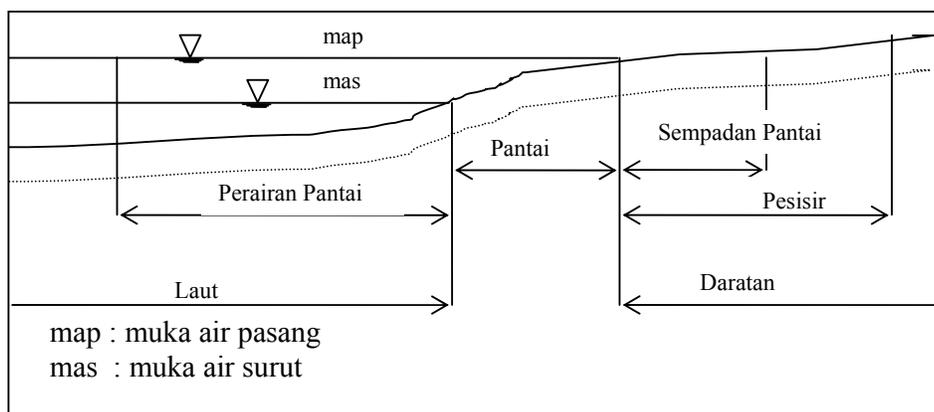


BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Definisi Pantai

Istilah pantai sering rancu dalam pemakainya antara pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Definisi pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air laut. Sedang pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pantai. Daerah lautan adalah daerah diatas dan dibawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai pasang surut air laut dan erosi yang terjadi. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai.



Sumber : Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo, hal 2

Gambar 2.1 Definisi daerah pantai

2.2 Jenis Pantai

Menurut Francis P. Shepard tahun 1937 pantai diklasifikasikan menjadi :

A. Pantai Primer (terbentuk dari bukan perantara laut)

1. *Land erosion coast*

Terjadi akibat pendangkalan estuari atau tenggelamnya daratan akibat naiknya muka air laut yang disebabkan melelehnya es .

2. *Subaerial deposition coast*

Endapan di pantai dapat berupa lumpur, pasir, glasial dan longsoran tanah. Lumpur biasanya terjadi di daerah yang terdapat banyak sungai, endapan pasir disebabkan oleh angin, sedang glasial pada daerah yang mempunyai sungai es.

3. *Volcanic coast*

Terjadi akibat aliran lava letusan gunung, dapat dilihat melalui kontur tanah yang berbentuk cembung pada pantai atau cekungan disamping gunung berapi.

4. *Ice coast*

Berbagai tipe gletser membentuk pantai ini khususnya di Antartika

B. Pantai Sekunder (terbentuk dari perantara laut, organisme laut)

1. *Wave erosion coast*

Ombak akan membentuk pantai dengan menghilangkan material yang lemah kemudian meninggalkan material yang kuat.

2. *Marine deposition coast*

Pantai ini terjadi akibat adanya ombak dan arus, biasanya pada pantai ini terdapat penghalang pantai (*barrier*).

3. *Coast built by organism*

Pantai ini terjadi akibat aktivitas organisme biologis yang terdapat pada rawa, batu karang, dan mangrove.

2.3 Penyebab Kerusakan Pantai

Sebelum menentukan metode yang akan dipilih untuk penanganan kerusakan pantai harus terlebih dulu kita ketahui penyebab terjadinya kerusakan pantai, dan akibat kerusakan pantai tersebut untuk jangka waktu dekat atau untuk masa yang akan datang. Walaupun sebagian besar kerusakan pantai akibat gelombang dan badai, tetapi kerusakan akibat campur tangan manusia dan akibat alami juga sangat berpengaruh.

A. Penyebab alami

1. Kenaikan muka air laut

Terjadinya kenaikan muka air laut relatif terhadap daratan di muka bumi dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan erosi pantai dan kerusakan properti di pantai.

2. Berubahnya suplai sedimen ke arah pantai.

Perubahan pola cuaca dan musim di bumi mengakibatkan kekeringan pada bulan-bulan tertentu sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya banjir dan suplai sedimen dari sungai ke arah pantai berkurang, mengakibatkan terjadinya erosi di pantai.

3. Gelombang badai.

Akibat gelombang yang besar, maka pasir akan terdorong ke arah pantai (*onshore transport*) dan berpindah tempat di daerah pantai, tetapi kemudian setelah datang gelombang biasa datang, pasir tersebut akan kembali tertarik ke bagian laut yang lebih dalam (*offshore transport*).

4. Gelombang dan ombak *overwash*

Ombak *overwash* terjadi saat ombak sangat besar dan badai sehingga menghasilkan gelombang yang besar dan berputar-putar ketika sampai ke pantai sehingga mengakibatkan berpindahnya sedimen pantai.

5. *Deflasi*

Deflasi yaitu berpindahnya material pantai (sedimen) akibat angin sehingga mengakibatkan erosi. Sedimen yang terangkut oleh angin dapat membentuk gundukan di sebelah pantai arah daratan yang di sebut *dune*.

6. Transpor sedimen sejajar garis pantai

Transpor sedimen sejajar garis pantai terjadi akibat gelombang yang datang membentuk sudut tertentu terhadap garis pantai. Sedimen yang dibawa gelombang ini akan di endapkan di tempat lain sejajar garis pantai dan mengakibatkan erosi pada daerah asal sedimen tersebut.

7. Faktor biologis.

Jika organisme melakukan penggalian pada karang laut sehingga pada jangka waktu yang lama akan menimbulkan kerusakan pada karang.

B. Penyebab campur tangan manusia

1. Pengalihan sungai

Pengalihan sungai untuk keperluan pertanian dapat mengurangi suplai sediment. Sedimen akan tertangkap di hulu sungai sehingga delta sungai akan terkena erosi

2. Pembangunan *dam* atau *reservoir*

Berkurangnya sedimen ke pantai dari sungai di akibatkan pembangunan waduk (*dam*) atau *reservoir*. Sungai merupakan sumber utama yang menghasilkan sedimen. Dengan adanya penangkap sedimen di waduk, maka sedimen tidak sampai ke daerah pantai. Jika sedimen baru tidak ada maka terjadi penyusutan dan erosi pada pantai.

3. Bangunan pelindung pantai dan pengontrol erosi

Setiap pembangunan struktur pantai seperti *jetty* dan *groin* pada daerah pantai dapat menyebabkan efek sedimen lokal yang jaraknya sampai beberapa kilometer.

4. Perusakan perlindungan alami pantai

Perusakan bukit pasir (*dunes*) dan vegetasi pantai dapat mempercepat terjadinya erosi karena mengubah pola pemecahan energi oleh pantai terhadap gelombang.

5. Pengurukan pantai

Perbaikan pantai tanpa bangunan pelindung seperti pengisian pasir pantai dengan alat berat dari *offshore* ke lokasi. Pekerjaan ini memerlukan perencanaan dan desain yang matang dan memperhatikan prosedur geologi.

6. Penambangan

Penambangan dapat mengurangi sedimen, merusak bukit pasir dan komunitas biologi pantai. Penambangan dapat menyebabkan erosi dengan meningkatkan terbawanya sedimen ke laut oleh sungai.

2.4 Aspek Hidro-Oseanografi

2.4.1 Angin

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang.

