

**STUDI PEMODELAN PERUBAHAN GARIS PANTAI  
DI SEKITAR PERAIRAN TAPAK PLTN SEMENANJUNG MURIA**

Tumpal Pahala Tua Sinaga\*)  
Heni Susiati\*\*)

**ABSTRAK**

**STUDI PEMODELAN PERUBAHAN GARIS PANTAI DI SEKITAR PERAIRAN TAPAK PLTN SEMENANJUNG MURIA.** Lingkungan pantai merupakan daerah yang selalu mengalami perubahan karena daerah tersebut menjadi tempat pertemuan dua energi yang berasal dari laut dan daratan. Bentuk perubahan tersebut berupa maju-mundurnya garis pantai. Proses perubahan garis pantai terjadi karena adanya angkutan sedimen di wilayah pantai (*Coastal Sediment Transport*). Bentuk angkutan sedimen yang dimaksud berupa angkutan sedimen sejajar pantai (*Longshore Sediment Transport*) dan angkutan sedimen tegak lurus pantai (*Cross-shore Sediment Transport*). Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk memodelkan transport sedimen sehingga diperoleh data laju, arah, volume transport sedimen sepanjang pantai serta untuk mengetahui daerah yang mengalami akresi dan abrasi di pantai sekitar tapak PLTN. Metode sampling yang digunakan adalah metode *Purposive Sampling* dan pengolahan data dilakukan dengan software NEMOS. Secara keseluruhan hasil pemodelan transport sedimen, laju transport sedimennya adalah  $Q_s = 2.471.331.00 \text{ m}^3/\text{tahun}$ ,  $Q_+ = -1.325.456.80 \text{ m}^3/\text{tahun}$ ,  $Q_{gs} = 3.796.792.60 \text{ m}^3/\text{tahun}$  dan  $Q_{net} = 1.145.874.40 \text{ m}^3/\text{tahun}$ ; rata-rata jarak abrasi = - 0.982 m dan jarak akresi 0.770 m pertahun; volume transport ke kanan =  $13.431,15 \text{ (m}^3\text{)/tahun}$ , kekiri =  $-7.203,53 \text{ (m}^3\text{)/tahun}$ .

*Kata kunci : garis pantai, sedimen, abrasi dan akresi, dan NEMOS*

**ABSTRACT**

**STUDY OF COASTAL LINES CHANGE MODELLING AROUND THE NPP SITE SITE OF MURIA PENINSULA.** Coastal areas always changing due to two energies coming from sea and land congregate. The changes are the forward-backward coastal lines alteration. The coastal lines alteration is caused by coastal sediment transport such as Longshore Sediment Transport and Cross-shore Sediment Transport. This research was aimed to model the sediment transport rate, direction and sediment transport volume and also to investigate the abrasion and accretion areas in Muria Peninsula. The method used in this sampling was purposive sampling method and data processing using NEMOS software. Overall result from the sediment transport model in Semenanjung Muria, the sediment transport rate were  $Q_s = 2471331.00 \text{ m}^3/\text{year}$ ,  $Q_+ = -1325456.80 \text{ m}^3/\text{year}$ ,  $Q_{gs} = 3796792.60 \text{ m}^3/\text{year}$  and  $Q_{net} = 1145874.40 \text{ m}^3/\text{year}$ ; average abrasion and accretion distance were -0.982 m/year and 0.770 m/year; transport volume to right =  $13431,15 \text{ (m}^3\text{)/year}$  and to left =  $-7203,53 \text{ (m}^3\text{)/year}$ .

*Key words: coastal lines, sediment, abrasion and accretion, and NEMOS*

\*) Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK-UNDIP

\*\*) Staf Bidang PKT-PPEN-BATAN

## **I. PENDAHULUAN**

Lingkungan pantai merupakan daerah yang selalu mengalami perubahan karena daerah tersebut menjadi tempat pertemuan dua energi, yaitu yang berasal dari lautan dan daratan. Perubahan lingkungan dapat terjadi baik secara lambat maupun sangat cepat, tergantung pada keseimbangan kondisi antara topografi, batuan atau sedimen, dan sifat-sifatnya terhadap gelombang, pasang-surut, dan angin. Akibat dari daya perimbangan yang terjadi akan mempengaruhi distribusi sedimen dipantai tersebut.

