



## Penentuan Perubahan Garis Pantai dengan Teknologi Penginderaan Jauh dan Model Numerik di Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah

Maria Ladys, Heron Surbakti dan Hartoni

Program Studi Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia

Received 10 Januari 2012; received in revised form 08 Maret 2012;  
accepted 08 Mei 2012

### ABSTRACT

The coastal is intensif place for human activity. Sea process and human activity made influence for coastline change. This research discusses coastline change. The aim of this research investigates wave high, wave period, wave direction, sediment transport, and coastline change for remote sensing technic and numeric model. This research has been carry out on Mei to September 2011. The mothodes used wave numeric model and remote sensing technic.

Mean maximum wave high is 1.7 metre and mean minimum wave high is 0.8 metre. Mean maximum wave period is 6.18 second and mean minimum wave period is 4.66 second. Wave direction has been on 1-3, 12 mounth come from north west, but 4-11 month, dominan direction wave come from north east. Design wave transformation from north west, north, and north east go to south east and south direction. Maximum sediment transport  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  and minimum sediment transport is  $-0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . The change chostline of remote sensing method 568 cell or 34.08 km is experience sedimentation process and 104 cell or 6.24 km experience erosion process. The calculation mean numeric for 1999-2008, sediment transport for sedimentation process is 449 cell or 26.94 km and erosion process is 223 cell or 13.38 km. As calculate cumulation numeric model for 1999-2008, sedimentation process is 343 cell or 20.58 km and erosion process is 329 cell or 19.74 km.

Key Words : coastline, wave, numeric, remote sensing, Kabupaten Batang

### ABSTRAK

Pesisir merupakan tempat intensif untuk kegiatan manusia. Pengaruh proses laut dan aktivitas manusia akan mempengaruhi perubahan garis pantai. Penelitian ini membahas perubahan garis pantai. Tujuannya yaitu menghitung tinggi, periode, arah datang gelombang, transpor sedimen, dan perubahan garis pantai dengan kedua metode. Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei sampai September 2011. Metode yang digunakan adalah model numerik gelombang dan teknik penginderaan jauh.

Tinggi gelombang maksimum rata-rata 1.7 meter dan tinggi gelombang minimum rata-rata 0.8 meter. Periode gelombang maksimum rata-rata 6.18 detik dan periode minimum rata-rata 4.66 detik. Arah gelombang dominan yang terjadi pada bulan 1-3, dan 12 berasal dari arah barat laut, sedangkan bulan 4-11 arah gelombang dominan berasal dari arah timur laut. Pola transformasi gelombang yang berasal dari barat laut, utara, dan timur laut cenderung berbelok ke arah barat daya dan arah selatan. Transpor sedimen maksimum berkisar  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  dan transpor sedimen minimum berkisar  $-0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Perubahan garis pantai dengan metode penginderaan jauh menghasilkan perhitungan berupa 568 sel atau 34.08 km mengalami sedimentasi dan 104 sel atau 6.24 km mengalami erosi. Perhitungan model numerik rata-rata tahun 1999-2008, transpor sedimen untuk proses sedimentasi berada pada wilayah pantai barat dengan 449 sel atau 26.94 km dan proses erosi terjadi pada wilayah timur pantai dengan 223 sel atau 13.38 km. Sedangkan perhitungan model numerik kumulatif tahun 1999-2008, proses sedimentasi terjadi di wilayah barat pantai dengan 343 sel atau 20.58 km dan proses erosi terjadi di wilayah timur pantai dengan 329 sel atau 19.74 km.

Kata Kunci : garis pantai, gelombang, numerik, penginderaan jauh

## I. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian atau perikanan, pariwisata dan sebagainya (Triatmodjo, 1999). Rais (2000) mengemukakan bahwa di Indonesia sekitar 60% penduduknya hidup di wilayah pesisir. Potensi ancaman terhadap pesisir saat ini semakin meningkat dari tahun ke tahun seiring terjadinya perubahan iklim global. Pengaruh proses laut terjadi secara kuat hingga pada daerah sepanjang garis pantai, bahkan banyak diantaranya yang sampai puluhan kilometer masuk ke dalam daerah darat.

