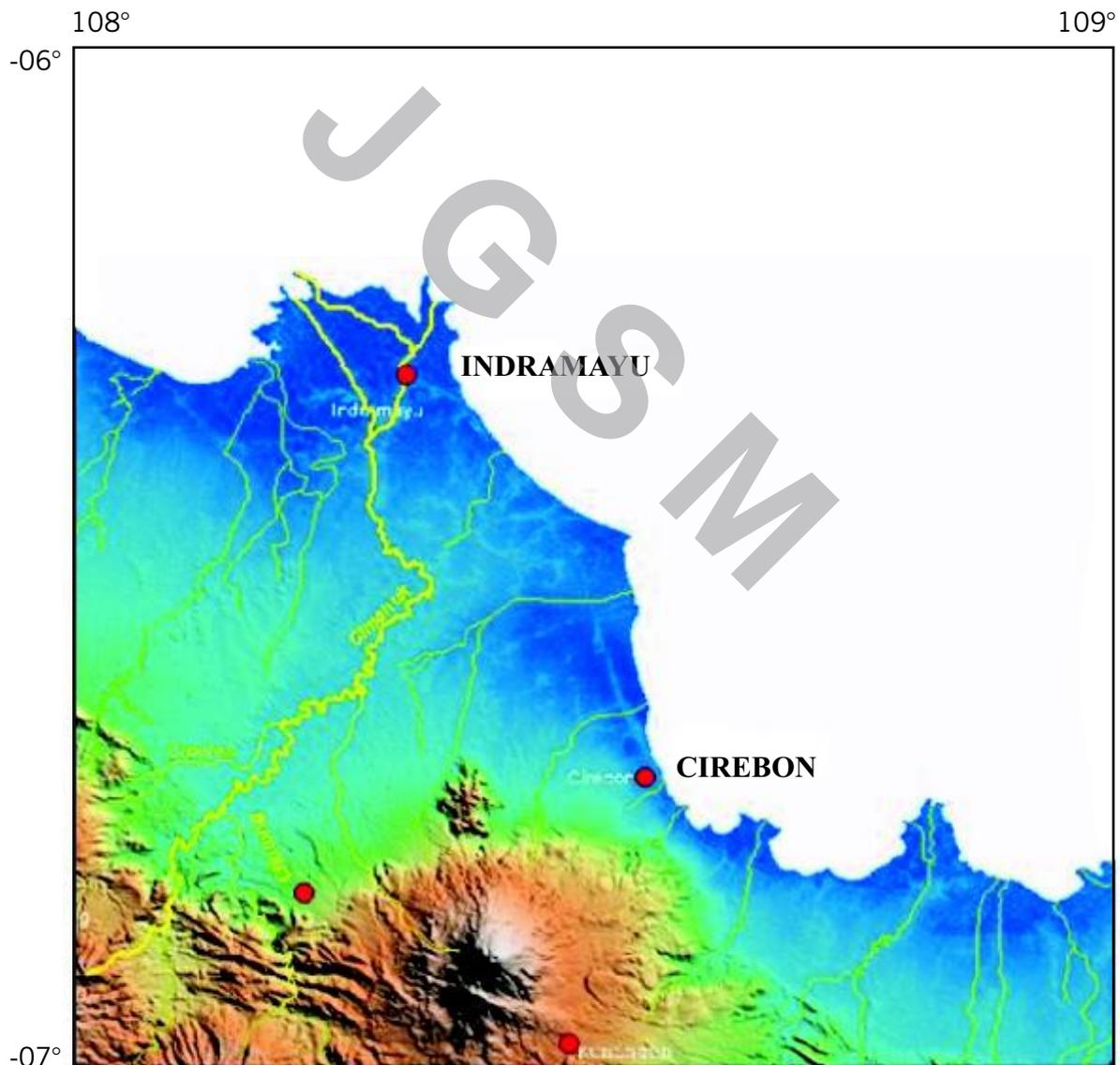
Endapan rawa bakau; terdiri atas lempung lanauan dengan lapisan humus di beberapa tempat atau lapisan-lapisan tipis gambut mengandung sisa-sisa tanaman.

Endapan dekat pantai; tersusun atas lempung getas, disisipi lapisan lanau atau pasir halus mengandung (pecahan) cangkang moluska dan pasir halus dengan sisipan lapisan lempung. Endapan ini dapat dibedakan ke dalam dua bagian berdasarkan

keberadaannya, yaitu: endapan dekat pantai dan laut dangkal; endapan dekat pantai dan laut dangkal di atas endapan pantai dan pematang.