Tinggi dan perioda gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembus angin (D), Arah angin, dan *fetch* (F). *Fetch* adalah daerah dimana kecepatan angin adalah konstan sedangkan arah angin dianggap konstan bila perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/d) terhadap kecepatan rerata.

A. Distribusi kecepatan angin

Untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang diukur pada elevasi $y = 10$ m. Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin harus dikonversikan pada elevasi tersebut. Untuk y lebih kecil dari 20 m dapat menggunakan persamaan berikut :

$$U(10) = U(y) (10/y)^{1/7} \quad (\text{Triatmodjo, hal:151, 1999})$$

Dimana :

- U : kecepatan angin
y : elevasi terhadap permukaan air

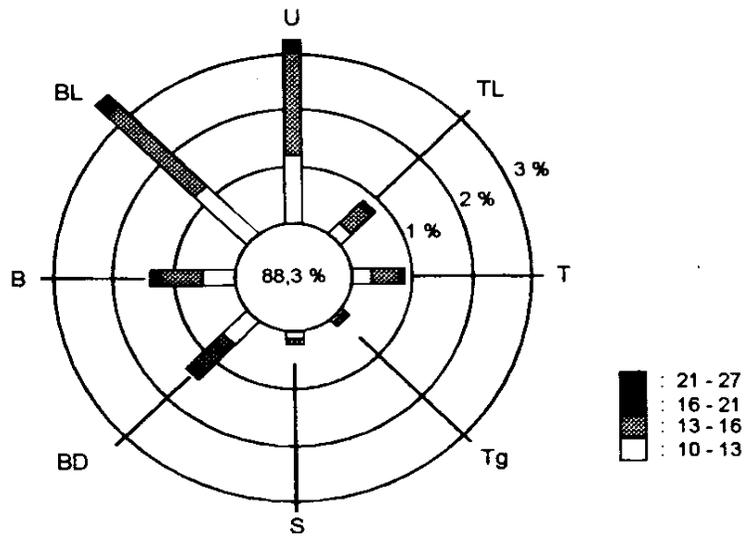
B. Data Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut (menggunakan kapal yang sedang berlayar) atau pengukuran di darat (di lapangan terbang) di dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin laut. Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5 m/d. Data angin dicatat tiap jam dan biasanya disajikan dalam bentuk tabel. Dengan pencatatan angin jam-jaman tersebut dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian..

Data angin yang diperlukan merupakan hasil pengamatan beberapa tahun. yang disajikan dalam bentuk tabel dengan jumlah data yang sangat besar. Kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel (ringkasan) atau diagram yang disebut dengan mawar angin.

Tabel 2.1. Data presentasi kejadian angin

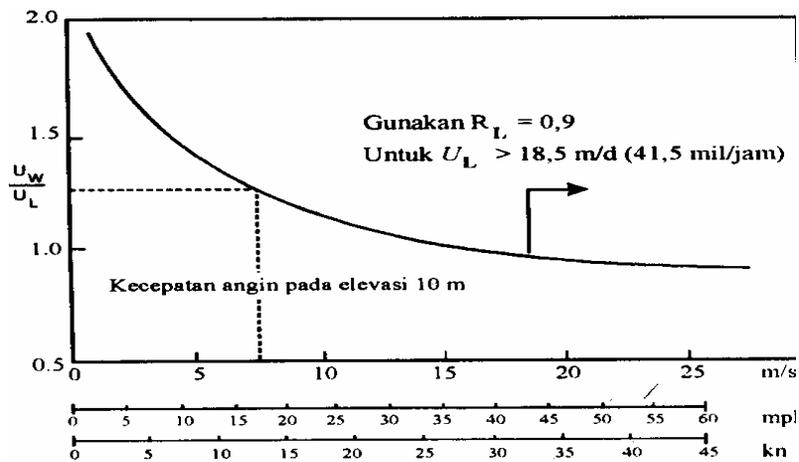
Kecepatan (knot)	Arah Angin							
	U	TL	T	Tg	S	BD	B	BL
0-10	88,3 %							
10-13	1,23	0,27	0,32	0,06	0,08	0,6	0,56	1,35
13-16	1,84	0,40	0,48	0,08	0,13	0,7	0,70	2,03
16-21	0,17	0,07	0,08	0,01	0,01	0,12	0,12	0,20
21-27	0,01	-	-	-	-	0,03	0,03	-



Gambar 2.2. Mawar angin

C. Konversi Kecepatan Angin

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, padahal rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada diatas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin di lokasi stasiun angin ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin diatas laut dan angin diatas daratan terdekat diberikan oleh $R_L = U_w/U_L$ seperti dalam Grafik 2.1.



Grafik 2.1 Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat

Rumus-rumus dan grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel U_A yaitu faktor tegangan angin (*wind-stress factor*) yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut:

$$U_A = 0,71 (U)^{1,23} \quad (\text{Triatmodjo, hal:155, 1999})$$

Dimana :

U_L : kecepatan angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi

U : kecepatan angin

D. *Fetch*

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukkan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. *Fetch* rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut :

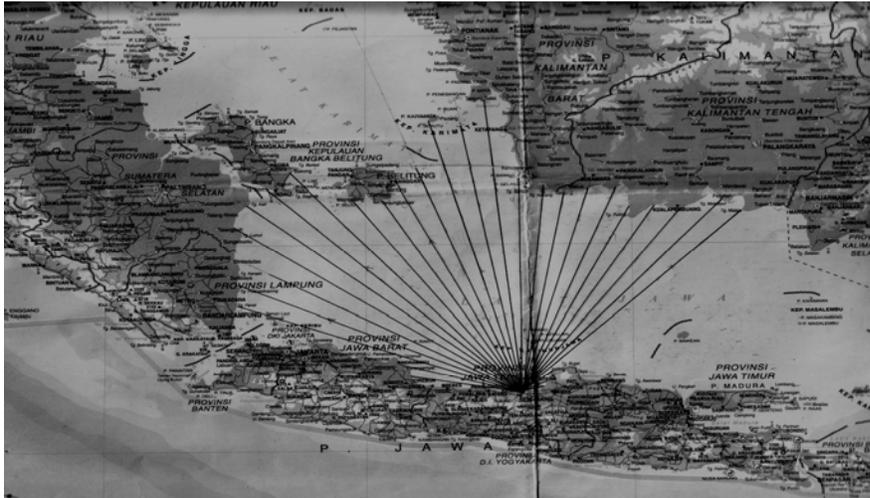
$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (\text{Triatmodjo, hal:155, 1999})$$

Dengan :

F_{eff} : *fetch* rerata efektif

X_i : panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang keujung akhir *fetch*

α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 2.3. *Fetch*

2.4.2 Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Peramalan gelombang di laut dalam dengan menggunakan grafik peramalan gelombang berdasarkan *wind stress factor* dan panjang *fetch*. Dari grafik peramalan gelombang, tinggi, durasi dan periode gelombang signifikan dapat diketahui. Berikut ini adalah grafik peramalan gelombang.