Perubahan lingkungan pantai sangat bervariasi antara satu tempat dengan tempat yang lain, sehingga kajian keruangan dari lingkungan pantai diperlukan dalam rangka pengelolaan lingkungan pantai. Lingkungan pantai perlu dikelola dengan baik mengingat fungsinya dalam kehidupan manusia sangat besar sejak zaman dahulu hingga sekarang dan bahkan hingga masa depan.

Nizam (1986) mengemukakan bahwa pantai sebagai tempat bertemunya lautan dan daratan merupakan tempat penghancuran energi gelombang. Sebagai akibatnya garis pantai selalu berubah menyesuaikan keadaan gelombang untuk mencapai suatu kondisi keseimbangan dinamik. Salah satu ancaman terhadap lingkungan pesisir yaitu tingginya gelombang yang dapat menyebabkan kawasan pantai mengalami erosi dan sedimentasi.

Gelombang laut merupakan salah satu parameter oseanografi yang sangat penting, sering lebih dipertimbangkan daripada parameter lingkungan lainnya yang mempengaruhi bangunan pantai dan laut. Gelombang tersebut telah dijadikan prosedur standar dalam perencanaan bangunan pantai, berbeda dengan prosedur perencanaan untuk bangunan darat (Sulaiman *dalam* Triana, 2008).

Penelitian ini mengambil lokasi di Kabupaten Batang karena ketersediaan data yang ada dilokasi kajian. Sehingga akan lebih optimal jika menggunakan data yang ada. Selain itu, bentang pantai di Kabupaten Batang yang memiliki garis pantai lurus, sehingga memungkinkan untuk dianalisis dengan kedua metode.

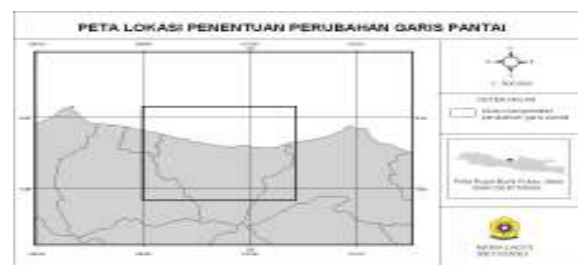
Kabupaten Batang merupakan wilayah Kabupaten yang terdapat di Provinsi Jawa Tengah. Pantai Kabupaten Batang berbatasan langsung dengan Laut Jawa yang berada disebelah utara Kabupaten Batang. Wilayah Kabupaten Batang sebagian merupakan wilayah pesisir dan memiliki potensi sumberdaya sehingga perlu adanya pengelolaan. Kabupaten Batang memiliki potensi wisata alam yang besar karena kondisi wilayahnya yang sangat mendukung. Akibatnya, perlu adanya informasi perubahan garis pantai dalam mengantisipasi proses alam yang berlebihan yang dapat menyebabkan ketidakstabilan wilayah pantai Kabupaten Batang.

Salah satu permasalahan utama proses alam yang terjadi di kawasan pantai adalah erosi dan sedimentasi. Proses ini terjadi karena ketidaksetimbangan antara angkutan sedimen yang masuk dan yang keluar dari suatu bentang pantai.

Dalam memperkirakan perubahan yang terjadi pada garis pantai ada dua metode yang dapat dilakukan yaitu dengan metode penginderaan jauh dan metode numerik. Penggunaan kedua metode tersebut agar memudahkan dalam pengkajian garis pantai sebab adanya keterbatasan waktu pengkajian dan wilayah yang cukup luas.

## II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan bulan September 2011. Lokasi kajian yang diteliti yaitu Pantai Kabupaten Batang Jawa Tengah (Gambar 1).