Endapan laut dangkal; terdiri atas lempung lengket yang memperlihatkan lapisan berwarna krem mengandung sedikit sisa cangkang (pecahan) moluska.

Substrata Praholosen; tersusun atas lempung fluviatil, di beberapa tempat pasiran atau lempung tufa lanauan, lengket dan agak pejal, di bagian atas dicirikan oleh bercak coklat kemerahan, setempat kerakalan; lempung laut pasiran mengandung kristal gipsum dan bercak-bercak jarosit.



Gambar 1. *Digital Elevation Model (DEM)* wilayah Indramayu.

METODE

Perangkat Lunak dan Data

Penginderaan jauh satelit dan *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)* merupakan teknologi mutakhir yang sangat efektif untuk melakukan identifikasi, pemetaan dan monitoring perubahan daerah pesisir dan laut, pemetaan geologi, sumber daya air, lingkungan dan generasi *Digital Elevation Models (DEM)*. *ASTER* memiliki resolusi yang sesuai dengan produk informasi spasial yang dibutuhkan, yaitu skala 1:25.000 pada sistem peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan oleh BAKOSURTANAL. *ASTER* adalah sistem sensor yang dipasang pada satelit Terra yang diluncurkan pada bulan Desember 1999. Satelit Terra ini mengikuti orbit satelit *Landsat 7*. Citra satelit ini juga memiliki saluran spektral yang lengkap (7 *Bands* untuk dan 14 *Bands* untuk *ASTER*) yang dapat digunakan untuk pemetaan karakteristik perairan dan daratan (ER Mapper, 1997).

Pengolahan citra satelit meliputi *geometric correction, colour composite, enhancement, digital mosaik, colour balancing*, interpretasi dan kartografi, serta produksi peta garis dan peta citra. Selanjutnya, dalam analisis *monitoring* perubahan digunakan dua atau lebih citra yang telah direktifikasi, sehingga mempunyai datum dan proyeksi yang sama, serta telah diproses dengan koreksi atmosfer. Perangkat lunak yang digunakan dalam pemrosesan citra satelit ini adalah ER Mapper 6.3 dan Global Mapper 8, sedangkan spesifikasi data citra yang digunakan terdapat dalam Tabel 1. di bawah ini :

Analisis Monitoring Perubahan Garis Pantai

Sebelum tahapan analisis dimulai, kedua citra satelit yang digunakan telah dipastikan mempunyai datum dan proyeksi yang sama, serta telah melalui koreksi geometri dan koreksi atmosfer. Beberapa tahapan utama dalam analisis *monitoring* perubahan garis pantai dari citra satelit (PPPGL 2004) adalah sebagai berikut :

- Membuat sebuah *virtual dataset* yang digunakan sebagai citra perubahan (*change image*),
- Menganalisis dengan menggunakan metode *Red Green Different*,
- Ekstraksi informasi spasial garis pantai dilakukan secara visual interaktif *on-screen digitize* dari data hasil koreksi geometri, yaitu peta RBI tahun 1995 format raster, citra satelit *Landsat ETM 7+* dan citra *ASTER*.

Tabel 1. Spesifikasi Data Citra Satelit

| Citra <i>Landsat ETM 7+</i> 2001 | Citra <i>ASTER</i> 2003 |
|---|---|
| Resolusi Spasial 30 m | Resolusi Spasial : 15, 30 dan 90 m |
| Resolusi Temporal 16 hari | Resolusi Temporal 16 hari |
| Resolusi Spektral 9 Saluran <i>Band</i> | Resolusi Spektral VNIR : 3 <i>Bands</i> SWIR : 6 <i>Bands</i> TIR : 5 <i>Bands</i> |
| Cakupan 180 x 180 km | Cakupan 60 x 60 km |

Peta garis hasil interpretasi tersebut dikonversikan kedalam format raster untuk kemudian dilakukan proses tumpang susun (*overlay*) secara digital untuk estimasi luas perubahan akibat abrasi maupun akresi. Gambar 2 menunjukkan perubahan garis pantai daerah Indramayu berdasarkan data peta RBI 1995, Citra *Landsat* 2001, dan Citra *ASTER* 2003.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