Proses alami yang sering terjadi didaerah pantai adalah perubahan kondisi fisik garis pantai akibat pengaruh interaksi pantai dengan gelombang dan arus. Interaksi garis pantai terhadap arus dan gelombang daerah pantai mengakibatkan terjadinya angkutan sedimen di wilayah pantai (*Coastal Sediment Transport*). Bentuk angkutan sedimen yang dimaksud berupa angkutan sedimen sejajar pantai (*Longshore Sediment Transport*) dan angkutan sedimen tegak lurus pantai (*Cross-shore Sediment Transport*). Angkutan sedimen sejajar pantai dan tegak lurus pantai mengakibatkan maju mundurnya garis pantai. Kondisi garis pantai maju disebut sebagai *akresi* dan garis pantai mundur disebut sebagai *erosi*. Adanya sedimentasi atau erosi di sepanjang pantai akan berpengaruh terhadap kelestarian bangunan-bangunan pantai (misalnya: dermaga, jetti, pemecah gelombang, groin, dinding pantai buatan dan sebagainya), posisi garis pantai dan sebagainya. Sebaliknya dengan memahami pola angkutan sedimen sejajar pantai, dapat dirancang suatu bangunan khusus untuk menciptakan kondisi pantai sesuai dengan yang diharapkan (Istiyanto, 1989).

Semenanjung Muria, tepatnya di daerah Ujung Lemahabang telah ditetapkan sebagai tapak terbaik untuk rencana pembangunan PLTN Pertama. Dengan berjalannya waktu, kondisi tapak khususnya dalam kaitannya dengan perubahan garis pantai, daerah tersebut mengalami perubahan yang perlu dikaji. Hal ini kaitannya dengan rencana proteksi PLTN terhadap ancaman proses abrasi. Lokasi penelitian memiliki beberapa bentuk morfologi pantai seperti pantai *drift (littoral)*, pantai berpasir dan muara sungai. Pada daerah sekitar lokasi penelitian terdapat pemanfaatan lahan oleh masyarakat sebagai lokasi pertanian/ perkebunan, penambangan pasir laut, sarana transportasi antar desa dan sebagai lokasi aktivitas penangkapan ikan. Kegiatan masyarakat tersebut turut serta berperan dalam perubahan garis pantai yang terjadi pada lokasi penelitian.

Pantai perairan Semenanjung Muria merupakan daerah yang dinamis, interaksi antara faktor oseanografi fisika seperti arus, gelombang dan pasang surut dengan sedimen pantai tersebut menyebabkan pantai mengalami abrasi ataupun akresi. Interaksi tersebut telah mengakibatkan berkurangnya luas wilayah pertanian atau perkebunan, sarana transportasi antar desa dan antar kecamatan menjadi terganggu. Perubahan garis pantai yang terjadi sangat dipengaruhi oleh angkutan sedimen yang terdiri dari angkutan sedimen sejajar pantai (*longshore*) dan angkutan sedimen tegak lurus pantai

(*onshore – offshore*) yang diakibatkan oleh perilaku hidro-oseanografi yang berlangsung di wilayah kajian.

Angkutan sedimen atau yang biasa disebut sebagai transpor sedimen menurut Triatmodjo (1999) dipengaruhi oleh gelombang. Transpor sedimen sejajar pantai terutama ditentukan oleh kemiringan gelombang, ukuran pantai dan kemiringan pantai. Pada saat gelombang pecah sedimen di dasar pantai terangkat (*ter-erosi*) yang selanjutnya terangkut oleh dua macam gaya penggerak, yaitu komponen energi gelombang dalam arah sepanjang pantai dan arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah. Arah transpor sedimen sepanjang pantai sesuai dengan arah gelombang datang dan sudut antara puncak gelombang dan garis pantai.

