

# ANALISIS DAMPAK PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR TERHADAP LAHAN KAWASAN PANTAI MENGGUNAKAN PROGRAM GENESIS

Studi Kasus: Kawasan Pantai Dadap Indramayu

Oleh: Sarbidi

Pusat Litbang Peremukiman Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan – Kab. Bandung 40393

E-mail : sarbidi\_pustekim@yahoo.co.id/ dhiashofi@gmail.com

Tanggal masuk naskah: 04 Agustus 2008 , Tanggal revisi terakhir : 11 Agustus 2008

## Abstrak

*Infrastruktur sipil berupa jeti, seawall dan pelabuhan PPI yang dibangun pada kawasan pantai Dadap Indramayu dapat menimbulkan dampak perubahan atau kerusakan pada lahan kawasan pantai. Metodologi analisis dampak dimulai dengan identifikasi permasalahan, pengolahan data sekunder dan data primer, menggunakan program Genesis (generalized model for simulating shoreline change) menghasilkan bahwa kawasan pantai dapat mengalami sedimentasi sepanjang sekitar 700 m dan akresi berbentuk salien sekitar 117,1 m yang terjadi tepat pada testle pelabuhan. Pantai sebelah barat pelabuhan mengalami erosi sepanjang sekitar 320 m, dengan kejadian garis pantai mundur terbesar sekitar 79,1 m. Pada kasus ini, infrastruktur pantai menyebabkan dampak kerusakan lahan kawasan pantai sepanjang 1.020 m. Sejalan dengan perubahan tersebut terdapat debit litoral drift yang bergerak sejajar pantai dari arah Timur ke Barat sebesar antara 1 m<sup>3</sup>/detik - 20 m<sup>3</sup>/detik. Untuk mencegah kerusakan lahan pantai yang lebih besar dapat memperpanjang seawall ke arah barat menggunakan kombinasi antara revetment, detached breakwaters dan tanaman bakau.*

**Kata kunci :** Deteksi, dampak, infrastruktur pantai, kawasan pantai.

## Abstract

*Some of civil infrastructures are like jetty, seawalls, and port of PPI constructed in the costal area in Dadap beach Indramayu could make the destruction of land or shoreline change surrounding area of the beach. The analytical impact of methodology begun with the problems identification, secondary and primary data analysis by using Genesis (generalized model for simulating shoreline change) simulation program gave the result that it was the costal area could got the sedimentation was about 700 meters length, and produced an accretion of salient formation was about 117.1 meters length was in the rear of the port trestle precisely. The western shorelines of the port would erode about 320 meters length and was going to move the initial position of shoreline to mainland direction was about 79.1 meters length. In this case, the civil infrastructures of the costal area made the destruction impact to the beach land were about 1,020 meters length. Beside that, it's also got the long shore transport rate were about 1.0 cubic meter per second up to 20.0 cubic meters per second which moved from the east to the west direction and parallel with shoreline. To protect the coastal land destruction can make the seawalls is longer than current condition until shuts off the erosion area to the west direction by using the combination of the revetment, detached breakwaters and mangrove trees.*

**Keywords:** Detection, impact, costal infrastructures, costal area.

## PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Secara alamiah, ombak dan arus laut merupakan salah satu penyebab (*agent*) yang berperan besar dalam pembentukan pantai. Pada umumnya, ombak yang terjadi di laut dalam tidak berpengaruh terhadap dasar laut dan sedimen yang terdapat didasarnya. Sebaliknya, ombak yang terdapat di dekat pantai, terutama di zona ombak pecah (*breaker wave zone*) mempunyai energi besar dan sangat berperan dalam pembentukan morfologi pantai, karena pergerakan ombak dari lautan menuju pantai dan pergerakan ombak di sepanjang pantai sambil membawa fragmen sedimen dasar (*litoral drift*) dan sedimen layang (*suspended solid*), dan memindahkannya ke wilayah pantai. Sedimentasi yang berlangsung dalam waktu yang lama maka dapat membentuk akresi atau daratan yang baru, berupa *salient*, *tombolo*, *spits*, *beach ridge*, delta, dan lain-lain. Sebaliknya, energi yang dikandung oleh ombak, yang terus menerus menghantam pantai dapat menyebabkan erosi pada pantai, dan abrasi pada pada tebing pantai batuan padat yang masif. Akresi, erosi dan abrasi oleh ombak terhadap pantai disebabkan oleh berbagai faktor, antara lain kedalaman laut di sekitar pantai, bentuk pantai, tumbuhan penetrasi ombak di sekitar pantai (biasanya hutan mangrove), keterjalan garis pantai, kekerasan batuan, bangunan atau infrastruktur yang sengaja didirikan di perairan pantai, seperti groin (*groyne*), jeti (*jetty*), pemecah gelombang (*breakwater*), tembok laut (*seawall*), pelabuhan, pulau dekat pantai, reklamasi pantai, pondasi bangunan yang menjorok ke laut, dan sebagainya.

Selain itu, peristiwa pasang surut turut pula mempengaruhi garis pantai, meskipun kadarnya kecil dibanding ombak dan arus laut. Pasang surut

berpengaruh terhadap dinamika air di sekitar pantai. Pengaruh pasang surut akan lebih nyata pada kawasan muara sungai besar, dan rawa pasang pantai. Vegetasi yang tumbuh subur di sepanjang pantai (hutan bakau) dapat berfungsi sebagai penangkap sedimen (*sediment trap*) di kawasan pantai, sehingga membantu pertumbuhan pantai.

Aktifitas manusia yang memanfaatkan pantai untuk berbagai kepentingan, juga dapat merubah morfologi atau bahkan merusak lingkungan di kawasan pantai. Banyak contoh aktifitas manusia, yang mengakibatkan perubahan atau merusak morfologi pantai, antara lain pembangunan pelabuhan, pemecah gelombang, reklamasi pantai, dan sebagainya. Permasalahannya, bagaimana mendeteksi perubahan atau kerusakan atau dampak yang ditimbulkan oleh aktifitas manusia secara cepat dan akurat, sehingga dapat meminimalkan kerugian yang ditimbulkannya. Untuk itu dalam tulisan ini akan dibahas penggunaan salah satu metoda analisis untuk mendeteksi kerusakan kawasan pantai yang timbul akibat aktivitas manusia. Data dan informasi diambil dari kasus pembangunan pelabuhan, tembok laut dan jeti di sekitar pelabuhan Pusat Pelelangan Ikan (PPI) Pantai Dadap Indramayu.

## **METODOLOGI**

### **Pola Pikir**

Lingkungan di kawasan Pantai Dadap Indramayu, khususnya yang berada di sekitar struktur jeti, tembok laut, dan pelabuhan PPI Lepas Pantai akan terkena dampak oleh bangunan tersebut. Seberapa besar perubahan lingkungan, terutama pada lahan dan perubahan garis pantai sangat dipengaruhi bentuk pantai, tinggi

gelombang, litoral drift, kontur laut (batimetri), dan lain-lain. Besarnya perubahan atau kerusakan akan dideteksi dengan analisis numerik menggunakan program Genesis (*generalized model for simulating shoreline change*).

### Metoda Pelaksanaan

Pelaksanaan kajian dibagi dalam tiga kegiatan, yaitu identifikasi permasalahan kawasan pantai, pengumpulan data sekunder (kajian pustaka), dan data primer (observasi lapangan), pemodelan numerik (pembagian kawasan pantai ke dalam beberapa *grid*), pengolahan data angin menjadi data gelombang jam-jaman menggunakan Excel, menginput dan pemerosean data pada program Genesis, pembahasan output, dan permumusan hasil. Secara ringkas digambarkan dalam diagram alir pada **Gambar 1**.