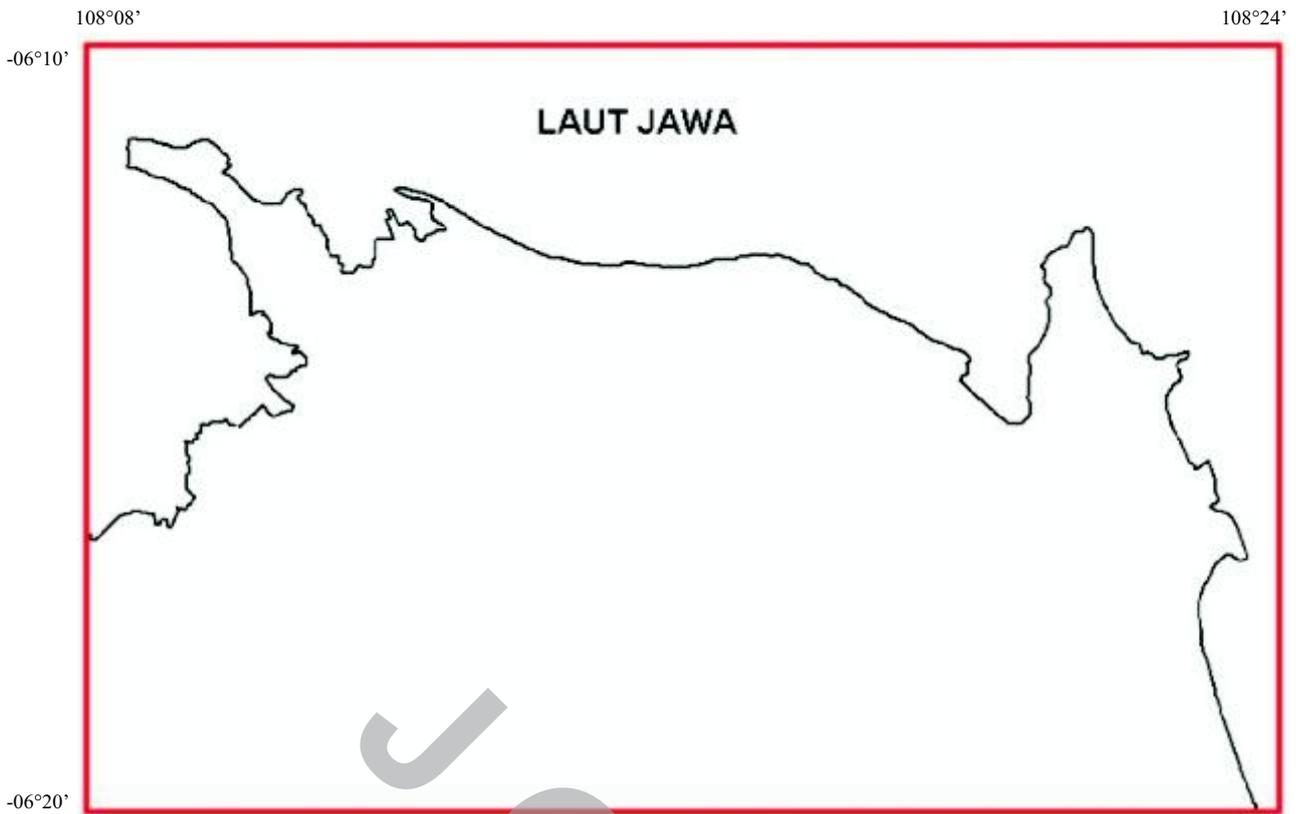
Perubahan Tataan Garis Pantai

Aspek yang dikaji dalam tumpang susun citra *Landsat* 2001, *ASTER* 2003 dan Peta RBI 1995 ditekankan pada pemetaan dinamika perubahan garis pantai dan luasannya (Tabel 2).