**Gambar 1. Peta Lokasi Penentuan Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Batang Jawa Tengah**

Pengolahan data citra dilakukan dengan beberapa tahap yaitu koreksi geometrik, kombinasi band, digitasi garis pantai, koreksi

pasang surut, overlay, dan perubahan garis pantai.

Pengolahan data dengan model numerik dilakukan dengan beberapa tahap yaitu perhitungan kecepatan dan arah angin, perhitungan fetch, perhitungan tinggi dan periode gelombang, perhitungan gelombang pecah, analisis transformasi gelombang dengan ST Wave, dan perhitungan transpor sedimen.

Perhitungan kecepatan angin dibutuhkan tahap koreksi dimana:

- Koreksi ketinggian ( data merupakan data angin pada elevasi 10 meter)
- Koreksi kecepatan angin rata-rata untuk durasi 1 jam

$$t = \frac{1609}{U_f} \text{ untuk satuan } U_f \text{ meter per detik}$$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \tanh \left\{ 0,9 \log_{10} \left( \frac{45}{t} \right) \right\}$$

untuk  $t < 3600$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = -0.15 \log_{10} t + 1.5334$$

untuk  $3600 < t < 36000$

$$U_{t=3600} = \frac{U_f}{\left( \frac{U_f}{U_{3600}} \right)}$$

- Koreksi pengukuran kecepatan angin di darat ke laut (data merupakan kecepatan angin di laut)
- Koreksi stabilitas

$$U_c = R_T \cdot U_{10}$$

Perhitungan fetch diberikan rumus sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i}$$

Dan perhitungan tinggi dan periode gelombang diberikan rumus :

$$H_{mo} = 4.13 \times 10^{-2} \frac{u_*^2}{g} \left( \frac{gX}{u_*^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$T_p = 0.651 \frac{u_*^2}{g} \left( \frac{gX}{u_*^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$u_*^2 = C_D U_{10}^2 \quad C_D = 0.001(1.1 + 0.035 U_{10})$$

Ket :

X adalah panjang fetch (daerah tiupan angin),

$H_{mo}$  adalah tinggi gelombang energi signifikan (m)

$T_p$  adalah periode gelombang (s)

$u_*^2$  adalah velositas friksi (m/s)

$C_D$  adalah koefisien tarikan

$U_{10}$  adalah kecepatan angin pada ketinggian 10 m dari muka laut

Perhitungan transport sedimen diberikan rumus:

$$Q_l = K_{rms} \left( \frac{\rho \sqrt{g}}{16 \gamma_b^{\frac{1}{2}} (\rho_s - \rho)(1-n)} \right) H_b^{\frac{5}{2}} \sin(2\alpha_b)$$

$\rho_s$  = Massa jenis sedimen

$\rho$  = Massa jenis air laut

$\gamma_b$  = Indeks gelombang pecah, perbandingan antara gelombang pecah dengan kedalaman air dimana gelombang tersebut pecah.

$n$  = Porositas sediment

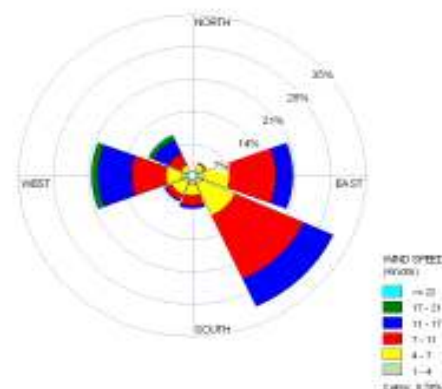
$\alpha_b$  = Sudut gelombang pecah

$$K_{rms} = 1,4 e^{-2,5 D_{50}}$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Batang memiliki pantai yang landai. Ini dapat dibuktikan dengan melihat nilai kemiringan pantai rata-rata  $0.28^\circ$ . sepanjang garis pantai Kabupaten Batang, nilai minimum kemiringan pantai tersebut yaitu  $0.001^\circ$  dan kemiringan pantai yang paling tinggi yaitu  $2.02^\circ$ .