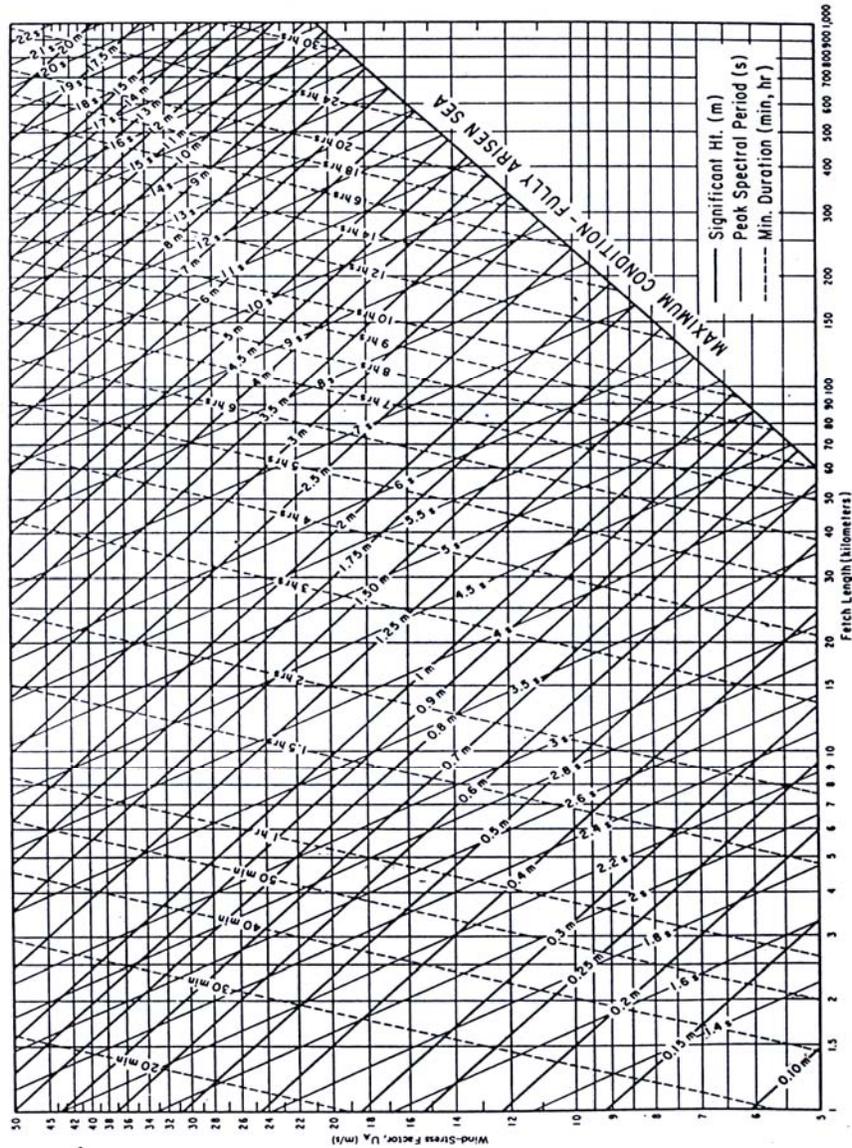


Figure 3-23. Nomograms of deepwater significant wave prediction curves as functions of windspeed, fetch length, and wind duration (metric units).

Grafik 2.2 Grafik Peramalan Gelombang

2.4.3 Gelombang

Gelombang dilaut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada daya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda – benda langit terutama

matahari dan bulan, gelombang tsunami karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, dan lain sebagainya. Diantara beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam teknik pantai adalah gelombang angin dan gelombang pasang surut.

Pada umumnya bentuk gelombang sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidaklinieran, tiga dimensi dan bentuknya yang random. Teori yang ada hanya untuk menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan dari alam. diantaranya adalah teori Airy, Stokes, Gerstner, Mich, Knoidal dan Tunggal. Teori gelombang Airy merupakan teori gelombang amplitude kecil, sedangkan teori gelombang yang lain adalah gelombang amplitude terbatas (*finite amplitude waves*)

2.4.3.1. Teori Perhitungan Gelombang

1. Teori Gelombang Airy

Teori Gelombang Airy (teori amplitude kecil) diturunkan berdasarkan persamaan Laplace untuk aliran tak rotasi (*irrotational flow*) dengan kondisi batas di dasar laut dan di permukaan air..

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang L, (d/L), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam dapat dilihat pada tabel 2.2 yaitu :

Tabel 2.2. Klasifikasi Gelombang Menurut Teori Gelombang Linier (Airy)

Klasifikasi	Gelombang dilaut dangkal	Gelombang di laut transisi	Gelombang di laut dalam
d/L	$d/L \leq 1/20$	$1/20 < d/L < 1/2$	$d/L \geq 1/2$
Cepat rambat gelombang	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]$	$C = C_o = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
Panjang Gelombang	$L = T\sqrt{gd}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]$	$L = L_o = \frac{gT^2}{2\pi}$

2. Teori Gelombang Stokes.

Teori stokes mengembangkan teori orde kedua untuk gelombang yang mempunyai tinggi gelombang kecil tetapi berhingga. Beberapa karakteristik pengerjaan teori gelombang stokes diberikan berikut ini :

a) Panjang dan kecepatan rambat gelombang.

Panjang dan kecepatan rambat gelombang untuk teori gelombang stokes sama dengan teori gelombang Airy yaitu :

Cepat rambat gelombang :

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (\text{Triatmodjo, hal:43, 1999})$$

Panjang gelombang :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (\text{Triatmodjo, hal:43, 1999})$$

b) Fluktuasi muka air

Persamaan muka air untuk teori orde kedua adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma) + \frac{\pi H^2}{8L} \frac{\cosh kd}{\sinh^3} (2 + \cosh 2kd) \cos 2(kx - \sigma) \quad (\text{Triatmodjo, hal:44, 1999})$$

c) Kecepatan partikel.

Komponen kecepatan partikel dalam arah x dan y mempunyai bentuk berikut :

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^4 kd} \cos 2(kx - \sigma) \quad (\text{Triatmodjo, hal:44, 1999})$$

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh k(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\sinh 2k(d+y)}{\sinh kd} \sin 2(kx - \sigma) \quad (\text{Triatmodjo, hal:44, 1999})$$

d) Perpindahan (*displacement*) partikel.

Persamaan orde kedua dari perpindahan partikel terhadap posisi rerata untuk gelombang amplitudo berhingga mempunyai bentuk berikut ini.

$$\xi = \frac{H}{2} \frac{\cosh kd(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma) + \frac{\pi H^2}{8L} \frac{1}{\sinh^2 kd} \left[1 - \frac{3}{2} \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^2 kd} \right] \sin 2(kx - \sigma) + \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 \frac{Ct}{2} \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^2 kd} \quad (\text{Triatmodjo, hal:45, 1999})$$

$$\varepsilon = \frac{H}{2} \frac{\sinh k(d+y)}{\sinh kd} + \frac{3}{16} \frac{\pi H^2}{L} \frac{\sinh 2k(d+y)}{\sinh^4 kd} \cos 2(kx - \sigma) \quad (\text{Triatmodjo, hal:45, 1999})$$

e) Kecepatan transpor massa

Kecepatan transpor massa adalah kecepatan gerak partikel rerata dalam arah penjalaran yang dihitung dari jarak partikel berpindah dalam satu periode gelombang dibagi dengan periode gelombang.

$$U_{(y)} = \left[\frac{\pi H}{L} \right]^2 \frac{C}{2} \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^2 kd} \quad (\text{Triatmodjo, hal:46, 1999})$$