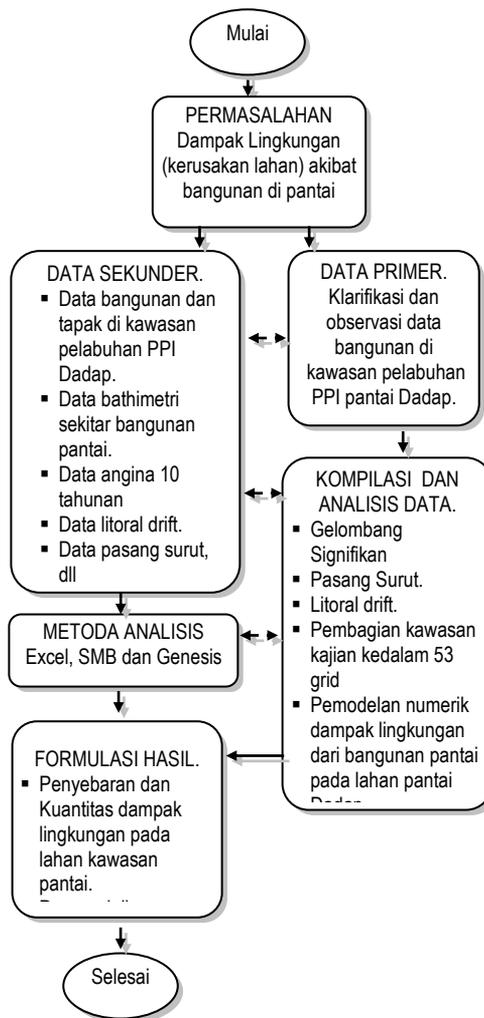
### Pengumpulan Data

1. Data sekunder dikumpulkan dari berbagai hasil studi yang pernah dilaksanakan oleh institusi berwenang dan data pustaka lainnya, antara lain: peta rencana tapak kawasan pelabuhan, peta bathimetri, data angkutan litoral, data pasang surut, dan lain-lain.
2. Data angin harian series tahun 1994 sampai 2003 (data 10 tahunan) dari stasiun meteorologi Jatiwangi, yang berlokasi sekitar 10 km dari kawasan pantai Dadap Indramayu.

## KAJIAN PUSTAKA

### Karakteristik Pantai

Pantai (*shore*) adalah daerah di tepi perairan laut, yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. *Shore* dapat dibagi dalam tiga zona, yaitu:



**Gambar 1.**  
**Diagram Alir Metodologi Pelaksanaan**

1. *Backshore zone* adalah bagian pantai, yang hanya tergenang pada saat pasang tertinggi dan pada saat badai.
2. *Foreshore zone* adalah bagian pantai berbatasan dengan *backshore zone*, yaitu bagian yang tergenang pada saat air pasang sampai dengan pada air surut.
3. *Offshore zone* bagian pantai yang dibatasi oleh pantai yang sedikit di bawah muka air surut sampai kebatas kedalaman, dimana interaksi gelombang dengan dasar tidak ada lagi.

Pada bagian *backshore zone* sering dijumpai material yang bergerak sepanjang pantai, biasa disebut *berms*. *Berms* dibentuk oleh gaya gelombang pada saat air tinggi. Material tersebut mencakup seluruh benda yang dapat digerakkan oleh gaya gelombang pada saat air tinggi, seperti pasir, kerikil, rumput laut, log atau pun batu. Material yang menggunduk disebut dengan *dunes*. Pada musim badai (musim angin barat), saat intensitas energi gelombang tinggi, sedimen diangkut ke offshore membentuk gundukan disebut *offshore bar*. Pada musim tenang (musim angin timur) material *offshore bar* dibawa kembali ke *offshore*.

Garis pantai akan tak mengalami perubahan bila arah gelombang datang dari lepas pantai adalah tegak lurus garis pantai. Kondisi ini hampir tidak mungkin terjadi. Akibat proses hidrodinamika air laut, *longshore transport & cross shore transport sediment litoral* menyebabkan garis pantai akan selalu berubah. Tetapi bila pada pantai terdapat suatu titik stabil (*headland*), misalnya berupa batuan karang padat yang keras atau bangunan sipil yang dibuat manusia, seperti groin, jeti, *breakwater*, dan lain sebagainya, maka titik stabil itu dapat menjadi

wahana perubah garis pantai yang baru. Menurut hasil penelitian Silvester dan Shu (1993), pantai yang berada diantara dua *headland* dapat berbentuk *logarithmic and parabolic*. Pantai stabil akan terbentuk kembali setelah terjadi kesetimbangan alamiah (*natural equilibrium*).

### **Wind Stress Factor**

*Hindcasting* atau pembangkitan gelombang adalah perhitungan tinggi gelombang dengan menggunakan data angin. Menggunakan data angin, karena pengamatan gelombang secara langsung di lapangan membutuhkan biaya yang cukup mahal dan memakan waktu. Data angin dapat diperoleh dari stasiun BMG atau lapangan terbang terdekat, asalkan radius stasiun tersebut tidak lebih dari 500 km. Data angin yang kita diperoleh, biasanya adalah data angin harian yang isinya adalah:

- U<sub>rata-rata</sub>: kecepatan angin rata-rata harian.
- U<sub>terbesar</sub>: kecepatan angin maksimum harian.
- Arah angin: arah datangnya angin bertiup.

Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* ( $U_A$ ), yaitu sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang. Namun sebelumnya perlu melakukan koreksi-koreksi terhadap data angin yang kita miliki sebagai berikut:

1. Koreksi Elevasi  
Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 meter. Jika data angin didapat dari pengukuran pada elevasi yang lain (misal z-meter), maka dapat dikonversi dengan persamaan:

$U_{10} = U_z \times [10/z]^{1/7}$  (digunakan jika  $z < 20$  m).

2. Koreksi Kecepatan Rata-rata  
Jika data yang dimiliki adalah data kecepatan angin maksimum, perlu ditentukan kecepatan dengan durasi tertentu (karena kecepatan maksimum mungkin hanya terjadi beberapa menit saja, sisanya kecepatan perlu ditentukan). Prosedur penentuan kecepatan dengan durasi tertentu tersebut dapat dilihat dalam *Shore Protection Manual Volume I, 1984* pada halaman 3-26 sampai halaman 3-29.
3. Koreksi Stabilitas  
Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut.  
 $\Delta T_a = (T_a - T_s)$ .  
Dimana:  $T_a$  = temperatur udara, dan  $T_s$  = temperatur air laut.  
Besarnya koreksi dilambangkan dengan  $R_T$ , dimna sebagai berikut:  
 $U = R_T \times U_{10}$ .  
Harga  $R_T = 1,1$  apabila tidak ada perbedaan temperatur udara dan air laut, tetapi jika ada perbedaan, maka  $R_T$  didapatkan dari *Figure. 3-14, Shore Protection Manual Volume I, 1984*
4. Koreksi Lokasi Pengamatan  
Jika data angin yang dimiliki adalah data angin pengukuran di darat, perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan di laut. Faktor koreksi dilambangkan dengan  $R_L$ , dapat ditentukan dengan grafik dalam *Figure 3-15, Shore Protection Manual Volume I, 1984*. Apabila pengukuran angin dilakukan di laut / pantai,  $R_L = 1$  atau tidak memerlukan koreksi.
5. Koreksi Koefisien Seret  
Untuk  $U$  (m/dt), setelah dikonversi dengan faktor-faktor koreksi di atas,

maka *Wind Stress Factor* adalah:  $U_A = 0,71 (U)^{1,23}$ .

### **Fetch Efektif**

*Fetch* adalah daerah bangkitan gelombang di laut. *Fetch* diperlukan untuk *hindcasting*. Ruang *fetch* dapat dibatasi oleh suatu pulau atau daratan yang mengelilingi laut tersebut. Kecepatan dan arah angin dalam *fetch* konstan. Dalam tulisan ini, panjang *fetch* efektif perairan Pantai Indramayu dihitung sebagai berikut.

1. Menggunakan peta perairan lokasi Pantai Dadap Indramayu sebagai titik pusat kegiatan yang ditinjau. Lalu membuat garis 8 arah utama angin, yaitu Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat dan Barat Laut sampai menyentuh daratan terdekat.
2. Untuk masing-masing arah utama, buat kipas garis *fetch*, seperti pada Gambar 2, dengan interval sudut ( $\theta_i$ )  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  dan  $20^\circ$ , yang digambarkan pada sebelah kiri dan sebelah kanan arah utama. Dengan demikian, maka setiap arah utama akan memiliki 9 garis *fetch*.
3. Ukur panjang *fetch* ( $F_i$ ) tersebut sampai menyentuh daratan terdekat, lalu kalikan dengan skala peta.
4. Hitung jumlah panjang *fetch* ( $\Sigma F_i$ ) dan jumlah interval sudut ( $\Sigma \text{Cos}\theta_i$ ) untuk masing-masing arah utama
5. Hitung panjang *fetch* efektif untuk masing-masing arah utama. Gunakan rumus (1):

$$F_{\text{eff}} = \frac{\Sigma(F_i \times \text{Cos}\theta_i)}{\Sigma \text{Cos}\theta_i} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- $F_{\text{eff}}$  = panjang *fetch* efektif
- $F_i$  = panjang garis *fetch* untuk sudut interval ke- $i$
- $\theta_i$  = sudut interval.