Salah satu faktor pembangkit gelombang adalah angin. Dikaji dari musim, menurut Trenggono (2009) musim barat terjadi pada bulan Januari, Februari, Desember, musim peralihan I terjadi pada bulan Maret, April, Mei, musim timur terjadi pada bulan Juni, Juli, Agustus, dan musim peralihan II terjadi pada bulan September, Oktober, dan November.

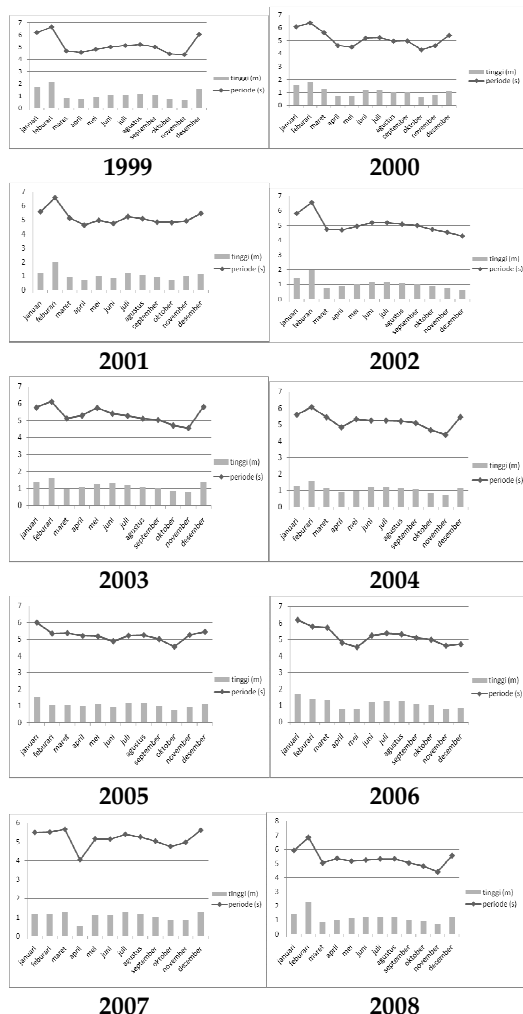


Gambar 2. Windrose kecepatan angin dan arah angin selama 10 tahun (1999-2008)

Gambar 2 menunjukkan kecepatan angin terbanyak berada pada selang 3.6-5.7 m/s. Jika dihubungkan terhadap skala beaufort, dengan kecepatan angin terbanyak berada pada selang 3.6-5.7 m/s menunjukkan pengaruhnya terhadap kondisi laut akan membentuk gelombang tetapi tidak ada gelombang pecah. Dugaan ini dapat terjadi pada wilayah yang cukup jauh dari pantai, sedangkan untuk lokasi yang lebih dekat dengan pantai, pembentukan gelombang lebih dipengaruhi oleh fetch efektif.

ARAH ANGIN	TIMUR LAUT	UTARA	BARAT LAUT
fetch eff (m)	438028	502983	568677

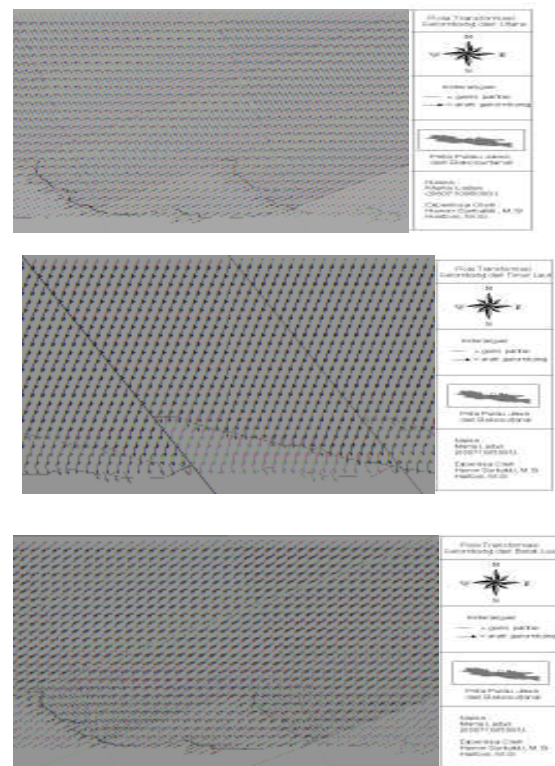
Dalam analisis perhitungan fetch, arah timur, tenggara, selatan, barat daya, dan barat tidak dilakukan perhitungan. Ini disebabkan karena terhalangi oleh daratan Pulau Jawa yang diasumsikan arah angin yang dari darat tidak menyebabkan pembentukan gelombang.