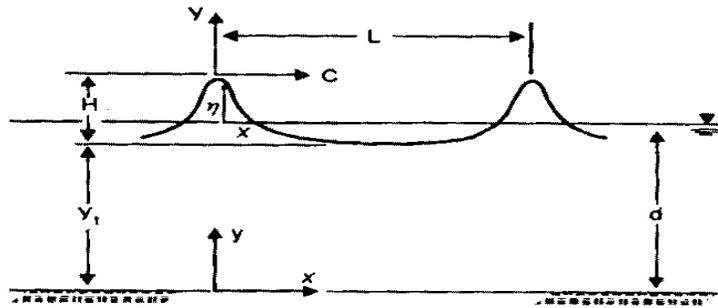
f) Tekanan gelombang

Distribusi tekanan gelombang pada kedalaman air diberikan oleh bentuk berikut :

$$p = \rho g \frac{H}{2} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \sigma) - \rho g y + \frac{3}{8} \rho g \frac{\pi H^2}{L} \frac{\tanh kd}{\sinh^2 kd} \left\{ \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^2 kd} - \frac{1}{3} \right\} \cos 2(kx - \sigma) - \frac{1}{8} \rho g \frac{\pi H^2}{L} \frac{\tanh kd}{\sinh^2 kd} [\cosh 2k(d+y) - 1] \quad (\text{Triatmodjo, hal:45, 1999})$$

3. Teori Gelombang Knoidal.

Teori gelombang knoidal merupakan teori gelombang amplitudo berhingga yang cocok di gunakan pada perairan dangkal dengan perbandingan $d/l < 1/8$. Gelombang knoidal adalah gelombang periodik yang biasanya mempunyai puncak tajam yang dipisahkan oleh lembah yang cukup panjang.



Gambar 2.4. Gelombang knoidal

Ordinat dari permukaan air y_s diukur terhadap dasar diberikan oleh :

$$y_s = y_t + H.cn^2 \left\{ 2K(k) \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right), k \right\} \quad (\text{Triatmodjo, hal:50, 1999})$$

Dengan :

y_t : jarak dari dasar ke lembah gelombang

Cn : fungsi cosinus elips

$K(k)$: integral elips

k : modulus dari integral elips. (nilai k berkisar antara 0 – 1)

Jarak dari dasar ke lembah gelombang (y_t) adalah :

$$\frac{y_t}{yc} = \frac{yc}{d} - \frac{H}{d} = \frac{16d^2}{3L^2} K(k) \{ K(k) - E(k) \} + 1 - \frac{H}{d} \quad (\text{Triatmodjo, hal:50, 1999})$$

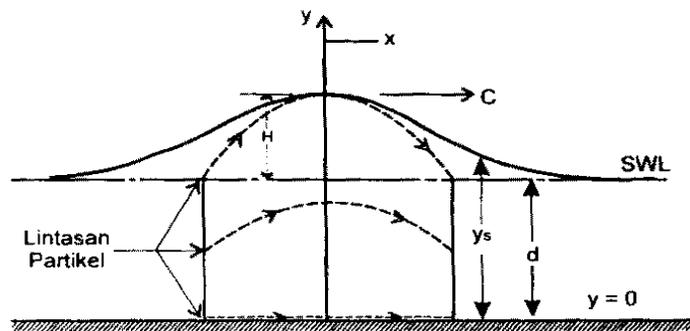
Dengan yc adalah jarak dari dasar ke puncak gelombang.

Panjang gelombang di berikan oleh rumus :

$$L = \sqrt{\frac{16d^3}{3H}} k.K(k) \quad (\text{Triatmodjo, hal:50, 1999})$$

4. Teori Gelombang Tunggal (*Solitary Wave*)

Gelombang tunggal adalah gelombang berjalan yang terdiri dari satu puncak gelombang. Apabila Gelombang memasuki perairan yang sangat dangkal, amplitudo gelombang menjadi semakin tinggi, puncaknya menjadi semakin tajam dan lembahnya menjadi semakin datar. Gelombang tunggal merupakan gelombang translasi, di mana kecepatan partikel air hanya bergerak dalam arah penjalaran gelombang.



Gambar 2.5. Gelombang tunggal

Persamaan dari koordinat diatas adalah :

$$y_s = d + H \operatorname{sech}^2 \left\{ \sqrt{\frac{3}{4} \frac{H}{d^3}} (x - Ct) \right\} \text{ atau}$$

$$\eta = H \operatorname{sech}^2 \left\{ \sqrt{\frac{3}{4} \frac{H}{d^3}} (x - Ct) \right\} \quad (\text{Triatmodjo, hal:60, 1999})$$

Dimana sumbu x berawal dari puncak gelombang.

Kecepatan rambat gelombang memiliki bentuk seperti berikut :

$$C = \sqrt{g(H + d)} \quad (\text{Triatmodjo, hal:61, 1999})$$

Kecepatan partikel gelombang diberikan oleh :

$$u = CN \frac{1 + \cos(My/d) \cosh(Mx/d)}{\{\cos(My/d) + \cosh(Mx/d)\}^2}$$

$$v = CN \frac{\sin(My/d) \sinh(Mx/d)}{\{\cos(My/d) + \cosh(Mx/d)\}^2} \quad (\text{Triatmodjo, hal:61, 1999})$$

Dengan M dan N adalah fungsi H/d seperti di berikan pada gambar 2.11 dan y diukur dari dasar. Kecepatan horisontal u sering dipergunakan untuk memprediksi gaya gelombang pada bangunan pantai di air dangkal. Kecepatan maksimum Umaks terjadi apabila x = t = 0, sehingga :

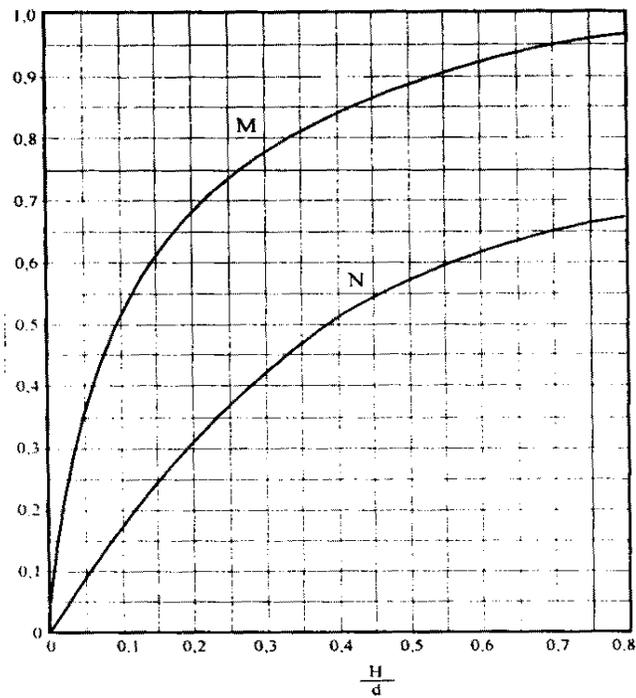
$$U_{maks} = \frac{CN}{1 + \cos(My/d)} \quad (\text{Triatmodjo, hal:61, 1999})$$

Energi gelombang total tiap satuan lebar :

$$E = \frac{8}{3\sqrt{3}} \cdot \rho \cdot g \cdot H^{3/2} d^{3/2} \quad (\text{Triatmodjo, hal:61, 1999})$$

Tekanan Gelombang diberikan oleh bentuk :

$$P = \rho \cdot g \cdot (yc - y) \quad (\text{Triatmodjo, hal:61, 1999})$$



Grafik 2.3 Fungsi M dan N pada teori gelombang tunggal

2.4.3.2. Deformasi Gelombang

Deretan gelombang yang bergerak menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah.