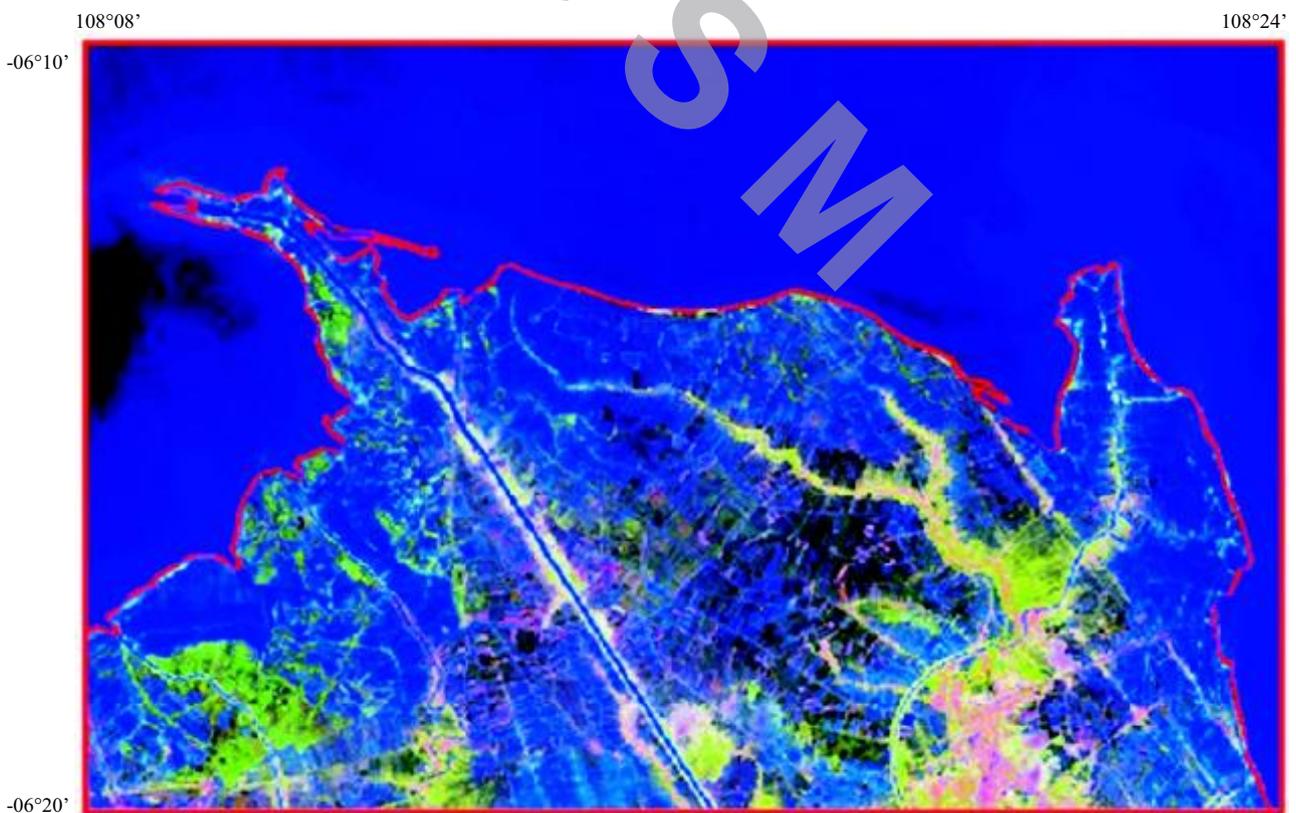
Dalam Tabel 2 tampak jelas bahwa garis pantai daerah Indramayu sejak tahun 1995 - 2003 berubah dengan sangat dinamis. Dari tabulasi abrasi dan akresi daerah Indramayu terlihat jelas bahwa abrasi jauh lebih luas daripada akresi sejak tahun 1995 - 2003. Pantai yang mengalami abrasi sepanjang 48,57 km (42,6 %) atau seluas 364,60 ha, akresi sepanjang 66,43 km (57,4%) atau seluas 185,70 ha. Abrasi umumnya terjadi akibat perubahan peruntukan lahan di kawasan pesisir, sedangkan akresi umumnya terjadi di sekitar muara sungai akibat pasokan sedimen dari darat oleh sungai dan diendapkan di sepanjang pantai oleh sistem arus memanjang pantai (*longshore current*).