Gambar 3. Tinggi dan Periode Gelombang dari Tahun 1999-2008

Gambar 3 menunjukkan tinggi gelombang maksimum berada pada musim barat dimana angin yang membangkitkan gelombang berasal dari fetch barat laut. Sedangkan gelombang yang dibangkitkan dari fetch timur laut menunjukkan tinggi gelombang minimum. Fetch yang berasal dari utara terlihat sama dengan tinggi gelombang yang dibangkitkan oleh fetch dari timur laut. Jika dilihat fetch dari utara memiliki nilai yang besar. Ini dimungkinkan karena kecepatan angin dari arah utara kecil sehingga gelombang yang terjadi juga kecil.

Pola transformasi gelombang menunjukkan gelombang dari arah utara, timur laut dan barat laut cenderung akan berbelok kearah barat daya dan selatan. Ini disebabkan karena adanya perbedaan kedalaman laut yang disebut dengan proses refraksi.



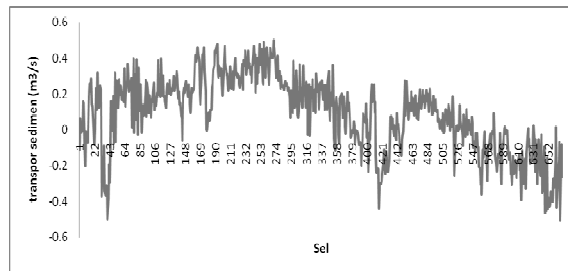
Gambar 4. Pola Transformasi Gelombang

Berdasarkan penelitian Hariandi (2004), karakteristik butiran sedimen yang berada di pantai Kabupaten Batang dominan sedimen pasir. Menurut hasil penelitiannya, ukuran D50 dari sedimen di pantai tersebut berkisar 0.355 mm. ini membuktikan bahwa pada daerah tersebut sedimen yang paling dominan adalah pasir.

Dengan demikian, dalam analisis perhitungan transpor sedimen digunakan nilai massa jenis pasir menurut CHL (2002) yaitu 1930 kg/m<sup>3</sup> dan nilai massa jenis air laut yaitu 1026 kg/m<sup>3</sup>. Menurut CHL (2002) pula, nilai porositas rata-rata untuk sedimen pasir yaitu 38.9%.

Menurut perhitungan transpor sedimen rata-rata selama 10 tahun, terjadi proses sedimentasi terbesar berada pada sel ke 271 dengan jumlah transpor 0.5 m<sup>3</sup>/s. sedangkan proses erosi tertinggi berada pada sel ke 559 dengan nilai transpor sebesar -0.506 m<sup>3</sup>/s.

Banyak sel yang mengalami sedimentasi ada 449 sel atau sama dengan 66.82% dari keseluruhan sel. Perubahan pantai maju cenderung berada di wilayah barat pantai Kabupaten Batang. Sedangkan pantai mundur cenderung berada di wilayah timur pantai dimana 223 sel mengalami erosi atau sama dengan 33.18 % dari keseluruhan sel.