1. Gelombang Laut Dalam Ekivalen

Analisis transformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekivalen yaitu tinggi gelombang di laut dalam jika tidak mengalami refraksi. Tinggi gelombang laut dalam ekivalen diberikan dalam persamaan :

$$H'_0 = K' K_r H_0 \quad (\text{Triatmodjo, hal:66, 1999})$$

Dimana :

H'_0 = tinggi gelombang laut dalam ekivalen

H_0 = tinggi gelombang laut dalam

K' = koefisien difraksi

K_r = koefisien refraksi

2. Wave Shoaling dan Refraksi

Akibat dari pendangkalan (*wave shoaling*) dan refraksi (berbeloknya gelombang akibat perubahan kedalaman) persamaan gelombang laut dalam menjadi :

$$H = K_s K_r H_0$$

$$K_s = \frac{H}{H'_0}$$

$$\frac{H}{H_0} = \frac{H}{H'_0} K_r$$

$$\frac{H_0}{H_0} = K_r \quad \text{sehingga } H'_0 = K_r H_0 \quad (\text{Triatmodjo, hal:70, 1999})$$

Dimana :

K_s = Koefisien pendangkalan (K_s bisa didapat langsung dari tabel fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L_0)

K_r = koefisien refraksi

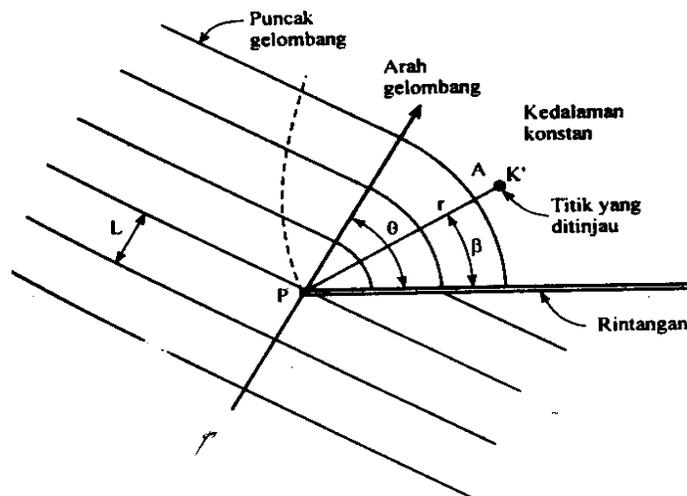
$$= \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$$

α_0 = sudut antara garis puncak gelombang dengan dasar dimana gelombang melintas

α = sudut yang sama yang diukur saat garis puncak gelombang melintas kontur dasar berikutnya.

3. Difraksi

Difraksi gelombang terjadi bila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya..



Gambar 2.6. Difraksi gelombang dibelakang rintangan

Pada rintangan (pemecah gelombang) tunggal, tinggi gelombang disuatu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tersebut terhadap ujung rintangan r , sudut antara rintangan dan garis garis yang menghubungkan titik tersebut dengan ujung rintangan β , dan sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan θ . Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi K' .

$$H_A = K' H_p \quad (\text{Triatmodjo, hal:80, 1999})$$

$$K' = f(\theta, \beta, r/L) \quad (\text{Triatmodjo, hal:80, 1999})$$

Dengan A adalah titik yang ditinjau di belakang rintangan dan P adalah ujung pemecah gelombang. Nilai K' untuk α, β dan r/L tertentu diberikan dalam tabel A

4. Gelombang pecah

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Di laut dalam kemiringan gelombang maksimum dimana gelombang mulai tidak stabil diberikan oleh bentuk berikut :

$$\frac{H_0}{L_0} = \frac{1}{7} = 0,142 \quad (\text{Triatmodjo, hal:94, 1999})$$

Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah dalam kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah (d_b). Kedalaman gelombang pecah diberi notasi (d_b) dan tinggi gelombang pecah H_b . Rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah diberikan dalam persamaan berikut ini :

$$\frac{H}{H_0'} = \frac{1}{3,3(H_0'/L_0)'^{1/3}}$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \quad (\text{Triatmodjo, hal:94, 1999})$$

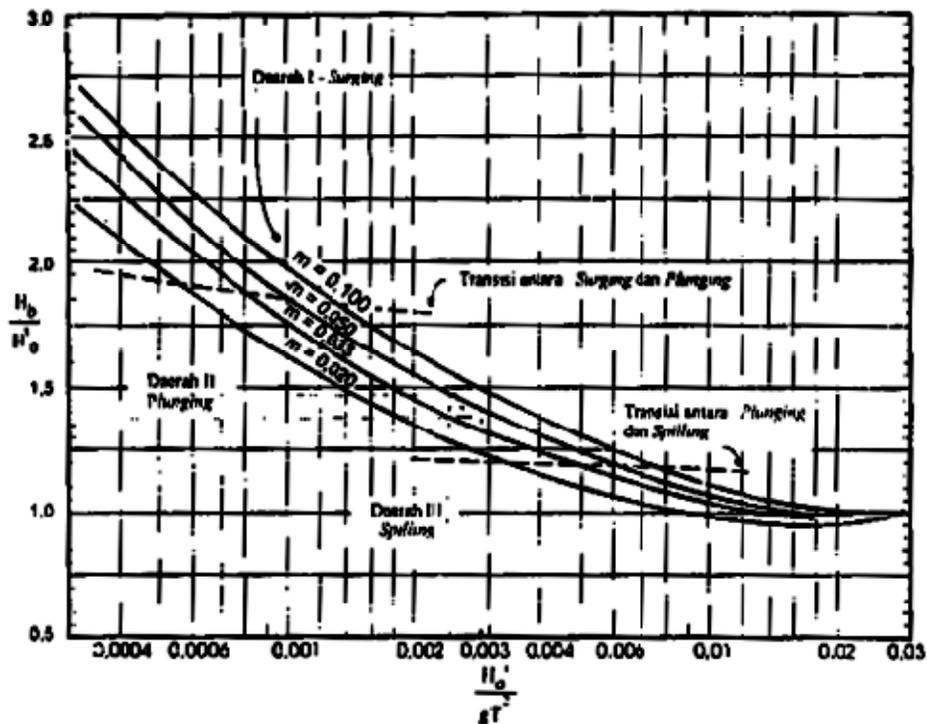
Parameter H_b/H_0' disebut dengan indek tinggi gelombang pecah. Pada grafik 2.4 menunjukkan hubungan antara H_b/H_0' dan H_b/L_0' untuk berbagai kemiringan dasar laut. Sedang grafik 2.5 menunjukkan hubungan antara d_b/H_b dan H_b/gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar. Grafik 2.5 dapat ditulis dalam bentuk rumus sebagai berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b / gT^2)} \quad (\text{Triatmodjo, hal:95, 1999})$$

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43,75 (1 - e^{-19m})$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (\text{Triatmodjo, hal:95,1999})$$



Grafik 2.4 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah (H_b)