Tabel 2. Tabulasi Luasan Perubahan Garis Pantai Daerah Indramayu

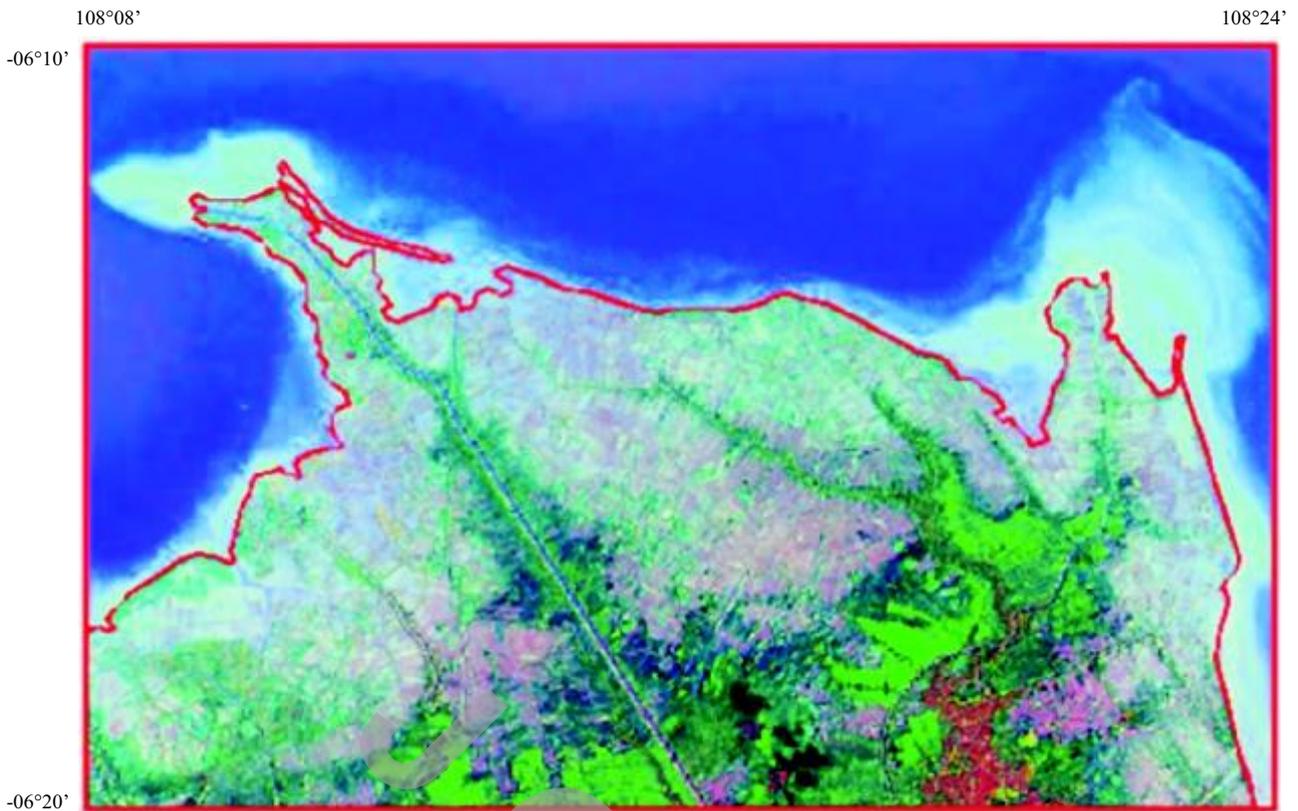
| Keterangan Gambar | Data Tahun | Data Tahun | Luas (Ha) |
|---------------------------|-------------|------------|-----------|
| Garis Pantai RBI | 1995 | Hitam | |
| Garis Pantai | 2001 | Hijau | |
| Garis Pantai <i>ASTER</i> | 2003 | Merah | |
| Luasan Abrasi | 1995 - 2003 | Kuning | 364,60 |
| Luasan Akresi | 1995 - 2003 | Magenta | 185,70 |



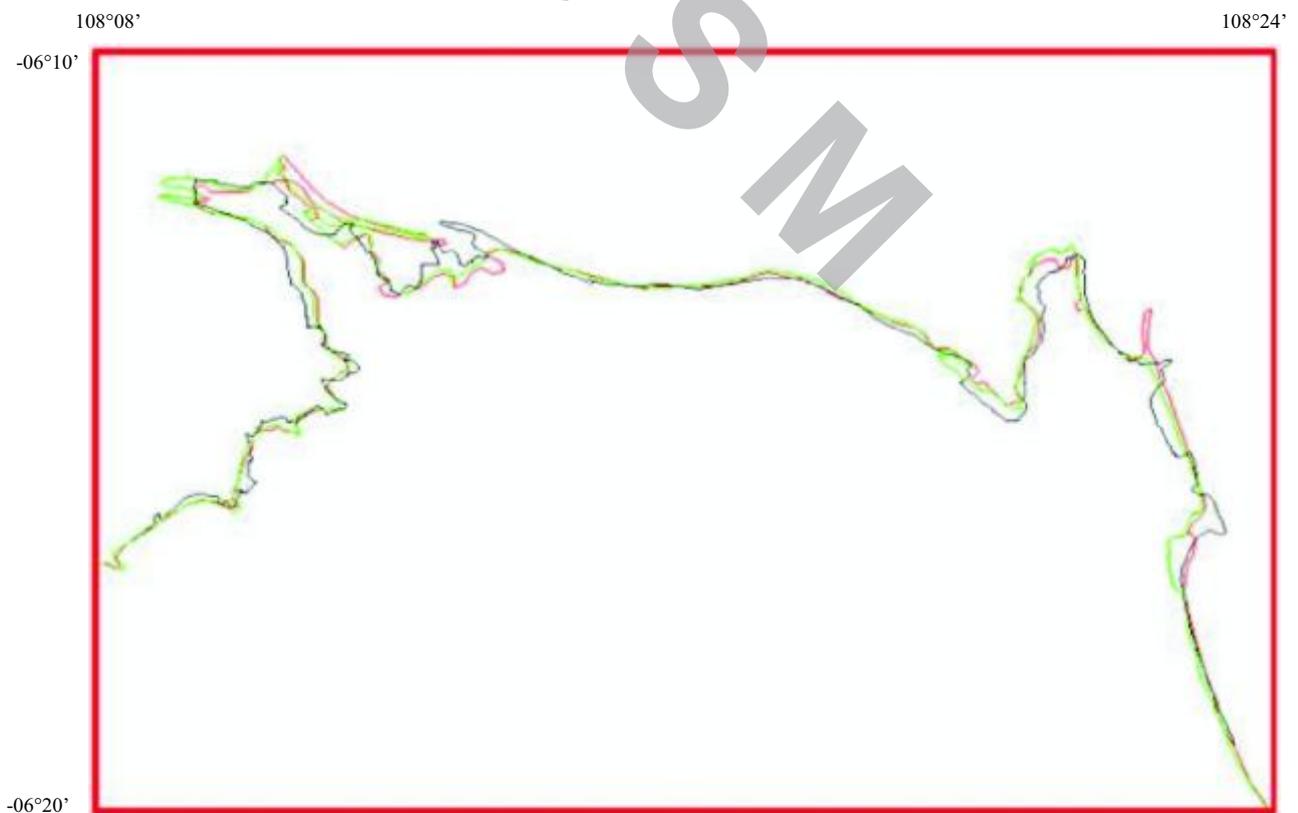
Gambar 2a. Garis pantai berdasarkan RBI 1995.