Penelitian dengan menggunakan data perubahan garis pantai secara temporal membutuhkan biaya cukup mahal serta waktu yang lama, sehingga perlu menggunakan cara lain yang lebih efektif dan efisien yakni pendekatan dengan menggunakan model. Pemilihan penggunaan model guna menggambarkan transpor sedimen secara spasial dan temporal adalah karena model merupakan protipe atau peniruan dari keadaan alam yang sebenarnya sehingga dapat dibuat prediksi berbagai skenario, dapat mengontrol hasil analisis atau hitungan. Penggunaan model pada penelitian ini agar lebih efisien, baik dari segi biaya maupun waktu (Latief, 2002).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui laju, arah dan besarnya transpor sedimen sejajar pantai yang terjadi sepanjang pantai, mengetahui daerah yang mengalami abrasi dan akresi pantai, dan memodelkan transpor sedimen yang terjadi guna mengetahui pola pergerakan sedimen sepanjang pantai. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai perubahan garis pantai di sepanjang pantai wilayah kajian sehingga dengan adanya informasi tersebut mempermudah semua pihak yang mempunyai kepentingan di daerah kajian tersebut dalam mengambil sebuah keputusan, atau sebagai bahan acuan dalam pengembangan sarana pelabuhan nelayan dan penanganan sarana transportasi jalan antar desa. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat memperkaya ilmu pengetahuan penulis dan orang lain juga.

## **II. METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode pemodelan dimana gejala di alam dimodelkan dalam skala yang kecil dengan menggunakan model matematis. Berdasarkan sifatnya penelitian ini menggunakan metode deskriptif, menurut Suryabarata (1998) penelitian deskriptif adalah suatu penelitian yang bertujuan membuat pencandraan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi.

Model numerik Genesis dalam *software* NEMOS (Hanson 1987; Hanson dan Kraus 1989; Graven, Kraus dan Hanson 1991) adalah model perubahan garis pantai yang dianggap sebagai sebuah garis yang didukung oleh penggunaan alat komputasi dan rangkaian sistem (program NEMOS).

Untuk memperkirakan perubahan garis pantai diperlukan dua persamaan dasar yakni persamaan kontinuitas sedimen dan persamaan laju transpor sedimen sejajar pantai. Persamaan kontinuitas sedimen pembentuk posisi garis pantai adalah (Hanson, 1991) :

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{D_s} \left( \frac{\partial Q}{\partial y} - q \right) = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

- Q = resultan laju volume transport sedimen sejajar pantai (m<sup>3</sup>/dt)
- q = laju sedimen yang masuk dan keluar profil dari darat dan laut (m<sup>3</sup>/dt)
- q<sub>s</sub> = laju sedimen yang masuk atau keluar selebar unit garis pantai (m<sup>3</sup>/dt)
- q<sub>o</sub> = laju sedimen dari arah laut (m<sup>3</sup>/dt)
- D<sub>s</sub> = kedalaman terukur (m)

Pada model perubahan garis pantai tunggal, asumsi dasar yang digunakan adalah bahwa profil pantai aktif berpindah secara paralel sampai suatu kedalaman tertentu atau sampai profil tidak berubah lagi.

Laju perubahan volume adalah (Hanson, 1991)

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{D_s \Delta x \Delta y}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots(2)$$

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### III.1 HASIL

##### III.1.1 Transpor Volume Redimen dengan Pendekatan Model (NEMOS)

Transpor volume sedimen ke arah kiri dan kanan serta transpor volume kotor dan bersih untuk tiap satuan sel perunut dapat diketahui dari perubahan garis pantai pertahun. Perubahan garis pantai yang terjadi dari hasil pemodelan yang ditunjuk dengan besar volume transpor tiap tahun untuk tiap kategori perpindahan yang dimaksud dalam model, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 tersebut menunjukkan bahwa laju transpor sedimennya adalah Q<sub>+</sub>= 2.471.331.00 m<sup>3</sup>/tahun, Q<sub>-</sub> = -1.325.456.80 m<sup>3</sup>/tahun, Q<sub>gs</sub>= 3.796.792.60 m<sup>3</sup>/tahun dan Q<sub>net</sub>= 1.145.874.40 m<sup>3</sup>/tahun