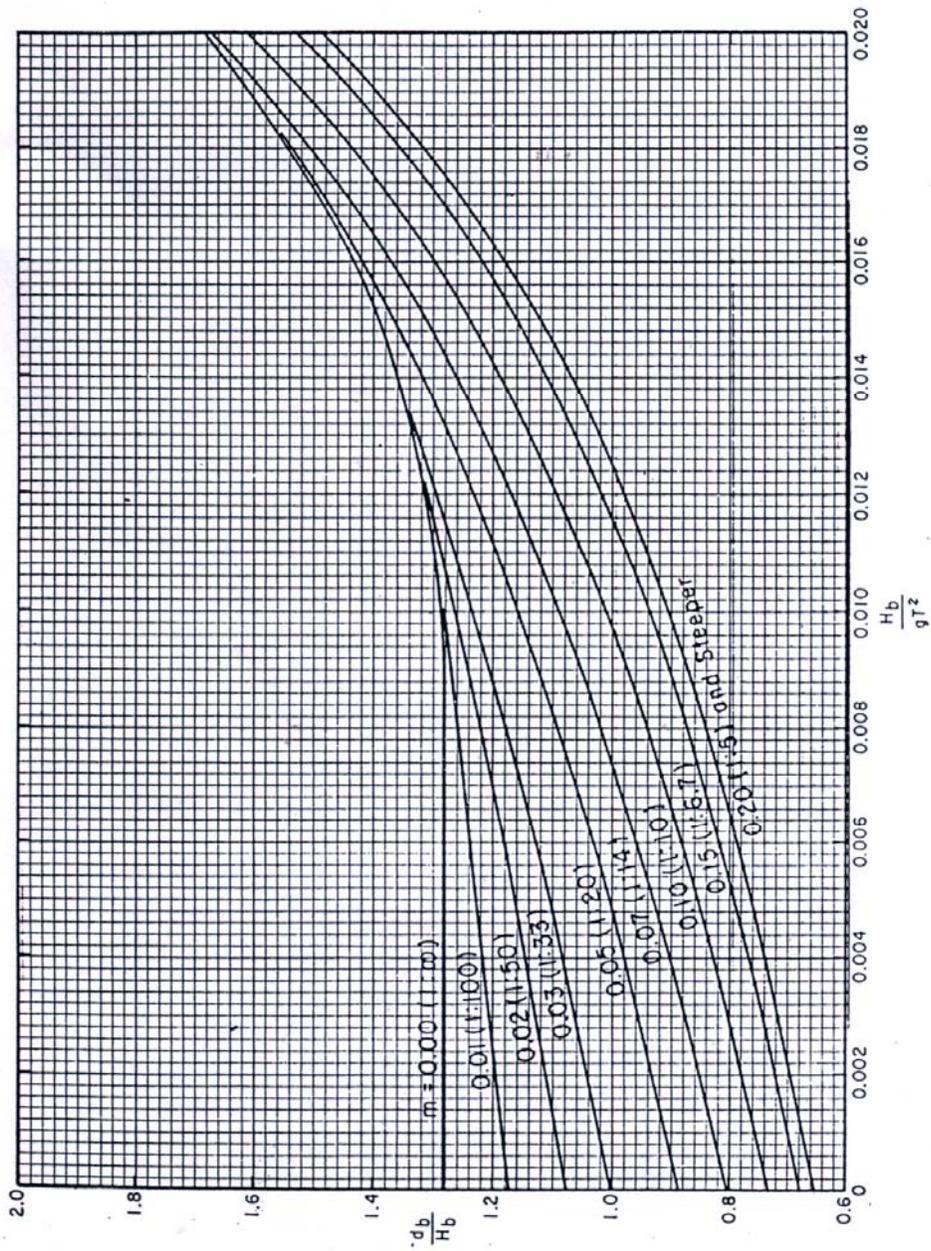


Figure 2-73. Dimensionless depth at breaking versus breaker steepness.

Grafik 2.5 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah (d_b)

2.4.4 Fluktuasi Muka Air Laut

Fluktuasi muka air laut disebabkan oleh tsunami, gelombang badai (*storm surge*), kenaikan muka air karena gelombang (*wave set up*), kenaikan muka air karena angin (*wind set up*), pemanasan global, pasang surut. Diantara beberapa proses tersebut fluktuasi muka air karena tsunami dan badai sulit untuk diprediksi kapan terjadinya.

1. Kenaikkan muka air karena gelombang (*Wave set-up*)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Turunnya muka air dikenal dengan *wave set down*, sedang naiknya muka air laut disebut *wave set-up*.

Besar *wave set-down* di daerah gelombang pecah diberikan oleh persamaan:

$$S_b = -\frac{0,536H_b^{2/3}}{g^{1/2}T} \quad (\text{Triatmodjo, hal:107,1999})$$

Dimana :

S_b = *set-down* di daerah gelombang pecah

T = periode gelombang

H_0 = tinggi gelombang laut dalam ekivalen

d_b = kedalaman gelombang pecah

g = percepatan gravitasi

Wave Set-Up di pantai dihitung dengan rumus:

$$S_w = \Delta S - S_b \quad (\text{Triatmodjo, hal:107,1999})$$

Jika $\Delta S = 0,15 d_b$ dan dianggap bahwa $d_b = 1,28 H$ maka:

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \quad (\text{Triatmodjo, hal:108,1999})$$

2. Kenaikkan muka air karena angin (*Wind set-up*)

Angin dengan kecepatan besar (badai) yang terjadi di atas permukaan laut bisa membangkitkan fluktuasi muka air laut yang besar di sepanjang pantai jika badai tersebut cukup kuat dan daerah pantai dangkal dan luas. Kenaikan elevasi muka air karena badai dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta h = \frac{Fi}{2}$$

$$\Delta h = F c \frac{V^2}{2gd} \quad (\text{Triatmodjo, hal:109, 1999})$$

Dengan :

Δh = kenaikan elevasi muka air karena badai (m)

F = panjang *fetch* (m)

I = kemiringan muka air

c = konstanta = $3,5 \times 10^{-6}$

V = kecepatan angin (m/dt)

d = kedalaman air (m)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

3. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan muka air terendah (surut) sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai.

Data pasang surut didapatkan dari pengukuran selama minimal 15 hari. Dari data tersebut dibuat grafik sehingga didapat HHWL, MHWL, MLWL, MSL. Dalam pengamatan selama 15 hari tersebut telah tercakup satu siklus pasang surut yang meliputi pasang surut purnama dan perbani. Saat terjadi pasang surut purnama tinggi pasang surut paling besar dibandingkan hari lainnya sedangkan saat pasang surut perbani tinggi pasang surut paling kecil dibanding hari lainnya.