**Gambar 2.**

**Kipas Garis *Fetch* (Pantai Indramayu) Untuk Arah Timur, Timur Laut, Utara, dan Barat Laut. Peta Skala 1: 12.000.000.**

### Gelombang Signifikan

Peramalan gelombang di laut dalam (ratio kedalaman relatif air laut,  $d$  dan panjang gelombang,  $L$  lebih dari 0,5 atau  $d/L > 0,5$ ) dapat diperoleh dengan cara nomogram, sebagai fungsi dari kecepatan angin, panjang *fetch* dan lama angin bertiup atau menggunakan *Metoda Sverdrup-Munk-Bretschneider (SMB)* memakai rumus (2), (3) dan (4). Hasil peramalan adalah gelombang signifikan.

$$(gt/U_A) = 6,88 \times 10^{-1} \{(gF/U_A^2)\}^{2/3} \dots (2)$$

- Jika  $gt/U_A > 71.500$ , berarti kondisi *Fully Developed Seas*, maka  $gH_{m0}/U_A^2 = 0,2433$  dan  $gT/U_A = 8.132$ .
- Jika  $gt/U_A \leq 71.500$ , berarti kondisi *Non-fully Developed Seas*, maka perhitungan sebagai berikut:

$$(gH_{m0}/U_A^2) = 1,6 \times 10^{-3} \{(gF/U_A^2)\}^{1/2} \dots (3)$$

$$(gT/U_A) = 2,857 \times 10^{-1} \{(gF/U_A^2)\}^{1/3} \dots (4)$$

Keterangan:

- $H_{m0}$  : Tinggi gelombang signifikan
- $T$  : Periode gelombang signifikan
- $U_A$  : Kecepatan angin
- $F$  : Panjang *fetch*
- $t$  : Durasi angin.
- $g$  : Percepatan gravitasi

Langkah-langkah perhitungan gelombang laut dalam sebagai berikut:

1. Hitung durasi kritis ( $t_c$ ), yaitu:
 
$$t_c = 6,88 \times 10^{-1} \{(gF/U_A^2)\}^{2/3} \times (U_A/g) \dots (5)$$
2. Bandingkan  $t_c$  dengan data durasi ( $t$ ):
  - Bila  $t > t_c$ , maka kondisi ini disebut *fetch limited*.  $H$  dan  $T$

dihitung dari rumus (3) dan (4) dengan nilai *Fetch* yang telah diketahui.

- Bila  $t < t_c$ , maka kondisi ini disebut *duration limited*.  $H$  dan  $T$  dihitung dari rumus (3) dan (4) dengan nilai *Fetch* minimum dihitung dari persamaan sebagai berikut:

$$F_{min} = (U_A^2/g) \times (gt/6,88 \times 10^{-1} \cdot U_A)^{3/2} \dots\dots(6)$$

3. Peramalan gelombang dari data angain dapat dikerjakan dengan *spreadsheet excel*.

### Struktur Program Genesis

Dampak bangunan sipil terhadap kawasan pantai atau garis pantai dapat diperkirakan dengan aplikasi analisis numerik menggunakan program Genesis. Data masukan yang dibutuhkan program Genesis sebagai berikut:

1. Data posisi awal garis pantai berupa koordinat (x,y). *Fixed boundaries* dari garis pantai yang akan ditinjau adalah posisi, dimana perubahan garis pantai koordinat tersebut dapat dianggap tidak signifikan terhadap hasil simulasi atau pada struktur yang rigid. Batasan ini diperlukan karena di dalam simulasi, perubahan garis pada kedua titik batas tersebut di atas, besarnya dianggap nol.
2. *Time series* data gelombang lepas pantai atau gelombang laut dalam, tinggi gelombang, periode gelombang dan arah rambatan gelombang terhadap garis normal pantai untuk selang waktu tertentu. Pengaruh refraksi dan defraksi akan dihitung secara internal dalam Genesis sendiri.
3. *Grid* simulasi yang melingkupi garis pantai serta perairan dimana gelombang akan merambat. Jumlah *grid* untuk arah sumbu-x untuk

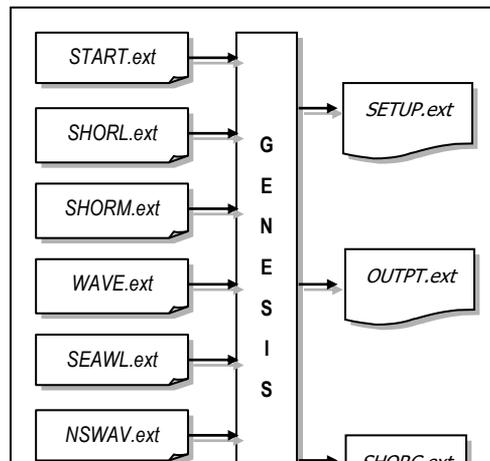
program ini terbatas hingga 99 buah *grid*.

4. Struktur bangunan pantai eksisting atau yang direncanakan dan struktur laut lainnya, yang berada pada perairan yang ditinjau. Pada studi ini dilakukan pemodelan terhadap *breakwater* pelabuhan yang sejajar pantai, bangunan tembok laut, dan jati.
5. Data-data lain, seperti ukuran butiran ( $D_{50}$ ), parameter kalibrasi, posisi struktur.
6. Program Genesis ini, dengan data-data masukan di atas dapat memberikan perkiraan nilai *longshore transport rate*, serta perubahan garis pantai akibat angkutan sedimen tersebut, tanpa atau dengan adanya perubahan struktur pada pantai untuk jangka waktu tertentu.

Simulasi yang dilakukan pada sebuah kawasan kajian mencakup:

1. Perubahan garis pantai kumulatif dalam kurun waktu yang ditinjau, dengan gradasi perubahan garis pantai setiap tahun.
2. Laju angkutan sedimen total (jumlah angkutan sedimen akibat *longshore transport* ke arah kiri maupun kanan relatif terhadap posisi pelabuhan, dalam studi ini arah kiri adalah Barat (Barat Laut) dan arah kanan adalah Timur.

Dalam program Genesis, data *input* dan *output* mempunyai struktur *file* yang disajikan dalam Gambar 3.



**Gambar 3.**  
**Struktur File Input dan File Output Program**  
**GENESIS**

Sumber: *US Army Corps of Engineers, December 1989.*

Nama-nama di sebelah kiri gambar adalah *file input* sedangkan di kanan *file output*.

- *START.ext* : berisi konfigurasi model, proyek dan setup program, yang diberikan pada *start.ext*
- *SHORL.ext* : berisi informasi hasil pengukuran posisi garis pantai pada akhir kalinerasi dan verifikasi model.
- *SHORL.ext* dan *SHORM.ext* merupakan data yang sama, dan dapat digunakan salah satu saja atau keduanya.
- *WAVE.ext* : berisi kondisi gelombang laut (sudut, tinggi, dan perioda gelombang) pada setiap tahapan waktu, Biasanya digunakan data jam-jaman/harian.
- *SEAWL.ext*: bersisi informasi mengenai diinding pantai (*seawall*) yang dipakai hanya untuk memodelkan dinding pantai
- *NSWAV.ext* : berisi informasi sudut dan tinggi gelombang di garis acuan sekitar pantai.
- *DEPTH.ext* : berisi informasi kedalaman perairan di garis acuan sekitar pantai pantai.
- *SETUP.ext* : berisi informasi konfigurasi model, proyek dan *setup*

program yang diberikan pada *start.ext*.

- *OUTPUT.ext* : berisi informasi perubahan garis pantai setiap tahun.
- *SHORC.ext* : beris informasi posisi akhir garis pantai.

## KOMPILASI DATA LAPANGAN

### Kejadian Gelombang

Data angin harian *time series* 10 tahunan diperoleh dari Stasiun Meteorologi Jatiwangi, Balai Wilayah II Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), yang berlokasi sekitar 10 km dari Indramayu. Data angin yang digunakan antara tahun 1994 sampai tahun 2003. Data angin series harian ini digunakan peramalan gelombang (*hindcasting*). Hasilnya dapat dibaca pada Tabel 1.

Informasi yang didapat dari Tabel 1 adalah prosentase kejadian gelombang akibat angin sebesar 83,95%, dan sebaliknya prosentase kejadian tidak ada gelombang akibat angin sebesar 16,05%.

Gelombang yang berpengaruh terhadap lokasi bangunan pantai, dalam hal ini pelabuhan PPI Lepas Pantai Dadap, tembok laut dan jeti berasal dari arah Timur, sebesar 45,67%, dari arah Utara 32,10%, arah Timur Laut 5,95% dan arah Barat Laut 0,22%, Gelombang yang merambat dari Selatan, Barat, Barat Daya, dan Tenggara tidak ber-pengaruh karena angin pem-bangkitnya datang dari arah daratan, frekuensi kejadiannya relatif kecil. Hal ini dipertegas oleh *wavrose* tahunan untuk wilayah Indramayu, wilayah Cirebon dan sekitarnya, seperti pada Gambar 4. Sedangkan hubungan antara total kejadian tinggi dan perioda gelombang pada Gambar 5.