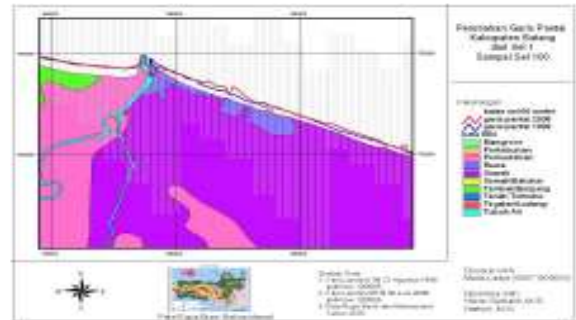


Gambar 5. Transpor Sedimen

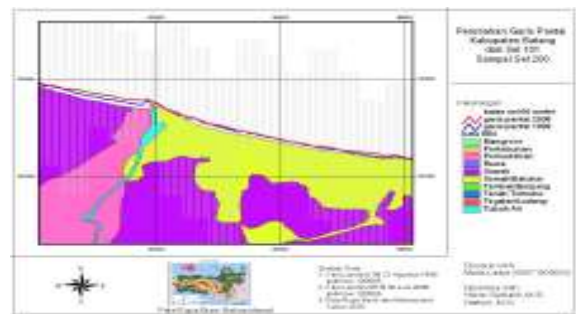
Garis pantai tersebut dibagi menjadi 672 sel dimana 1 sel berukuran 60 meter yang memotong garis pantai. Analisis perhitungan tersebut menunjukkan bahwa pantai maju sangat dominan terjadi di wilayah Kabupaten Batang. Dari pembagian 672 wilayah sel, ada 568 sel yang mengalami perubahan pantai maju, sedangkan 104 sel lain mengalami kemunduran. Jadi persentase pantai maju di wilayah Kabupaten Batang berkisar 84.5 % dan persentase pantai mundur di wilayah tersebut adalah 15.5 %. Dengan kata lain, 6,24 km garis pantai mengalami erosi dan 34,08 km mengalami sedimentasi (Gambar 5-11).

Perbedaan dari metode yang digunakan dalam perubahan garis pantai dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut secara umum dikaji dalam berbagai hal yaitu akibat aktivitas manusia maupun akibat faktor alam yang terjadi. Berikut akan terlihat perbedaan kedua

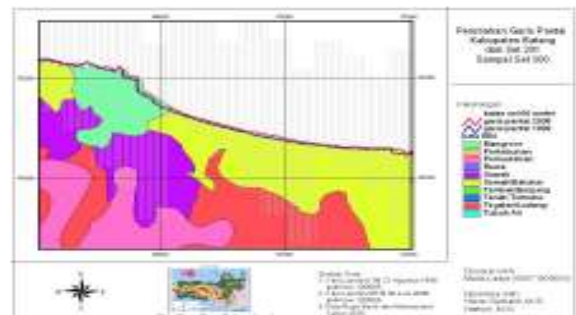
metode dimana ketika satu metode mengalami erosi, metode yang lain mengalami sedimentasi.