Beberapa definisi elevasi muka air laut yaitu :

1. Muka air tinggi (*High Water Level, HWL*), adalah muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut .
2. Muka air rendah (*Low Water Level, LWL*), adalah kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*Mean High Water Level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi.
4. Muka air rendah rerata (*Mean Low Water Level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah.
5. Muka air laut rerata (*Mean Sea Level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata.
6. Muka air tinggi tertinggi (*Highest High Water Level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*Lowest Low Water Level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

2.4.5 Design Water Level (DWL)

Untuk menentukan tinggi muka air rencana (DWL) merupakan penjumlahan dari beberapa parameter diatas yaitu diantaranya MHWL, *wave set-up* (S_w) dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global dikurangi elevasi dasar pantai di depan bangunan (BL)

$$DWL = MHWL + S_w + \text{Kenaikkan muka air karena perubahan suhu global} - BL$$

2.4.6 Run-up Gelombang

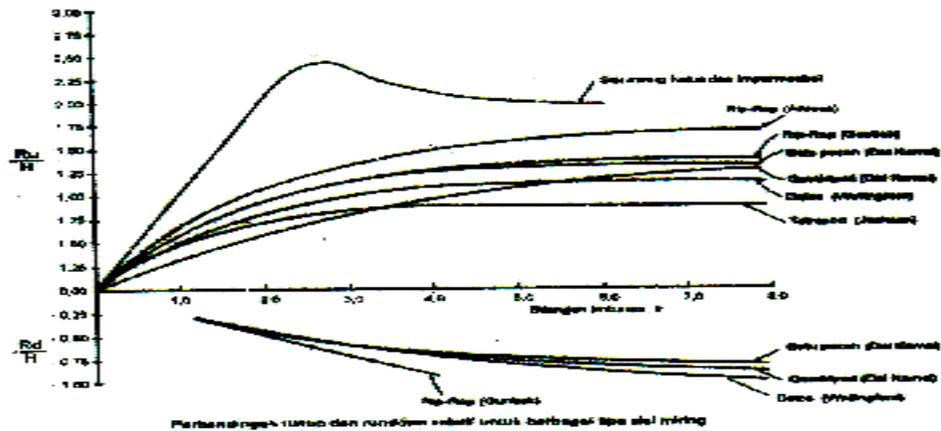
Bila gelombang menghantam suatu bangunan maka gelombang tersebut akan naik (*run-up*). Dalam perencanaan bangunan pantai, elevasi bangunan tergantung *run-up* . Nilai *run up* dapat diketahui dari grafik setelah terlebih dahulu menentukan bilangan Iribaren.

$$I_r = \frac{\text{tg } \theta}{(H / L_o)^{0.5}} \quad (\text{Triatmodjo, hal:268, 1999})$$

Dimana:

- I_r = bilangan Iribaren
- θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
- H = tinggi gelombang di lokasi bangunan
- L_o = panjang gelombang di laut dalam

Grafik tersebut juga dapat digunakan untuk menentukan *run down* (R_d).



Grafik 2.6 Grafik *Run-up* Gelombang

Run-up digunakan untuk menentukan elevasi mercu bangunan pantai, sedangkan *run-down* digunakan untuk menghitung stabilitas rip-rap atau revetmen. Besarnya elevasi mercu dapat dihitung dengan persamaan:

$$EL_{\text{mercu}} = DWL + R_u + F_b \quad (\text{Triatmodjo, hal:349, 1999})$$

Dimana:

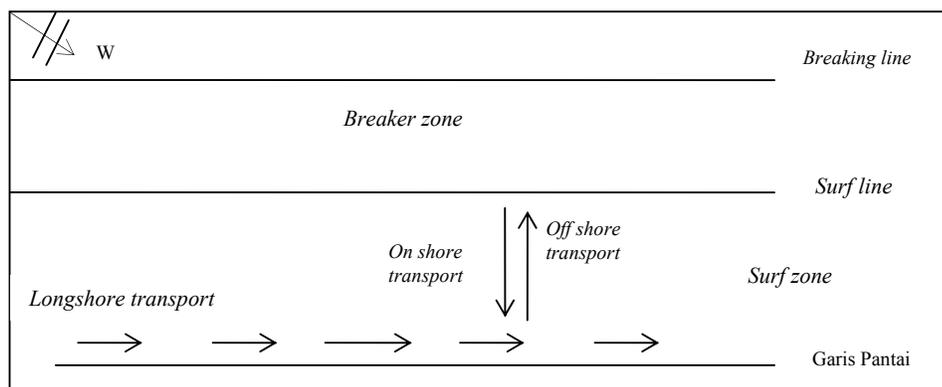
- EL_{mercu} = elevasi mercu bangunan pantai
- R_u = *Run-up* gelombang
- F_b = tinggi jagaan
- DWL = *design water level*

2.5 Proses Pantai

Dalam perencanaan bangunan pantai perlu mempertimbangkan proses pantai untuk memprediksi lokasi dan besarnya erosi dan sedimentasi pantai. Proses dinamis pantai sangat dipengaruhi oleh *littoral transport*, yang didefinisikan sebagai gerak sedimen di daerah dekat pantai (*nearshore zone*) oleh gelombang dan arus. *Littoral transport* dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu transport sepanjang pantai (*longshore transport*) dan transport tegak lurus pantai (*Cross-shore sediment transport*).

Suatu gelombang datang menuju garis pantai dengan membentuk suatu sudut tertentu terhadap garis pantai (W) maka gelombang tersebut akan naik ke pantai (*uprush*) yang juga membentuk sudut dan akan turun lagi dengan arah tegak lurus pantai. Pola tersebut membentuk mata gergaji dan akan membawa sedimen dengan arah sepanjang pantai (*longshore transport*). Selain komponen diatas *longshore transport* juga ditimbulkan oleh arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah. Transport sedimen ini terjadi di daerah *surfzone*.

Cross-shore sediment transport terbagi menjadi 2 yaitu *onshore transport* dan *longshore transport*. *Onshore transport* terjadinya didominasi oleh aktivitas gelombang ringan, sedang *offshore transport* biasanya terjadi akibat danya badai.



Sumber : C.E.M (Coastal Engginering Manual), hal III-3-1

Gambar 2.7. Longshore and Cross-shore sediment transport

2.5.1. Bentuk Pantai

Bentuk pantai sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat massa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus, serta bathimetri pantai.

Pantai bisa terbentuk dari material dasar berupa lumpur, pasir, atau kerikil (*gravel*). Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pada pantai kerikil kemiringan pantai bisa mencapai 1:4, pantai pasir mempunyai kemiringan 1:20-1:50 dan untuk pantai berlumpur mempunyai kemiringan sangat kecil mencapai 1:5000. Pantai berlumpur terjadi di daerah pantai di mana terdapat banyak sungai yang membawa sedimen suspensi dalam jumlah besar dan gelombang relatif kecil.

Pada pantai berpasir biasanya terdapat bukit pasir (*sand dunes*) Pembentukan *sand dunes* terutama terjadi pada musim kemarau dimana butir-butir pasir kering lebih mudah digerakkan oleh tiupan angin.

2.5.2. Sifat-Sifat Sedimen Pantai

Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang di bawa oleh sungai, dan/atau dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi.

Angkutan sedimen sepanjang pantai dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Q_s = K P_1^n$$

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (\text{Triatmodjo, hal:186,1999})$$

Dimana :

Q_s : angkutan sedimen sepanjang pantai (m^3/hari)

P_1 : komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah ($N_m/d/m$)

ρ : rapat massa air laut (kg/m^3)

H_b : tinggi gelombang pecah (m)

C_b : cepat rambat gelombang pecah (m/d)

$$: \sqrt{gd_b}$$

α_b : sudut datang gelombang pecah

K, n : konstanta (K) = 0.130, (n) = 0.54 menurut Ijma, Sato Aono,
(K) = 0.130, (n) = 0.8 menurut Ichikawa, Achiai, Tmita, dan
(K) = 0.401, (n) = 1 menurut CERC

2.5.3. Model Perubahan Garis pantai

Analisis imbalan sedimen pantai dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu pantai yang mengalami akresi dan erosi. Model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen. Untuk itu pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas). Pada tiap sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah laju aliran massa netto (M_n) di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa dalam sel di dalam tiap satuan waktu. Laju aliran massa sedimen netto di dalam sel adalah :

$$M_n = \rho_s(Q_m - Q_k) = -\rho_s(Q_k - Q_m) = -\rho_s \Delta Q \quad (\text{Triatmodjo, hal:191, 1999})$$

Laju perubahan massa dalam setiap satuan waktu adalah

$$M_t = \frac{\rho_s V}{\Delta t} \quad (\text{Triatmodjo, hal:191, 1999})$$

Dimana ρ_s adalah rapat massa sediment, Q_m dan Q_k masing-masing adalah debit sediment masuk dan keluar sel.