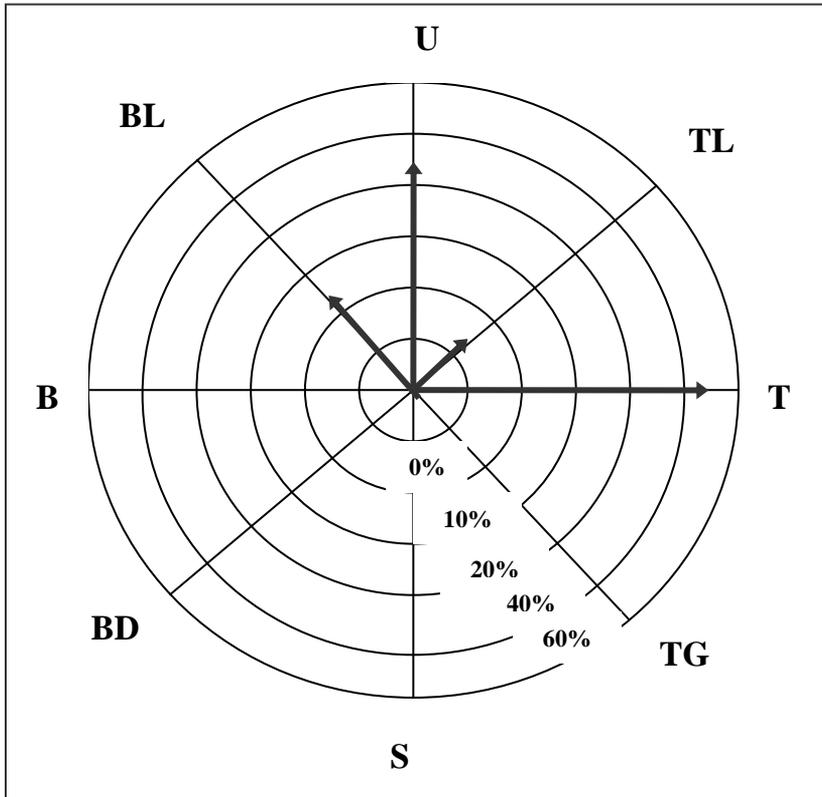
**Tabel 1.**

**Prosentase Kejadian Ada Gelombang Antara Tahun 1994 Sampai Tahun 2003**

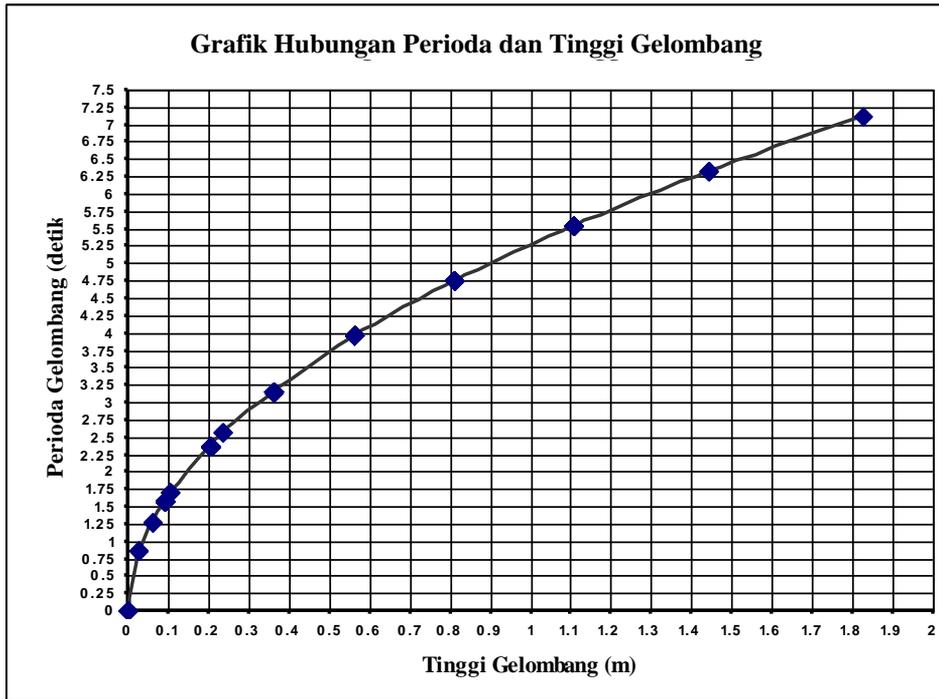
Arah Gelom-bang	Tinggi gelombang						Jum-lah (%)
	0.0 - 0.4	0.4 - 0.8	0.8 - 1,2	1.2 - 1.6	1.6 - 2.0	>2	
Utara	30.26	1.13	0.64	0.08	-	-	32.10
Tiimur laut	5.50	0.41	0.04	-	-	-	5.95
Timur	41.07	3.81	0.68	0.08	0.04	-	45.67
Barat laut	0.21	0.02	0.00	-	-	-	0.22
Prosentase Kejadian ada gelombang akibat angin							83.95
Prosentase Kejadian tidak ada gelombang akibat angin							16.05
Prosentase Kejadian total							100.00

Sumber: Hasil analisis pembangkitan gelombang (hindcasting).

**Gambar 4.**  
**Wave Rose Tahunan Pantai Dadap Indramayu**



Sumber: Hasil Analisis.



**Gambar 5.**  
**Grafik Hubungan Antara Tinggi dan Periode Gelombang**

Sumber: Hasil Analisis

### Panjang *Fetch* Efektif

Berdasarkan rancangan kipas *fetch* Pantai Dadap Indramayu pada Gambar 2 dan perhitungan menggunakan rumus (1) diperoleh panjang *Fetch* Efektif ( $F_{eff}$ ) dari berbagai arah angin yang menimbulkan kejadian gelombang sebagai berikut:

- 1) Dari arah barat laut = 392.678,05 m.
- 2) Dari arah Utara = 425.551,74 m.
- 3) Dari arah Timur laut = 532.532,99 m.
- 4) Dari arah Timur = 521.880,88 m.

### Gelombang Signifikan

Setelah mendapatkan nilai-nilai *Wind Stress Factor* dan panjang *fetch* efektif dari setiap arah pembentukan gelombang, maka berdasarkan Metoda *Sverdrup – Munk - Bretschneider (SMB)* pada rumus (2), (3), (4), (5) dan (6) dapat dilakukan peramalan tinggi gelombang signifikan  $H_s$ , dan periode

spektrum gelombang ( $T_p$ ), dan tinggi periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) = 0,95  $\times T_p$ .

Hasil *hindcasting* gelombang signifikan tahunan dari arah yang dominan di perairan pantai Indramayu dapat dibaca pada Tabel 2.

**Tabel 2.**  
**Distribusi Gelombang Signifikan Tahunan Tiap Arah**

Tahun	Utara		Timur Laut		Barat Laut		Timur	
	Hs (m)	Tp (dt)	Hs (m)	Tp (dt)	Hs (m)	Tp (dt)	Hs (m)	Tp (dt)
1994	0,31	3,31	0,46	3,76	0,58	6,77	0,23	2,26
1995	0,42	4,51	0,39	3,76	0,40	6,01	0,77	5,26
1996	0,38	4,51	0,17	1,50	0,37	4,51	0,53	5,26
1997	0,45	3,76	0,26	3,01	0,41	4,51	0,74	5,26
1998	0,30	3,76	0,26	3,01	0,37	4,51	0,19	1,50
1999	0,64	6,01	0,27	3,76	0,36	4,51	0,52	4,51
2000	0,66	5,26	0,60	5,26	0,51	5,26	0,63	5,26
2001	0,58	6,01	0,30	2,26	0,51	6,01	0,79	6,01
2002	0,42	4,51	0,36	3,01	0,45	4,51	0,56	3,76
2003	0,41	3,76	0,20	2,26	0,36	4,51	0,46	3,76
$H_r$	0,46	4,24	0,33	3,16	0,43	5,12	0,54	4,29

Tahun	Utara		Timur Laut		Barat Laut		Timur	
	Hs (m)	Tp (dt)	Hs (m)	Tp (dt)	Hs (m)	Tp (dt)	Hs (m)	Tp (dt)
$\sigma$	0,13	1,62	0,13	1,05	0,08	0,85	0,21	1,46

Sumber: Hasil hindcasting.