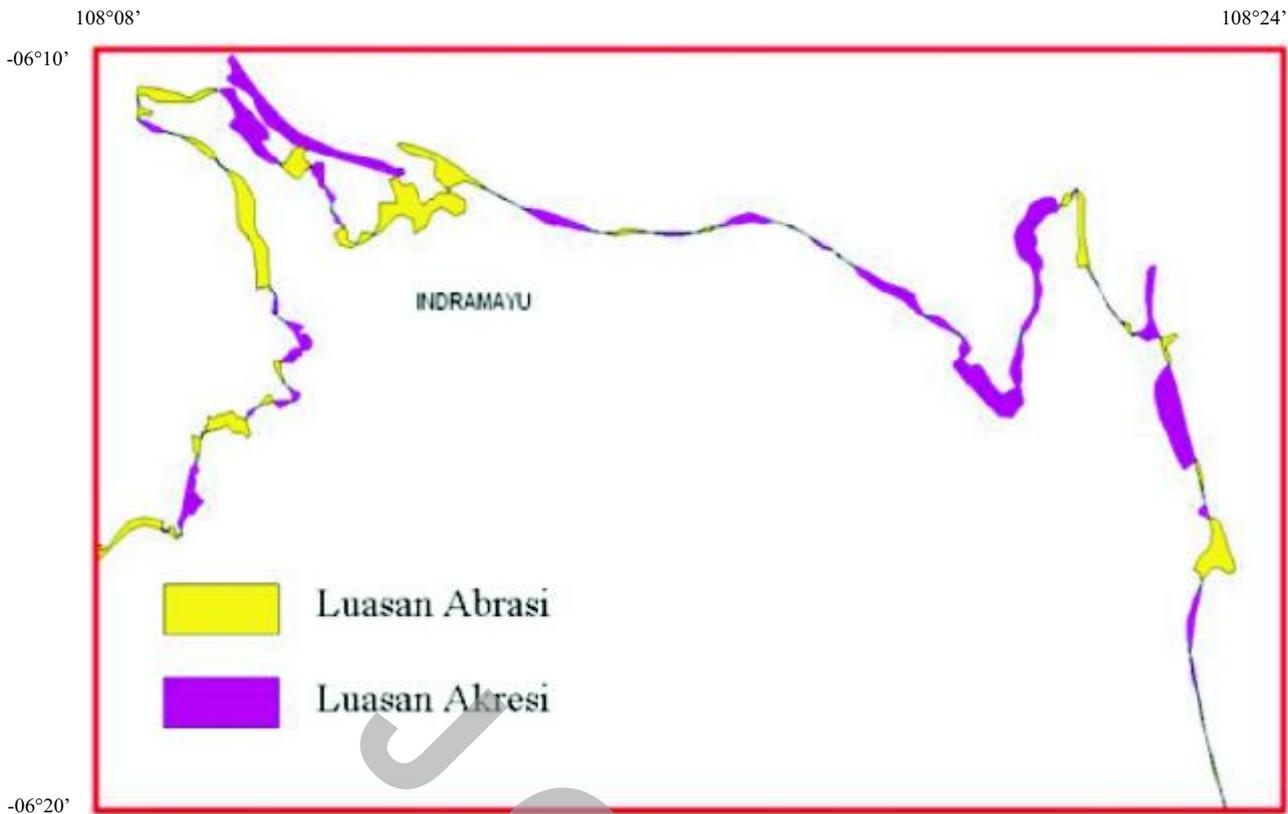
Gambar 2b. Garis pantai dari citra Landsat 2001.