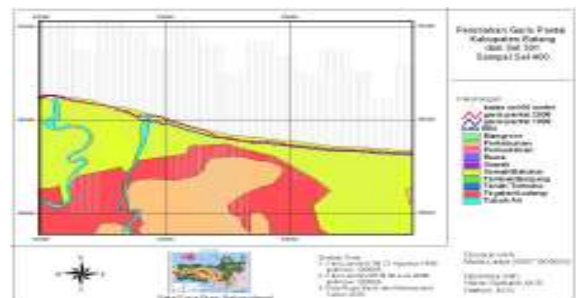
Gambar 5. Sel 1-100



Gambar 6. Sel 101-200

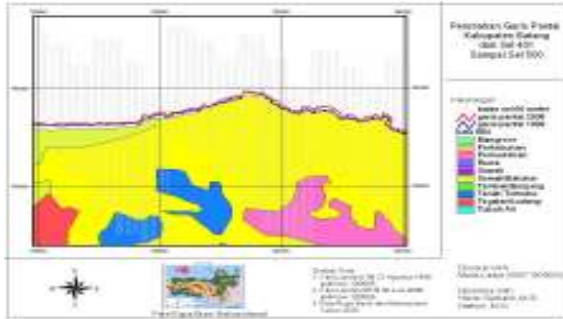


Gambar 7. Sel 201-300

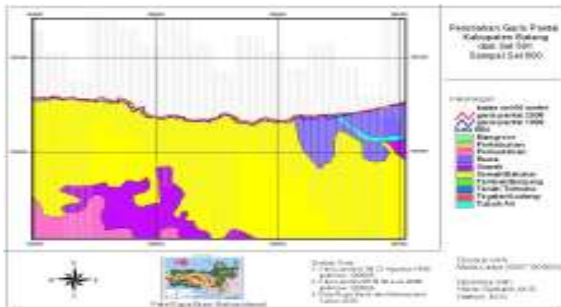


Gambar 8. Sel 301-400





Gambar 9. 401-500



Gambar 10. 501-600



Gambar 11. 600-672

Persentase kesamaan teknik penginderaan jauh dengan model numerik yaitu 54.76% dan persentase perbedaan dari kedua metode yaitu 45.24%, dimana sebanyak 368 sel mengalami kesamaan dan 304 sel mengalami perbedaan.

Teknik penginderaan jauh akan memperlihatkan kondisi garis pantai yang dipengaruhi oleh seluruh faktor, baik aktivitas manusia maupun akibat faktor alam. Tetapi kelemahan dari teknik ini yaitu tidak menggambarkan atau tidak dapat memprediksi kondisi garis pantai pada waktu selanjutnya. Sehingga membutuhkan teknik lain yaitu model numerik yang mendukung pengkajian garis pantai di suatu lokasi kajian.

Sedangkan model numerik ini akan menggambarkan perubahan garis pantai yang dipengaruhi oleh gelombang. Teknik ini dapat memprediksi perubahan garis pantai yang

terjadi di lokasi kajian untuk waktu-waktu berikutnya. Kelemahan model numerik penelitian ini yaitu tidak dapat menggambarkan perubahan garis pantai akibat aktivitas manusia dan pengaruh masukan sungai.

#### IV. KESIMPULAN

1. Tinggi gelombang maksimum yang terjadi di Pantai Kabupaten Batang Jawa Tengah rata-rata 1.7 meter dan tinggi gelombang minimum rata-rata 0.8 meter. Periode gelombang maksimum rata-rata 6.18 detik dan periode minimum rata-rata 4.66 detik. Arah gelombang dominan yang terjadi pada bulan Desember - Maret berasal dari arah barat laut, sedangkan bulan April - November arah gelombang dominan berasal dari arah timur laut.
2. Pola transformasi gelombang yang berasal dari barat laut, utara, dan timur laut cenderung berbelok ke arah barat daya dan arah selatan. Transpor sedimen rata-rata dari tahun 1999 sampai 2008 berkisar 0.013 m<sup>3</sup>/s.
3. perubahan garis pantai dengan model numerik memperlihatkan tingkat erosi dari tahun 1999 sampai 2008 berkisar 439.64 m<sup>3</sup>, sedangkan tingkat sedimentasinya berkisar 524.84 m<sup>3</sup>. Sedangkan pada teknik penginderaan jauh rata-rata garis pantai mengalami kemunduran sebesar 1.7 meter dan yang mengalami pantai maju berkisar 2.73 meter. Proses sedimentasi terjadi di Desa Denasri Kulon, Kasepuhan, Karang Asem, Depok, Ujung Negro, Klidang Lor Karanggeneng, Ponowareng, Kenconegoro, Kedungsegog, Sengon, Gondang, Kuripan, Kedawung, Ketanggan, Sawangan, Sidorejo, dan Yosorejo. Sedangkan proses erosi terjadi di Desa Klidang Lor dan Kuripan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, N. 2007. *Perbandingan Teori Gelombang Amplitudo Kecil dan Teori Gelombang Amplitudo Hingga Dalam Penggambaran Karakteristik Gelombang dengan Program MATLAB*.
- BMG. 2008. *Gelombang*. Diakses tanggal 03 Maret 2011.