##### III.1.2.Pola Abrasi dan Akresi Perubahan Garis Pantai

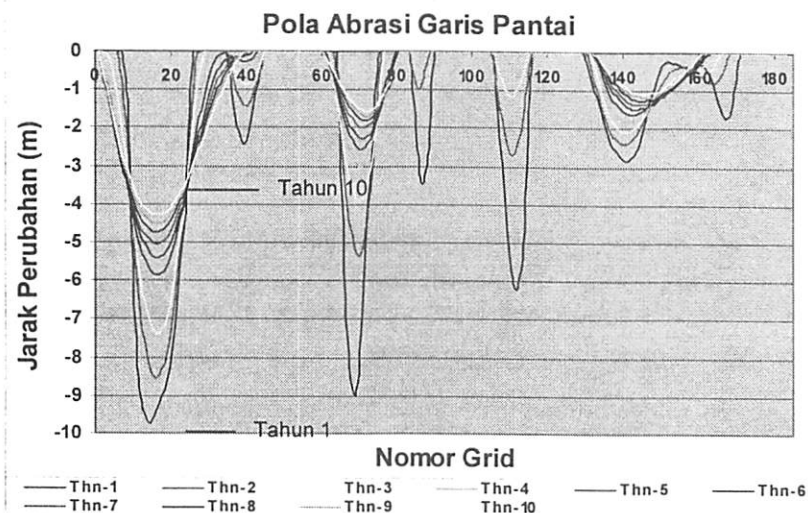
Pola perubahan garis pantai yang terjadi di alam merupakan pergerakan menuju darat atau menjauhi darat. Pergerakan garis pantai maju dikenal sebagai akresi dan pergerakan garis pantai mundur atau semakin ke arah daratan disebut sebagai abrasi.

Pola abrasi dan akresi garis pantai seperti terlihat pada Gambar 1 dan 2 berikut:

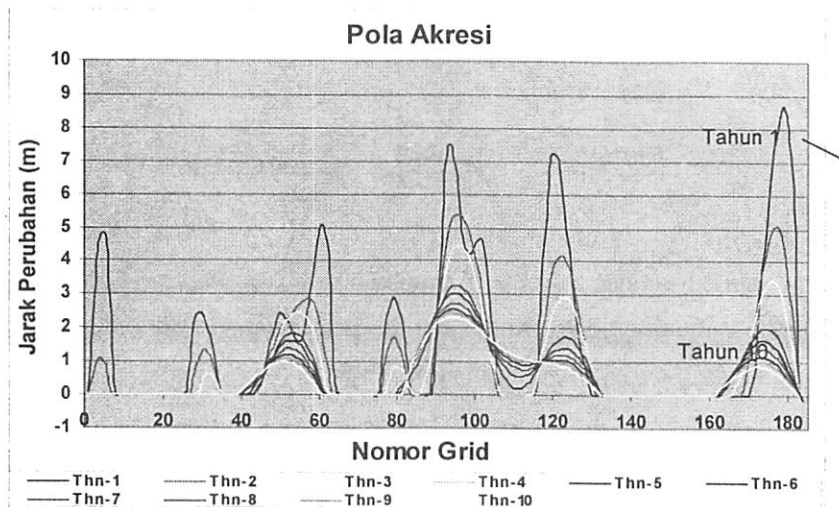
*Studi Pemodelan Perubahan Garis Pantai Di Sekitar  
Perairan Tapak PLTN Semenanjung Muria  
(Tumpal Pahala Tua Sinaga, Heni Susiati)*