Keterangan: ( $H_r$  = Tinggi Hs rata-rata; dan  $\sigma$  = standar deviasi)

Dari Tabel 2 di atas dapat diperoleh gelombang signifikan rata-rata tertinggi datang dari arah Timur, dengan  $H_s = 0,54$  m dan  $T_p = 4,29$  detik, serta  $T_s = 0,95$   $T_p = 0,95 \times 4,29$  detik = 4,07 detik

### Bathimetri

Profil melintang pantai, dari garis pantai ke arah laut relatif landai, dan pantainya berpasir halus. Pengukuran kedalaman perairan pantai bervariasi, mulai dari 0 m, -1 m, -2 m, -3m dan -4m LWS, masing-masing pada jarak 50 m, 85 m, 305 m, 560 m, dan 860 m dari garis pantai. Hasil pengukuran *bathimetri* pada Tabel 3. Dari tabel ini dihitung kemiringan rata-rata dasar laut pada perairan sekitar PPI Dadap Lepas Pantai =  $\{(0,020 + 0,029 + 0,005 + 0,004 + 003)/5\} = 0,012 \approx 0,02$ .

Merujuk pada *bathimetri* dan juga kemiringan dasar laut tersebut, maka dapat diketahui bahwa perairan pantai Dadap mempunyai konfigurasi dasar laut yang relatif landai dan ke dalam laut yang relatif dangkal.

**Tabel 3.**  
**Kedalaman Laut dan Jarak dari Pantai**

Kedalaman (m)	Jarak dari garis pantai (m)	Kemiringan
0	50	0,020
-1	85	0,029
-2	305	0,005
-3	560	0,004
-4	860	0,003

Sumber: Puslitbang Air, Desember 2002.

### Sedimen Dasar (*litoral drift*)

Untuk mendapatkan nilai diameter butiran sedimen  $D_{50}$ , contoh sedimen dianalisis menggunakan analisis ayakan mekanis, dan gambar grafik akumulasi dari tiap contoh yang ada.

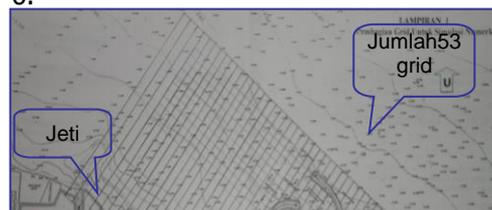
Hasil analisis sedimen dasar di perairan sekitar pelabuhan PPI Dadap adalah berupa sedimen halus bercampur lumpur dengan berat jenis antara (2,1992 – 2,6749) ton/m<sup>3</sup> dan  $D_{50}$  antara (0,1395 – 0,4900) mm. Nilai tengah untuk  $D_{50} = 0,315$  mm.

### Bangunan Pantai

Beberapa bangunan pantai yang dijadikan kasus dalam membuat simulasi model analisis dampak lingkungan pada pantai kawasan pelabuhan sebagai berikut:

1. Jeti mempunyai data teknis:
  - Jumlah 1 buah
  - Panjang sekitar 40 m dan lebar sekitar 2 m
  - Kemiringan dasar 0,02
  - Kedalaman pada ujung laut sekitar 0,75 m
2. *Breakwater* (BW) Pelabuhan PPI Dadap mempunyai data teknis:
  - Jumlah 1 buah
  - Jarak dari garis pantai sekitar 240 m, dan dari garis datum pemodelan sekitar 295 m.
  - Lebar BW sekitar 200 m.
  - Dalam laut pada ujung BW sekitar 2,5 m.
3. *Seawall* mempunyai data teknis:
  - Jumlah 1 buah
  - Panjang sekitar 200 m.
4. Kedalaman laut lepas pantai sebagai input gelombang menuju bangunan sekitar 22 m.

Situasi bangunan sipil pada kawasan pantai Dadap dapat dibaca pada Gambar 6.



**Gambar 6**  
Grid Pemodelan Untuk Analisis Genesis  
(Jumlah grid 53 dan lebar per grid 20 m)

### **Gradasi Pantai untuk Analisis Genesis**

Dampak bangunan sipil terhadap kawasan lahan di Pantai Dadap Indramayu disimulasikan dengan analisis numerik menggunakan program komputer Genesis. Dalam simulasi menggunakan input data sebagai berikut:

1. Panjang garis pantai dalam simulasi numerik sekitar 1,06 km atau 1.060 m.
2. Pantai dibagi kedalam 53 *grid* atau segmen. Lebar untuk setiap *grid* 20 m, pada Gambar 6.
3. *Grid* ke-1 berada di bagian Barat pelabuhan, dan *grid* ke-53 berada pada bagian Timur, tepatnya sekitar 500 m dari *trestle* (jembatan) pelabuhan.
4. Bangunan Jeti pada *grid* ke-1 dan ke-2. *Seawall* berada diantara *grid* ke-21 dan *grid* ke-28. *Breakwater* berada diantara *grid* ke-23 sampai *grid* ke-34. *Trestle* pelabuhan berada diantara *grid* ke-28 dan *grid* ke-29.
5. Panjang *breakwater* 200 m, dan berada sekitar 240 m dari garis pantai.

6. Berdasarkan *wave rose*, kejadian gelombang dari arah Timur 45,67%, arah Utara 32,10%, arah Timur Laut 5,95%, dan dari arah Barat Laut sekitar 0,22%.
7. Ukuran sedimen litoral di perairan sekitar pelabuhan, untuk  $D_{50} = 0,315$  mm.
8. Gelombang hasil *hindcasting* data angin harian runtut waktu (*time series*) tahun 1994 – 2003.
9. Jarak datum mulai *grid* ke-1 hingga *grid* ke-53 dengan garis pantai asli atau initial bervariasi antara 39,6 m hingga 61 m.

## **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

### **Perubahan Lahan Kawasan Pantai**

Berdasarkan hasil simulasi numerik menggunakan program Genesis, terdeteksi dengan jelas pengaruh bangunan sipil: jeti, pelabuhan PPI dan *seawall* terhadap kawasan pantai di bagian kiri dan kanannya, seperti informasi yang dihasilkan pada Tabel 4, Tabel 5 dan Gambar 7.

Apabila membandingkan erosi (tanda minus) pada posisi garis pantai final, yang disampaikan pada Tabel 4 dan Tabel 5 dengan posisi garis pantai *initial* dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Antara *grid* 1 dan *grid* 16 akan terjadi erosi yang sangat besar. Jadi ada sekitar 16 *grid* x 20 m = 320 m panjang pantai yang akan hilang akibat erosi. Perhatikan grafik pada Gambar 7.
2. Antara *grid* 1 - *grid* 7, garis pantai akan mundur sejauh antara 37.7 m hingga mencapai 78 m.
3. Antara *grid* 8 dan *grid* 16, garis pantai akan mundur sejauh 42,6 m hingga 79,1 m. Artinya antara *grid* 1 dan 16 memerlukan langkah

pengamanan yang tepat, guna mencegah kehilangan lahan dan kerugian harta benda.

4. Antara *grid* 1g dan *grid* 53 akan terjadi akresi pantai akibat sedimentasi pada *grid* tersebut. Jadi ada sekitar 35 *grid* x 20 m = 700 m panjang pantai yang terkena sedimentasi.
5. Antara *grid* 18 dan *grid* 28, terjadi penambahan lahan pada pantai (akresi) antara 0,5 m hingga 111,8 m.
6. Antara *grid* 29 dan *grid* 53, terjadi penambahan lahan pada pantai (akresi) antara 1 m hingga 117,1 m.
7. Akresi terbesar terjadi pada *grid* 29 sebesar 117,1 m, sedangkan akresi yang terjadi pada *grid* 20 & 30 sebesar 111,8 m. *Seawall* berada antara *grid* 21 (ujung barat) dan *grid* 28 (trestle pelabuhan). *Grid* 17 dan *grid* 53 bernilai 0 (nol) artinya relatif tidak terjadi perubahan garis pantai pada *grid* ini.
8. Antara *grid* 30 dan *grid* 53, terjadi penambahan lahan pada pantai (akresi) sebesar antara 1,0 m hingga 111,9 m.
9. Bila memperhatikan grafik pada Gambar 7, dapat dideteksi bahwa bagian pantai yang terkena sedimentasi (penambahan lahan) hampir dua kali lebih besar dibanding yang terkena erosi (pengurangan lahan).

Dari simulasi Genesis juga diketahui bahwa persis pada pertemuan *trestle* dengan *breakwater* atau pada *grid* 28 dan *grid* 29, garis pantai akan maju sejauh 117,1 m. Pada titik ini posisi tersebut akan stabil. Mulai dari *grid* 28 ke arah barat garis pantai akan turun atau mundur hingga mencapai titik nol

atau tepat pada garis initial pada *grid* 17.

Selanjutnya erosi terus ke arah Barat hingga merubah garis pantai sejauh 79,1 m pada *grid* 8. Posisi garis pantai terus mengikuti pola erosi hingga berahir pada titik, dimana garis pantai initial berimpit dengan *groin* atau *jetty* pada *grid* 1.