Gambar 2c. Garis pantai dari citra ASTER 2003.



Gambar 2d. Tumpang susun garis pantai dari RBI (1995) = hitam, Landsat = hijau, ASTER (2003) = merah.



Gambar 2a. Luasan daerah abrasi dan akresi tahun 2003.

Perubahan tataan lingkungan pantai dipengaruhi oleh kondisi daerah setempat, seperti topografi pantai, morfologi dasar laut, gelombang, dan angin musim. Topografi daerah pesisir Indramayu pada umumnya merupakan dataran rendah yang cukup luas tempat Sungai Cimanuk bermuara. Morfologi dasar laut pantai utara Indramayu pada umumnya merupakan morfologi yang berkembang mengikuti kelurusan garis pantai, yang kedalamannya mengikuti pola garis pantai yang berkembang.

Proses sedimentasi yang terjadi di depan garis pantai, selain akibat kondisi daerah setempat, juga dipengaruhi oleh faktor gelombang, arus, dan angin musim. Angin musim yang membangkitkan gelombang, memberikan suatu fenomena perubahan lingkungan pantai pada saat angin musim barat dan angin musim timur. Pada saat angin musim barat, pergerakan sedimen akan cenderung ke arah timur, sedangkan pada saat angin musim timur, pergerakan sedimen juga akan cenderung bergerak ke arah barat.

Pantai maju (*progradation coas*) / akresi :

Kemantapan pesisir pantai maju pada umumnya bergantung sekali pada kesetimbangan dinamis

antara suplai endapan sungai ke laut dengan pergerakan sedimen yang terkandung di dalam massa air laut. Interaksi antara aliran pengendapan material sungai dan aliran pasang surut, terutama di muara-muara sungai besar yang aktif, merupakan karakter fisik yang dapat diamati secara langsung di lapangan, dan menunjukkan bukti adanya berbagai bentuk sirkulasi pengendapan muatan sedimen. Akibat langsung adalah adanya pengendapan dan pendangkalan pantai, sehingga terjadi perubahan garis pantai secara cepat. Gejala-gejala seperti ini terutama dijumpai di kawasan sayap bagian barat delta sungai Cimanuk.

Di daerah ini, penampang dan relief pantai berkembang ke arah laut (akresi) yang disebabkan oleh pertumbuhan sedimen yang membentuk delta, endapan sungai dan endapan laut, selain adanya tumbuhan khas pantai seperti bakau. Hal ini membentuk tanah timbul. Dari uraian di atas, terlihat bahwa faktor utama yang berpengaruh terhadap pembentukan pantai maju adalah karena besar dan cepatnya suplai sedimen yang dibawa oleh sungai, selain adanya proses pasang surut walaupun tidak begitu dominan.

Pantai mundur (*retrogradation coast*) / abrasi :

Profil pantai mundur di Indramayu pada umumnya dicirikan oleh perairan yang dangkal dan profil bibir pantai yang curam. Sementara apabila ditinjau dari tahapan erosinya, maka pantai seperti ini berada pada tahapan erosi aktif. Ciri lain jenis pantai yang sedang dalam tahapan erosi aktif adalah terdapatnya singkapan endapan sedimen yang lebih tua dengan resistensi lebih tinggi dibandingkan dengan endapan sedimen di atasnya. Pada umumnya, di kawasan pantai mundur tidak dijumpai adanya muara sungai yang aktif.