Tabel 1. Transpor Volume Sedimen Pertahun

Waktu	Transpor Volume Sedimen (m <sup>3</sup> )			
	Ke kanan (Q <sub>+</sub> )	Ke kiri (Q <sub>-</sub> )	Kotor (Q <sub>qs</sub> )	Bersih (Q <sub>net</sub> )
Tahun 1	2404200	-1340211	3744412	1063987
Tahun 2	2428874	-1332875	3761752	1096000
Tahun 3	2443174	-1326050	3769225	1117130
Tahun 4	2481442	-1313482	3794922	1167951
Tahun 5	2475451	-1324116	3799579	1151335
Tahun 6	2430955	-1329861	3760813	1101083
Tahun 7	2495782	-1326193	3821978	1169595
Tahun 8	2509068	-1323072	3832152	1185990
Tahun 9	2524732	-1318920	3843661	1205816
Tahun 10	2519632	-1319788	3839432	1199857
<b>Rata-rata</b>	<b>2.471.331,00</b>	<b>-1.325.456,80</b>	<b>3.796.792,60</b>	<b>1.145.874,40</b>

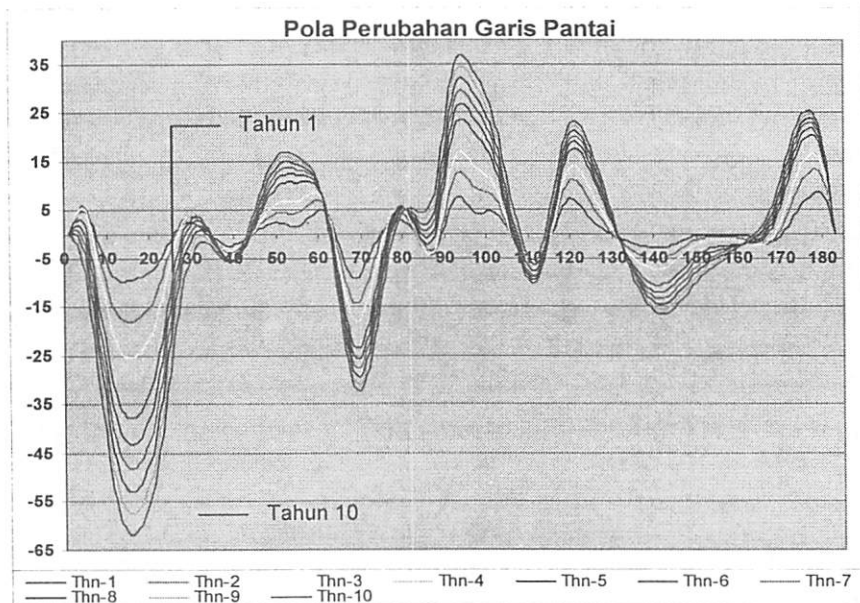


Gambar 1. Grafik Pola Abrasi Garis Pantai



Gambar 2. Grafik Pola Akresi Garis Pantai

Pola perubahan garis pantai selama 10 tahun ditunjukkan pada Gambar 3, dan jarak rata-rata perubahan garis pantai terlihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Grafik Pola Perubahan Garis Pantai Selama 10 tahun

Tabel 2. Jarak Rata-rata Perubahan Garis Pantai

Tahun	Pola Perubahan Garis Pantai	
	Abrasi (m)	Akresi (m)
Tahun 1	-1.615	1.604
Tahun 2	-1.232	1.079
Tahun 3	-1.050	0.839
Tahun 4	-0.953	0.715
Tahun 5	-0.904	0.656
Tahun 6	-0.877	0.627
Tahun 7	-0.842	0.587
Tahun 8	-0.808	0.555
Tahun 9	-0.783	0.531
Tahun 10	-0.752	0.507
<b>Rata-rata</b>	<b>-0.982</b>	<b>0.770</b>