Mulai *grid* 29 ke arah Timur posisi garis pantai terus mendekati posisi initial dan bertemu pada *grid* 52. Posisi garis pantai tersebut di atas adalah garis pantai stabil yang dihasilkan pada simulasi perubahan garis pantai secara numerik ini.

Memperhatikan posisi garis pantai maka dapat diketahui pengaruh bangunan sipil yang ada dalam simulasi terhadap garis pantai sebagai berikut:

- Menimbulkan atau menciptakan sedimentasi formasi salien atau tombolo di belakang pelabuhan PPI.
- Menimbulkan erosi di bagian Barat pelabuhan
- Perubahan posisi garis pantai bermula dari posisi initial, tahun ke-1 hingga tahun ke-9.
- Pada tahun ke-1 dan ke-2, perubahan masih relatif kecil. Tetapi mulai tahun ke-3 hingga posisi pantai final, perubahan posisi pantai tersebut sangat besar.
- Antara *grid* 1 sampai *grid* 16 garis pantai berada di belakang posisi initial, artinya terjadi erosi atau pengurangan lahan .
- Antara *grid* 18 sampai *grid* 52 posisi garis pantai berada di depan posisi *initial*, artinya terjadi akresi atau sedimentasi garis pantai.

### **Volume dan Debit *Litoral Drift***

Analisis numerik program Genesis menghasilkan pula output berupa volume dan debit *litoral drift* neto, yang dapat mengendap pada tempat tertentu

dan bergerak sejajar pantai sebagai berikut:

- Pada tahun ke-1 dan tahun ke-2, volume *litoral drift* neto besar dan menurun hingga tahun ke-9.
- Pada Antara *grid* 1 dan 4, volume *litoral drift* neto antara 10.197 m<sup>3</sup> hingga 12.046 m<sup>3</sup>, pada tahun ke-1, dan menjadi antara 2.850 m<sup>3</sup> hingga 3.014 m<sup>3</sup> pada tahun ke-9. Sedangkan debit *litoral drift* neto antara *grid* 1

dan *grid* 16 antara 12 m<sup>3</sup>/dt hingga 18 m<sup>3</sup>/dt.

- Antara *grid* 5 dan 16, volume *litoral drift* neto menurun dari 9.365 m<sup>3</sup> (*grid* 5) hingga menjadi 1.014 m<sup>3</sup> (*grid* 16) pada tahun ke-1. Tapi pada tahun ke-9, volume *litoral drift* neto pada *grid* 5 = 3.065 m<sup>3</sup>, dan 3.268 m<sup>3</sup> pada *grid* 12. Debit *litoral drift* neto antara 19 m<sup>3</sup>/dt hingga 21 m<sup>3</sup>/dt.

**Tabel 4.**  
**Perubahan Kawasan Pantai Dadap di Sekitar Pelabuhan PPI**

Grid	Posisi Garis Pantai Hasil Simulasi Program Genesis (m).										
	Initial	Setelah Tahun Ke-1	Setelah Tahun Ke-2	Setelah Tahun Ke-3	Setelah Tahun Ke-4	Setelah Tahun Ke-5	Setelah Tahun Ke-6	Setelah Tahun Ke-7	Setelah Tahun Ke-8	Setelah Tahun Ke-9	Final
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	38	25,8	13,3	1,5	0,2	-1,7	5,0	-3,4	-3,3	0,3	0,3
2	70	25,0	10,8	0,7	0,6	-1,5	1,5	-4,5	-4,0	-1,2	-1,2
3	70	24,4	8,5	- 0,1	0,2	-1,9	-0,7	-5,2	-4,7	-1,9	-1,9
4	70	23,8	6,6	- 1,2	-0,5	-2,7	-2,6	-5,8	-5,5	-2,6	-2,6
5	62	23,1	5,0	- 2,5	-1,6	-3,8	-4,7	-6,5	-6,3	-3,5	-3,5
6	66	22,3	3,7	- 3,8	-3,3	-5,0	-6,8	-7,2	-7,1	-4,6	-4,6
7	73	21,9	3,1	- 4,2	-4,3	-5,4	-8,0	-7,2	-7,1	-5,0	-5,0
8	74	21,6	3,0	- 4,2	-4,7	-5,4	-8,8	-6,7	-6,7	-5,1	-5,1
9	72	21,5	3,3	- 3,7	-4,6	-4,8	-8,9	-5,8	-5,8	-4,7	-4,7
10	69	21,6	4,1	- 2,6	-4,1	-3,8	-8,4	-4,4	-4,5	-3,8	-3,8
11	62	22,0	5,3	- 1,0	-2,9	-2,3	-7,2	-2,6	-2,7	-2,3	-2,3
12	60	22,6	7,0	1,2	-0,9	-0,1	-5,4	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1
13	60	23,5	9,0	4,0	1,7	2,7	-2,8	2,7	2,7	2,6	2,6
14	59	24,7	11,2	7,2	4,8	6,5	0,6	6,2	6,3	6,1	6,1
15	58	26,3	13,8	10,7	9,4	11,7	5,1	10,0	10,3	10,5	10,5
16	58	28,2	16,9	14,9	17,4	18,9	9,9	14,1	15,9	15,4	15,4
17	57	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0
18	56	56,0	56,2	56,7	56,0	56,0	59,0	59,6	58,6	56,5	56,5
19	55	56,0	60,3	63,0	59,1	62,5	66,0	65,5	65,9	63,3	63,3
20	53	59,3	64,8	68,7	68,8	71,0	73,0	71,7	72,6	70,3	70,3
21	54	62,9	70,0	75,0	76,4	78,5	80,2	78,4	80,0	77,6	77,6
22	55	67,0	75,7	81,9	84,0	86,0	87,7	85,7	88,0	85,4	85,4
23	54	71,5	81,9	89,6	92,4	94,2	96,0	93,5	96,8	93,8	93,8

Sumber: Hasil Analisis Menggunakan Program Genesis

**Tabel 4.**  
**Perubahan Kawasan Pantai Dadap di Sekitar Pelabuhan PPI (Lanjutan)**

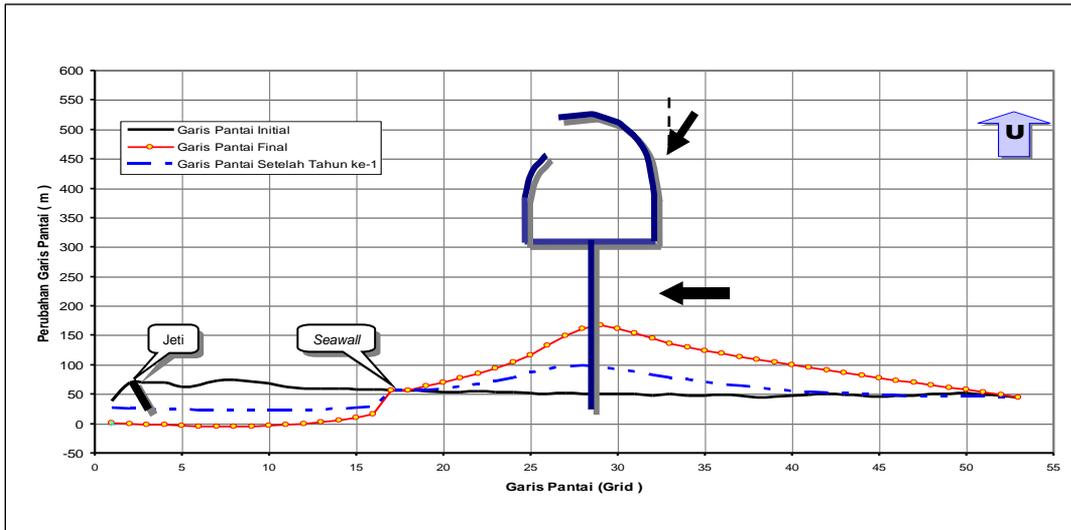
Grid	Posisi Garis Pantai Hasil Simulasi Program Genesis (m).										
	Initial	Setelah Tahun Ke-1	Setelah Tahun Ke-2	Setelah Tahun Ke-3	Setelah Tahun Ke-4	Setelah Tahun Ke-5	Setelah Tahun Ke-6	Setelah Tahun Ke-7	Setelah Tahun Ke-8	Setelah Tahun Ke-9	Final
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
24	53	78,0	89,4	98,4	102,5	103,7	105,5	102,5	106,8	103,9	103,9
25	52	85,7	99,2	109,2	113,8	115,0	117,8	115,1	119,3	116,9	116,9
26	50	93,0	110,3	119,4	126,4	127,4	131,8	130,8	132,8	132,6	132,6
27	52	97,2	101,9	127,8	137,9	139,4	144,4	146,2	145,1	149,1	149,1
28	50	97,9	121,7	132,5	145,7	147,5	153,0	156,7	154,3	161,8	161,8
29	50	95,9	120,2	132,6	145,2	150,5	154,7	159,4	158,2	167,1	167,1
30	50	92,3	115,7	129,6	141,0	146,7	151,5	155,6	155,6	161,9	161,9
31	50	87,6	109,8	124,1	135,2	140,3	145,9	148,5	149,9	153,9	153,9
32	48	82,4	103,4	117,2	128,2	133,1	139,5	139,8	142,8	144,7	144,7
33	50	77,5	97,2	110,3	121,6	125,8	133,1	131,5	135,3	136,2	136,2
34	48	73,6	91,7	105,3	115,3	120,2	127,3	125,8	129,9	129,8	129,8
35	48	70,0	86,7	100,3	109,6	114,6	121,8	120,5	124,4	124,2	124,2
36	49	66,5	82,1	95,6	104,3	109,2	116,5	115,3	119,0	119,0	119,0
37	47	63,2	78,0	91,0	99,5	104,1	111,3	110,3	113,7	113,9	113,9
38	44	60,3	74,3	86,6	95,0	99,3	106,0	105,3	108,4	108,9	108,9
39	46	57,6	71,0	82,5	90,7	94,6	101,0	100,5	103,3	104,0	104,0
40	48	55,2	68,0	78,5	86,6	90,3	96,1	95,9	98,3	99,3	99,3
41	49	53,1	65,3	74,9	82,7	86,1	91,3	91,4	93,4	94,6	94,6
42	50	51,4	62,8	71,5	78,8	82,2	86,8	87,2	88,8	90,2	90,2
43	49	49,9	60,6	68,4	75,1	78,5	82,4	83,1	84,3	85,8	85,8
44	47	48,6	58,5	65,4	71,6	74,9	78,3	79,1	80,0	81,6	81,6
45	46	47,6	56,6	62,7	68,3	71,4	74,2	75,2	75,8	77,4	77,4