- [CERC] Coastal Engineering Research Center. 1984. *Shore Protection Manual*. U.S. Army CERC. Washington.
- [CHL] Coastal Hydraulic Laboratory, 2002. *Coastal Engineering Manual, Part I-VI*. Washington DC: Department of the Army. U.S. Army Corp of Engineers.
- DKP. 2008. *Urgensi RUU Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Atrikel on-line Dinas Kelautan dan Perikanan.
- Fauzi, A. 2010. *Model Numerik Perubahan Garis Pantai dengan Metode Beda Hingga Skema Implisit*. Diakses tanggal 04 Maret 2011.
- Gernowo, R. 2010. *Model Perhitungan Titik Gelombang Pecah (Point Breaker Wave) Disekitar Pantai*. Semarang : Universitas Diponegoro. Vol : 12.
- Hadikusumah. 2009. *Karakteristik Gelombang dan Arus di Eretan, Indramayu*. Jakarta: LIPI. Vol. 13. No. 2.
- Hariadi. 2004. *Studi Sedimentasi dan Pemanfaatan Sedimen Pantai Rebon Kabupaten Batang*. Semarang : Universitas Diponegoro. Tesis Tidak Dipublikasikan.
- Harmono, Dr. 2007. *Hidrodinamika Gelombang*. Diakses tanggal 28 Februari 2010.
- Kalay, D.E. 2008. *Perubahan Garis Pantai di Sepanjang Pesisir Pantai Indramayu*. Bogor : IPB. Tesis Tidak Dipublikasikan.
- Khakhim, N. 2005. *Pendekatan Sel Sedimen (Sediment Cell) sebagai Acuan Penataan Ruang Wilayah Pesisir Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh*. Majalah Geografi Indonesia. Vol. 19.
- Khasanah, D. 2008. *Analisis Tentang Pengaturan Wilayah Laut Daerah Kabupaten Batang dalam Rangka Mewujudkan Renstra Berdasarkan Konsep Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu*. Semarang : Universitas Diponegoro. Tesis Tidak Dipublikasikan.
- Nizam. 1986. *Model Perkembangan Garis Pantai*. UGM : Media Teknik. Edisi No.3.
- [LAPAN] Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. 2007. *Pengantar Pengolahan Citra Digital untuk Inventarisasi Sumber Daya Alam dengan ER MAPPER*. LAPAN. Jakarta.
- Prasetya, T. 2004. *Perlindungan dari Erosi Pantai*. Di dalam : <http://www.fao.org/docrep/010/ag127e/A/G127E09.htm>. Kantor Regional untuk Asia dan Pasifik. Diakses tanggal 03 Oktober 2010.
- Riyanto, H. 2004. *Model Numerik Dispersi Sedimen Akibat Pasang Surut di Pantai*. Universitas Diponegoro : Semarang. Tesis Tidak Dipublikasikan.
- Sampurno. 2002. *Pengembangan Kawasan Pantai Kaitannya dengan Geomorfologi*. Departemen Geologi. ITB. Bandung.
- Siwi, WER. 2008. *Analisis Kestabilan Garis Pantai Eretan Indramayu Berdasarkan Pengaruh Gelombang*. Bogor : IPB. Tesis Tidak Dipublikasikan.
- Suharsono, P. 1988. *Identifikasi Bentuk Lahan dan Interpretasi Citra Untuk Geomorfologi*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Tarigan. A. 2005. *Analisa Refraksi Gelombang Pada Pantai*. USU : Teknik Simetrika. Vol. 4. No. 2.
- Triadmodjo, B. 1999. *Tehnik Pantai Edisi Kedua*. Yogyakarta: UGM. Hal:129.
- Triana, Y. 2008. *Longshore current yang ditimbulkan oleh transformasi gelombang di Eretan Kulon, Indramayu*. Bogor : IPB. Tesis Tidak Dipublikasikan