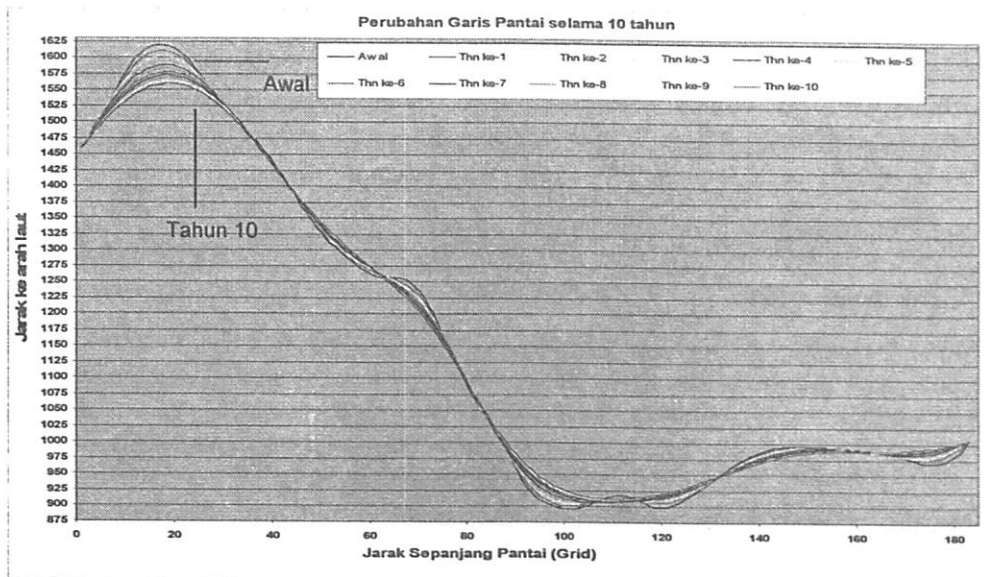
### III.1.3. Model Perubahan Garis Pantai

Model perubahan garis pantai yang dihasilkan oleh program NEMOS merupakan tampilan visual perubahan garis pantai antara garis pantai awal (*initial*) dengan garis pantai pada tahun yang dimaksudkan (sesuai keinginan pengguna).

## III.2 PEMBAHASAN

### III.2.1 Model Perubahan Garis Pantai Menggunakan NEMOS

Perubahan garis pantai dengan pendekatan model NEMOS menghasilkan berbagai gambaran tentang pola perubahan garis pantai yang terjadi pada lokasi kajian. Program ini mampu menghitung jumlah volume angkutan sedimen ke sebelah kiri, sebelah kanan grid, volume transpor kotor, serta volume transpor bersih untuk setiap grid persatuan waktu yang dimaksudkan.



Gambar 4. Perubahan Garis Pantai Simulasi 10 tahun

#### III.2.1.1 Pola Abrasi dan Akresi Garis Pantai

Berdasarkan pola angkutan sedimen bersih dan kotor serta pola angkutan sedimen ke sebelah kiri dan kanan dapat diketahui pola perubahan garis pantai yang terjadi sebagai bentuk respon pantai terhadap faktor-faktor parameter fisika oseanografi perairan lokasi penelitian.

Rata-rata volume angkutan kotor tiap grid pertahun lebih besar 3 kali dari rata-rata volume angkutan bersih. Kondisi ini menggambarkan bahwa rata-rata volume angkutan sedimen yang keluar dari tiap gridnya 3 kali lebih besar dari yang masuk. Jarak rata-rata perpindahan garis pantai setiap tahunnya adalah  $-0.982$  m untuk pola abrasi dan  $0.770$  m untuk pola pergerakan akresi. Pola abrasi dan akresi terbesar selama waktu pemodelan terjadi pada tahun pertama yakni  $-1.615$  m (abrasi) dan  $1.604$  m (akresi).

Angkutan sedimen ke kanan dan angkutan ke kiri juga dapat dijadikan indikasi untuk mengetahui arah dominan transpor sedimen sepanjang pantai. Selisih antara transpor ke kanan dengan transpor ke kiri menunjukkan angka positif, artinya angkutan

sedimen yang terjadi cenderung menuju kanan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa arah dominan transpor sedimen adalah ke arah kanan.