Sumber: Hasil Analisis Menggunakan Program Genesis

**Tabel 4.**  
**Perubahan Kawasan Pantai Dadap di Sekitar Pelabuhan PPI (Lanjutan)**

Grid	Posisi Garis Pantai Hasil Simulasi Program Genesis (m).										
	Initial	Setelah Tahun Ke-1	Setelah Tahun Ke-2	Setelah Tahun Ke-3	Setelah Tahun Ke-4	Setelah Tahun Ke-5	Setelah Tahun Ke-6	Setelah Tahun Ke-7	Setelah Tahun Ke-8	Setelah Tahun Ke-9	Final
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
46	47	46,9	54,9	60,2	61,1	67,9	70,3	71,4	71,7	73,3	73,3
47	48	46,3	53,3	57,8	62,0	64,5	66,5	67,6	67,7	69,2	69,2
48	50	45,8	51,7	55,5	59,0	61,1	62,7	63,8	63,8	65,1	65,1
49	51	45,6	50,4	53,3	56,2	57,9	59,2	60,0	60,1	61,1	61,1
50	52	45,4	49,0	51,2	53,4	54,7	55,6	56,3	56,3	57,1	57,1
51	49	45,3	47,7	49,1	50,6	51,4	52,1	52,5	52,5	53,0	53,0
52	48	45,1	46,3	47,1	47,8	48,2	48,5	48,7	48,7	49,0	49,0
53	45	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0

Sumber: Hasil Analisis Menggunakan Program Genesis



**Gambar 7.**  
**Grafik Perkiraan Perubahan Kawasan Pantai Dadap di Sekitar Pelabuhan PPI.**

Sumber: Hasil Analisis Menggunakan Program Genesis.

**Tabel 5.**  
**Volume *Litoral Drift* (m<sup>3</sup>) dan Debit *Litoral Drift* (m<sup>3</sup>/detik)**

Grid	Volume <i>Litoral Drift</i> Neto ( m <sup>3</sup> )									Debit <i>Litoral Drift</i> ( x 100 m <sup>3</sup> /dt )
	Setelah Tahun Ke-1	Setelah Tahun Ke-2	Setelah Tahun Ke-3	Setelah Tahun Ke-4	Setelah Tahun Ke-5	Setelah Tahun Ke-6	Setelah Tahun Ke-7	Setelah Tahun Ke-8	Setelah Tahun Ke-9	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	-12046	-6036	-3666	-2717	-2612	-3137	-2683	-2388	-2850	0,0
2	-11828	-5809	-3454	-2694	-2576	-3260	-2530	-2390	-2914	0,12
3	-11018	-5554	-3272	-2691	-2537	-3315	-2422	-2398	-2964	0,16
4	-10197	-5267	-3118	-2697	-2499	-3337	-2341	-2408	-3014	0,18
5	-9365	-4957	-2977	-2711	-2458	-3339	-2283	-2414	-3065	0,19
6	-8665	-4632	-2842	-2727	-2420	-3324	-2249	-2418	-3115	0,19
7	-7878	-4297	-2708	-2735	-2389	-3292	-2242	-2420	-3159	0,20
8	-6957	-3960	-2575	-2733	-2369	-3245	-2258	-2421	-3197	0,21
9	-6014	-3626	-2445	-2725	-2357	-3184	-2294	-2421	-3226	0,21
10	-5105	-3299	-2318	-2709	-2353	-3110	-2349	-2421	-3246	0,22
11	-4252	-2983	-2198	-2682	-2359	-3028	-2419	-2420	-3261	0,21
12	-3532	-2683	-2084	-2648	-2370	-2939	-2503	-2418	-3268	0,21
13	-2858	-2402	-1981	-2610	-2384	-2843	-2507	-2416	-3270	0,21
14	-2201	-2141	-1891	-2569	-2403	-2743	-2697	-2416	-3267	0,21
15	-1584	-1898	-1819	-2527	-2432	-2638	-2796	-2418	-3265	0,20
16	-1014	-1673	-1762	-2505	-2473	-2519	-2883	-2426	-3267	0,20
17	-477	-1470	-1726	-2550	-2502	-2355	-2959	-2457	-3262	0,00
18	-477	-1470	-1726	-250	-2502	-2355	-2959	-2457	-3262	0,00
19	-477	-1474	-1734	-2537	-2502	-2410	-2968	-2440	-3221	0,18
20	-496	-1550	-1782	-2469	-2560	-2476	-2958	-2448	-3173	0,18
21	-609	-1650	-1853	-2470	-2599	-2513	-2934	-2460	-3131	0,17
22	-770	-1777	-1942	-2496	-2635	-2543	-2903	-2493	-3089	0,16
23	-987	-1932	-2053	-2535	-2672	-2574	-2867	-2535	-3042	0,13

Sumber: Hasil Analisis Menggunakan Program Genesis.

Keterangan: tanda minus artinya *litoral drift* menuju ke arah kiri pelabuhan atau ke arah Barat.

**Tabel 5.**  
**Volume Litoral Drift (m<sup>3</sup>) dan Debit Litoral Drift (m<sup>3</sup>/detik) - Lanjutan.**

Grid	Volume Litoral Drift Neto ( m <sup>3</sup> )									Debit Litoral Drift ( x 100 m <sup>3</sup> /dt )
	Setelah Tahun Ke-1	Setelah Tahun Ke-2	Setelah Tahun Ke-3	Setelah Tahun Ke-4	Setelah Tahun Ke-5	Setelah Tahun Ke-6	Setelah Tahun Ke-7	Setelah Tahun Ke-8	Setelah Tahun Ke-9	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
24	-1301	-2121	-2191	-2586	-2705	-2604	-2824	-2593	-2989	0,07
25	-1751	-2327	-2353	-2661	-2728	-2635	-2770	-2671	-2938	-0,01
26	-2359	-2569	-2532	-2745	-2749	-2685	-2722	-2745	-2896	-0,08
27	-3134	-2880	-2695	-2870	-2768	-2763	-2704	-2781	-2893	-0,08
28	-3947	-3271	-2855	-3053	-2793	-2854	-2736	-2761	-2965	-0,03
29	-4809	-3700	-3050	-3290	-2824	-2954	-2802	-2719	-3098	0,06
30	-5635	-4138	-3274	-3517	-2919	-3030	-2886	-2697	-3259	0,07
31	-6395	-4560	-3524	-3722	-3022	-3116	-2961	-2696	-3373	0,05
32	-7072	-4960	-3781	-3921	-3113	-3218	-3006	-2623	-3445	0,04
33	-7692	-5337	-4030	-4119	-3201	-3333	-3012	-2778	-3479	0,04
34	-8187	-5690	-4266	-4324	-3277	-3464	-2982	-2847	-3494	0,03
35	-8648	-6116	-4511	-4504	-3364	-3591	-2956	-2921	-3493	0,03
36	-9043	-6317	-4756	-4672	-3454	-3720	-2932	-2992	-3490	0,03
37	-9358	-6599	-4999	-4829	-3542	-3851	-2911	-3059	-3489	0,03
38	-9650	-6765	-5233	-4982	-3625	-3979	-2893	-3121	-3493	0,04
39	-9944	-7118	-5455	-5132	-3701	-4101	-2880	-3177	-3501	0,05
40	-10153	-7358	-5661	-5280	-3773	-4215	-2872	-3227	-3514	0,06
41	-10283	-7589	-5849	-5426	-3837	-4320	-2868	-3270	-3532	0,07
42	-10357	-7809	-6021	-5567	-3900	-4414	-2870	-3306	-3554	0,09
43	-10382	-8015	-6176	-5699	-3961	-4496	-2877	-3334	-3579	0,10
44	-10397	-8208	-6317	-5820	-4021	-4568	-2889	-3355	-3606	0,11
45	-10427	-8386	-6442	-5931	-4080	-4628	-2904	-3370	-3635	0,11

Sumber: Hasil Analisis Menggunakan Program Genesis.