Jika gejala di atas diperhatikan dengan seksama, tampak ada dua proses alam yang mengontrol dan bertanggung jawab atas mundurnya garis pantai, yaitu erosi laut yang kuat dan kecepatan suplai endapan sungai ke laut yang kecil. Erosi laut yang menghantam dasar tebing pantai di daerah ini adalah proses korosi, korasi dan atrisi, serta aksi hidrolik. "Korosi" adalah proses pelapukan kimia batuan yang disebabkan oleh kontak dengan air laut. "Korasi" adalah proses hampasan kerikil dan pasir dalam gelombang pada tebing pantai, sedangkan "atriisi" adalah proses pemecahan batuan pantai menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil. Proses hidrolik yang terjadi di daerah abrasi, merupakan media erosi yang paling efektif. Di lapangan, proses ini secara kualitatif dapat berlangsung sebagai aksi gelombang yang menghempas dasar tebing pantai yang pada saat melepaskan tekanan yang cukup besar menghasilkan tekanan kejut (*shock pressure*).

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perubahan Garis Pantai

Faktor alam :

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa maju mundurnya garis pantai di daerah Indramayu pada umumnya disebabkan oleh perbandingan kecepatan antara proses erosi laut dengan kecepatan suplai endapan sungai ke laut. Pantai maju pada umumnya terdapat di sekitar sungai-sungai besar yang aktif, sebaliknya pantai mundur terdapat di daerah yang tidak mempunyai sungai atau di daerah yang sungainya kecil, bahkan pasif. Pasifnya suplai

endapan sungai ke laut, menyebabkan terjadinya stagnasi pengendapan sedimen, sedangkan gelombang laut menghempas tebing secara simultan dengan tekanan kejut yang besar. Keadaan ini merupakan penyebab utama terbentuknya pantai yang bertebing (*cliff*) dan pantai mundur (*retrogradation coast*).

Faktor manusia :

Pembuatan saluran-saluran penanggulangan banjir beberapa sungai besar di Indramayu membawa dampak positif atas lancarnya aliran sungai beserta material yang diangkutnya. Aktifnya beberapa muara sungai besar di Indramayu membuat daratan bertambah luas. Sebaliknya, daerah yang dialiri sungai-sungai kecil yang airnya dipergunakan bagi kepentingan pertanian (irigasi) mengalami abrasi pantai. Di daerah ini aksi hidrolik gelombang laut, jauh lebih dominan karena adanya stagnasi suplai sedimen ke laut.

KESIMPULAN

Hasil analisis peta kawasan pesisir daerah Indramayu yang diturunkan dari citra satelit, menunjukkan kuantifikasi perubahan yang signifikan, baik perubahan garis pantai maupun luasannya. Perubahan peruntukan lahan yang terjadi di Indramayu berdasarkan penafsiran Citra *Landsat* dan *ASTER* adalah: kebun olahan menjadi pemukiman, tanah olahan menjadi tambak/empang, hutan *mangrove* menjadi sawah. Perubahan fungsi lahan tersebut mengakibatkan terganggunya ekosistem serta degradasi lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ir. Tjoek Azis Soeprpto, M.Sc., dan Ir. Hilmi, M.Sc. yang telah membantu dalam penggunaan perangkat lunak ER- Mapper, diskusi dan kritik yang sangat berarti. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Ryan, Kojek, dan Ketut atas bantuannya dalam pemrosesan data citra satelit.

ACUAN

- Darlan, Y., 2007. Sabuk Hijau Untuk Pesisir Indramayu. *Harian Umum Pikiran Rakyat*. 14 Juni.
- ER Mapper 5.5, 1997. Level One Training Workbook. (Change Detection: 333-346).
- Editorial. Abrasi Pantai Indramayu Kian hari Semakin Parah. *Harian Umum Pikiran Rakyat*. 16 Juli 2005
- Hehanussa, P.E., Hadiwisastra, S. dan Djoehana, S., 1975. Sedimentasi Delta baru Cimanuk. *Laporan Penelitian, Lembaga Geologi dan Pertambangan Nasional*.
- Hilman, T., Ruswanto, Nandang dan Supardi, D., 1998. *Pemetaan Geologi Lingkungan Daerah Indramayu, Jawa Barat, Skala 1:100.000*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Kusnida, D., 1990. Karakteristik Pantai Indramayu. *Harian Umum Pikiran Rakyat*. 5 Juli.
- PPPGL, 2004. Buku Pegangan Pelatihan Pengolahan Data Digital Citra Untuk Pemetaan Geologi Lingkungan Pesisir Dengan Perangkat Lunak ER Mapper. Kerjasama PPPGL dengan Geomatics Training and Research Centre, Bandung.
- Rimbaman, Sumanang, A. dan Siregar, D.A., 2002. *Peta Geologi Kuarter Lembar Eretan, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Ratman, N. dan Gafoer, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Indramayu, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Naskah diterima : 19 Juli 2007
Revisi terakhir : 20 Januari 2008