### **III.2.1.2. Model Perubahan Garis Pantai**

Gambar 4 adalah model perubahan garis pantai yang dihitung oleh model setiap tahunnya. Garis initial atau garis yang mencerminkan posisi garis pantai pada awal pemodelan dan garis pantai antara daerah laut dan daratan merupakan daerah dinamis yang dimodelkan sebagai kondisi garis pantai saat waktu tertentu. Pada tahun awal (tahun pertama) pemodelan garis pantai yang dihasilkan belum menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara daerah yang mengalami abrasi dan daerah yang mengalami akresi. Estela tahun ke empat pemodelan, daerah yang mengalami perubahan garis pantai yang maju (akresi) maupun garis pantai yang mundur (abrasi) kelihatan secara visual.

Perbedaan tampak lebih jelas terutama pada daerah-daerah yang lebih menjorok ke laut (daratan yang lebih menonjol) atau daerah-daerah yang lebih condong ke arah darat. Daerah ini merupakan daerah yang lebih kentara mengalami perubahan akibat adanya energi yang berasal dari faktor-faktor oseanografi fisika seperti gelombang, arus dan pasang surut.

Perubahan garis pantai merupakan bentuk tanggapan alam terhadap kondisi perairan lokasi penelitian. Pada perubahan garis pantai terjadi proses-proses angkutan sedimen baik sejajar pantai (*Longshore Transport*) maupun transpor tegak pantai (*onshore-offshore Transport*). Proses transpor tegak lurus pantai tergantung pada kemiringan gelombang, sudut datang gelombang, ukuran butir sedimen dan kemiringan pantai.

Triatmodjo (1999) menjelaskan bahwa laju transpor sedimen sepanjang pantai tergantung pada sudut datang gelombang, durasi dan energi gelombang. Dengan demikian gelombang besar akan mengangkut material lebih banyak tiap satuan waktu daripada yang digerakkan oleh gelombang kecil. Tetapi, jika gelombang kecil terjadi dalam waktu lebih lama dari gelombang besar, maka gelombang tersebut dapat mengangkat pasir lebih banyak daripada gelombang besar.

Pada penelitian ini, model transpor sedimen sejajar pantai yang dimaksudkan merupakan pemodelan laju angkutan sedimen pada kawasan pantai dimana kondisi geologi pantai dianggap sama atau homogen. Sumber sedimen yang dianalisis dalam pemodelan ini berasal dari pantai semata tanpa memperhitungkan adanya kegiatan penambahan sedimen (*Beach nourishment*) dan inputan sedimen yang berasal dari sungai. Kondisi vegetasi pantai juga dianggap sama di semua tempat dengan asumsi umum bahwa tidak terdapat vegetasi yang persis di garis pantai yang dimodelkan.

Prinsip perhitungan laju transpor sedimen yang dimaksud dalam program NEMOS dengan menganut prinsip perubahan garis pantai yang didasarkan pada



persamaan kontinuitas sedimen. Untuk itu pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas/ grid). Pada setiap sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan ke laut. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah aliran massa netto di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa di dalam sel setiap satuan waktu. Persamaan yang digunakan program dalam perhitungan model angkutan sedimen sejajar pantai diselesaikan secara *numeris* dengan menggunakan metode beda hingga (*finite diffrent*). Pantai dibagi menjadi beberapa pias (*diskritisasi*) dan waktu dibagi menjadi sejumlah waktu. Tujuan diskritisasi adalah untuk mengubah bentuk persamaan diferensial persiil ke dalam bentuk diskrit pada sejumlah titik hitungan. Bentuk persamaan diskrit tersebut diselesaikan secara numeris untuk didapatkan posisi garis pantai.