Keterangan: tanda minus artinya litoral drift menuju ke arah kiri pelabuhan atau ke arah Barat.

**Tabel 5.**  
**Volume Litoral Drift (m<sup>3</sup>) dan Debit Litoral Drift (m<sup>3</sup>/detik) - Lanjutan.**

Grid	Volume Litoral Drift Neto ( m <sup>3</sup> )									Debit Litoral Drift ( x 100 m <sup>3</sup> /dt )
	Setelah Tahun Ke-1	Setelah Tahun Ke-2	Setelah Tahun Ke-3	Setelah Tahun Ke-4	Setelah Tahun Ke-5	Setelah Tahun Ke-6	Setelah Tahun Ke-7	Setelah Tahun Ke-8	Setelah Tahun Ke-9	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
46	-10456	-8548	-6551	-6031	-4136	-4679	-2922	-3381	-3663	0,12
47	-10454	-8692	-6647	-6139	-4186	-4723	-2942	-3388	-3691	0,12
48	-10422	-8818	-6728	-6195	-4231	-4759	-2962	-3391	-3717	0,12
49	-10347	-8925	-6796	-6258	-4269	-4788	-2980	-3393	-3739	0,12
50	-10250	-9011	-6849	-6309	-4300	-4811	-2999	-3394	-3758	0,13
51	-10132	-9076	-6888	-6348	-4323	-4828	-3007	-3394	-3772	0,13
52	-10064	-9119	-6914	-6374	-4328	-4839	-3015	-3394	-3782	0,13
53	-10013	-9141	-6927	-6387	-4346	-4845	-3019	-3394	-3787	0,13

Sumber: Hasil Analisis Menggunakan Program Genesis.

Keterangan: tanda minus artinya litoral drift menuju ke arah kiri pelabuhan atau ke arah Barat.

- Antara grid 17 dan 23, volume litoral drift netto antara 477 m<sup>3</sup> hingga 987 m<sup>3</sup> pada tahun ke-1. Tapi pada tahun ke-9, litoral drift netto menjadi antara 3.262 m<sup>3</sup> hingga 3.042 m<sup>3</sup>. Debit litoral drift netto antara grid 17 dan grid 23 antara 0,00 m<sup>3</sup>/dt hingga 18 m<sup>3</sup>/dt.
- Antara grid 24 dan 39, volume litoral drift netto naik dari 1.301 m<sup>3</sup> (grid 24) hingga menjadi 9.944 m<sup>3</sup> (grid 39) pada tahun ke-1. Tapi pada tahun ke-9, volume litoral drift netto antara

2.989 m<sup>3</sup> hingga 3.501 m<sup>3</sup>. Debit *litoral drift* neto diantara -1.0 m<sup>3</sup>/dt hingga 9 m<sup>3</sup>/dt.

- Antara *grid* 40 dan 53, volume *litoral drift* neto antara 10.153 m<sup>3</sup> dan 104,56 m<sup>3</sup> pada tahun ke-1. Tapi pada tahun ke-9 naik dari 3.501 m<sup>3</sup> pada *grid* 40 dan 3.787 m<sup>3</sup> pada *grid* 53. Debit *litoral drift* neto diantara 10 m<sup>3</sup>/dt hingga 13 m<sup>3</sup>/dt.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil simulasi numerik menggunakan program Genesis (*generalized model for simulating shoreline change*) dapat diambil kesimpulan bahwa Pelabuhan PPI Lepas Pantai Dadap sebagai berikut:

1. Pantai yang berada persis di belakang pelabuhan mengalami sedimentasi atau akresi berbentuk salien. Panjang pantai yang mengalami sedimentasi sekitar 700 m (antara *grid* 18 sampai *grid* 53 atau sekitar 3 *grid* x 20 m), dan akresi terbesar sekitar 117,1 m (pada *grid* 29 atau tepat pada *trestle*).
2. Pantai di sebelah Barat pelabuhan mengalami erosi. Panjang pantai yang akan terkena erosi sekitar 320 m (antara *grid* 1 sampai *grid* 16 atau sekitar 16 *grid* x 20 m), dan kejadian garis pantai yang mundur terbesar sekitar 79,1 m (pada *grid* 8).
3. Gerakan sedimen dari kiri menuju ke arah kanan pelabuhan atau dari arah Timur ke arah Barat. Debit *litoral drift* neto antara 1 m<sup>3</sup>/dt – 20 m<sup>3</sup>/dt.
4. Tembok laut (*seawall*) sepanjang sekitar 200 m, yang dibangun mulai dari *trestle* ke arah Barat pelabuhan, tepatnya antara *grid* 21

hingga *grid* 28 belum mampu mencegah laju erosi pada pantai. Demikian juga *groin* sebagai *headland* di bagian Barat pelabuhan, juga belum mampu menahan laju erosi.

### Saran

Untuk mencegah laju dampak di kawasan pantai Dadap sekitar pelabuhan PPI disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Memperpanjang *seawall* yang ada ke arah Barat hingga menutup bagian pantai yang akan terkena erosi. Cara ini diterapkan apabila di daratan dekat pantai sudah dipenuhi oleh rumah dan bangunan lainnya.
2. Memperpanjang *seawall* dengan *revetment* material alam atau buatan, apabila di bagian daratan pantai belum dipenuhi oleh rumah dan bangunan.
3. Membuat *detached breakwaters* apabila membutuhkan tambahan garis pantai. Penerapan cara ini sebaiknya dibahas bersama masyarakat nelayan, dan menjadi keputusan bersama. Daratan yang terbentuk antara pantai dan *breakwater* dapat ditanami dengan pohon mangrove.
4. Melakukan studi identifikasi kondisi pantai yang sebenarnya dan lebih mendetil pada pantai sebelah Barat pelabuhan, dengan tujuan mengetahui faktor teknis dan non-teknis penanganan lebih lanjut.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmojo (1999)., Teknik Pantai., Edisi Kedua., Beta Offset Yogyakarta.
- Bappeda Kab. Indramayu – Puslitbang Pengairan (2000)., Laporan Survei dan Pengamatan Data Topografi,

- Bathimetri dan Hidro Oseanografi., Final Report, Desember 2002.
- Dahuri, Rokhmin M.S; Rais, Jacob; Putra, Sapta Ginting; M.J. Sitepu (2001)., Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu., Cetakan Kedua (edisi revisi). Penerbit PT. Pradnya Parameta Jakarta.
- Hang Tuah, S ( .. ), Mekanisme Abrasi dan Sedimentasi di Pantai. Program Studi Teknik Kelautan ITB.
- Hang Tuah, S ( .. ), Teori Gelombang., Program Studi Teknik Kelautan ITB.
- Hang Tuah, S ( .. ), Sistem Proteksi Erosi Pantai., Program Studi Teknik Kelautan Institut Teknologi Bandung.
- Hanson, Hans; C. Kraus, Nicholas (1989)., *Genesis: Generalized Model For Simulating Shoreline Change*., Technical Report CERC-89-19. December 1989.
- Syamsudin (2001)., Pengamanan Pantai Dengan Cara Pengisian Pasir., *Workshop on Integrated Bali Beach Conservation Program*, Denpasar Bali.
- Syamsudin (2003)., Diktat Kuliah Teknik Rekayasa Pantai., MPPSDA ITB – Dep. Kimpraswil.
- US Army Corps of Engineers (...), Shore Protection Manual, Volume I*., Washington D.C., Government Printing Office.
- US Army Corps of Engineers (1992), Coastal Groins and Nearshore Breakwater. Engineering Manual*., Washington D.C., Government Printing Office.