#### **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

##### **IV.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data primer maupun sekunder maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Laju transpor sedimen pada perairan pantai sekitar tapak PLTN di Semenanjung Muria adalah  $Q_+ = 2.471.331,00 \text{ m}^3/\text{thn}$ ,  $Q_- = -1.325.456,80 \text{ m}^3/\text{thn}$ ,  $Q_{gs} = 3.796.792,60 \text{ m}^3/\text{thn}$  dan  $Q_{net} = 1.145.874,40 \text{ m}^3/\text{thn}$ .
2. Pola abrasi dan akresi terbesar terjadi pada tahun pertama yakni -1.615 m (abrasi) dan 1.604 m (akresi) dengan rata-rata jarak abrasi = - 0.982 m dan jarak akresi 0.770 m pertahun

##### **IV.2. Saran**

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penambahan model struktur bangunan pantai seperti *breakwater*, *jetti*, *groyne* dan lain-lain terhadap perubahan garis panti yang terjadi. Selain itu juga dimungkinkan untuk memperhalus grid model yang dipakai dengan memperkecil besar tiap grid hingga diperoleh hasil yang lebih baik dan lebih detail.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. BIRD, E. F., *Coast and Introduction to Coastal Geomorphology*, Third Edition, Basil Blackwell, Inc. USA, 1984.
2. DAHURI, R., JACUB RAIS, SAPTA PUTRA GINTING dan M.J. SITEPU, *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*, P.T. Pradnya Paramitha. Jakarta. 1996.
3. DARLAN, Y., *Geomorfologi wilayah Pesisir*, Ringkasan Materi Pelatihan Pusat Pengembangan Geologi Kelautan Direktorat Jendral Geologi dan Sumber Daya Mineral. Departemen Pertambangan dan Energi. (*Tidak dipublikasikan*), 1996.
4. FOLK, F.J., *Sedimentology of Rock*, Hemphill University, USA., 1980.

5. HANSON, H; GRAVEN dan KRAUS, "*GENESIS: Generalized Model for Simulating Shoreline Change*; Report 1, Technical Reference Manual", Technical Report CERC – 89-19.U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS., 1991.
6. HARTANTI, Studi Perkembangan Delta Bodri Ditinjau Dari Pengaruh Debit Sungai Dan Kondisi Oseanografi Fisika Di Muara Sungai Bodri, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah, Skripsi, Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
7. HOLME, M.G. and N.D. MCINTYRE, *Methods for Study of Marine Benthos*, Second Edition, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 1984.
8. HUTABARAT, S. dan S.M. EVANS, *Pengantar Oseanografi*, UI Press, Jakarta, 1985.
9. ISTIYANTO, D.CATUR, *Tinjauan Terhadap Metode Hitungan Angkutan Sedimen Sejajar Pantai (Tugas Akhir)*, Jurusan Teknik Sipil-Universitas Gajah Mada, Yogyakarta (*Tidak dipublikasikan*), 1989.
10. KENNET, J.P., *Marine Geology*, Printice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1982.
11. LATIEF, HAMZAH, *Oseanografi pantai*. Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2002.
12. PETHICK, J., *An Introduction Geomorphology*, Chapman and Hall, USA, 1984.
13. PETTIJOHN, F J., *Sedimentary Rocks*.Harper & Row, Publishers. New York, Evanston, San Fransisco, and London, 1975.
14. PRATIKTO, W.A., HARYO DWI ARMONO, SUNTOYO, *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut*, BPFE-Yogyakarta, 1997.
15. SIEBOLD, E. and W.H. BERGER, *The Sea Floo, An Introduction to Marine Geology*, Second Edition, Springer-Verlag Berlin, Jerman, 1993.
16. SETIYONO H. 1996. Kamus Oseanografi.Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 1996.
17. SHOBIRIN, Hubungan Debit Sungai dengan Laju dan Pola Sedimentasi di Muara Sungai Pengkol, Kabupaten Jepara. Skripsi (Tidak dipublikasikan), Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, 1999.
18. YUWONO, NUR, Dasar Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Vol. II. Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi, PAU- IT-UGM. Yogyakarta, 1992