Dengan menyamakan persamaan tersebut, didapat persamaan

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = -\frac{1}{d} \frac{\Delta Q}{\Delta x} \quad (\text{Triatmodjo, hal:192, 1999})$$

dengan

y : jarak antara garis pantai dan garis referensi

Q : transportasi sedimen sepanjang pantai

t : waktu

- x : absis searah panjang pantai
- d : kedalaman air yang tergantung pada profil pantai

2.6 Bangunan Pelindung Pantai

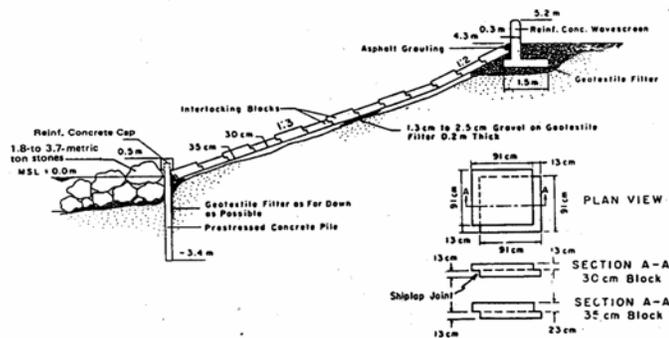
Bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Sesuai dengan fungsinya, bangunan pantai dikelompokkan dalam tiga kelompok yaitu:

1. Konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai. Yang termasuk kelompok ini adalah dinding pantai dan *revetment*.
2. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai. Yang termasuk kelompok ini adalah *groin* dan *jetty*.
3. Konstruksi yang dibangun lepas pantai dan kira-kira sejajar dengan garis pantai. Yang termasuk kelompok ini yaitu pemecah gelombang (*breakwater*)

2.6.1 *Revetment*

Revetment adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan. Bangunan ini ditempatkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai, dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa beton, turap, kayu atau tumpukan batu.

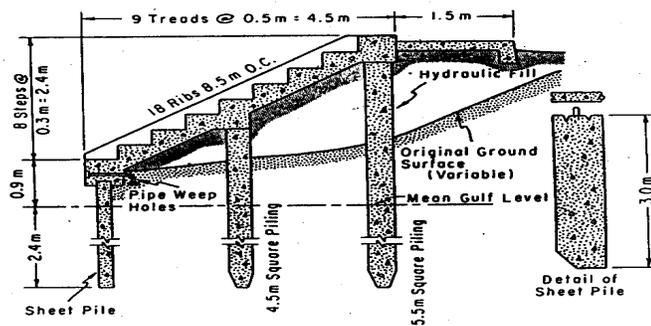
Dalam perencanaan revetmen perlu ditinjau fungsi dan bentuk bangunan, lokasi, panjang, tinggi, stabilitas bangunan dan tanah pondasi, elevasi muka air baik di depan maupun di belakang bangunan, ketersediaan bahan bangunan dan sebagainya.



Gambar 2.8. *Revetment* blok beton berkunci.

2.6.2 Dinding Pantai (*Seawall*)

Fungsi dinding pantai sama seperti *revetment* yaitu melindungi pantai dari erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan. Bangunan ini ditempatkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai, dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa beton, turap, kayu atau tumpukan batu.

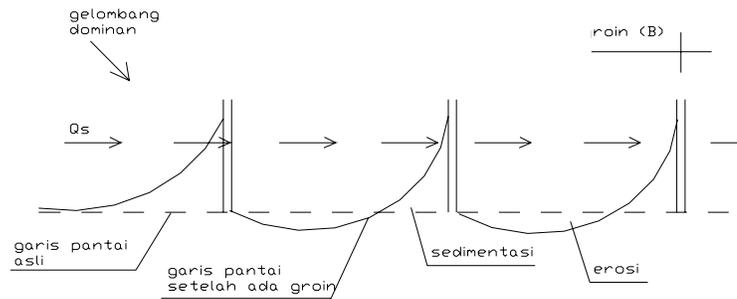


Gambar 2.9. Dinding pantai bertangga

2.6.3 Groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai dan berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai sehingga bisa mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi. Groin dapat dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu tipe lurus, T, dan L. Konstruksi groin dapat

berupa tumpukan batu, caison beton, turap, tiang yang dipancang berjajar, atau tumpukan buis beton yang didalamnya diisi beton.



Gambar 2.10. Seri groin dan perubahan pantai yang ditimbulkan

Pada umumnya panjang groin adalah 40% sampai dengan 60% dari lebar *surf zone*. Lokasi dari area *surf zone* sangat bervariasi tergantung dari kondisi gelombang dan ketinggian dari pasang surut arus laut. Jarak groin diambil 1-3 kali panjang groin, elevasi puncak groin diambil di bawah HWL.

2.6.4 Jetty

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai. Mengingat fungsinya, *jetty* dibagi menjadi tiga jenis:

➤ *Jetty* panjang

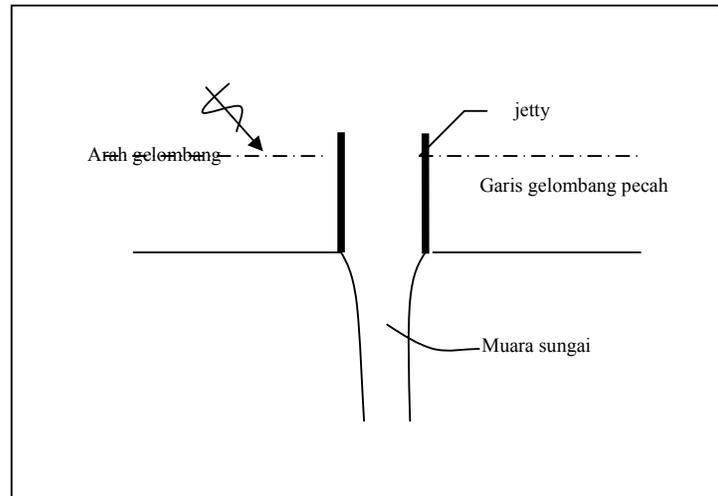
Jetty ini ujungnya berada di luar gelombang pecah. Tipe ini efektif untuk menghalangi masuknya sedimen ke arah muara tetapi biaya konstruksinya sangat mahal. *Jetty* ini dibangun apabila daerah yang dilindungi sangat penting.

➤ *Jetty* sedang

Jetty sedang ujungnya berada di antara muka air surut dan lokasi gelombang pecah dan dapat menahan transpor sedimen sepanjang pantai.

➤ *Jetty* pendek

Jetty pendek ujungnya berada pada muka air surut. Fungsinya untuk menahan berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran pada alur yang telah ditetapkan untuk bisa mengerosi endapan.

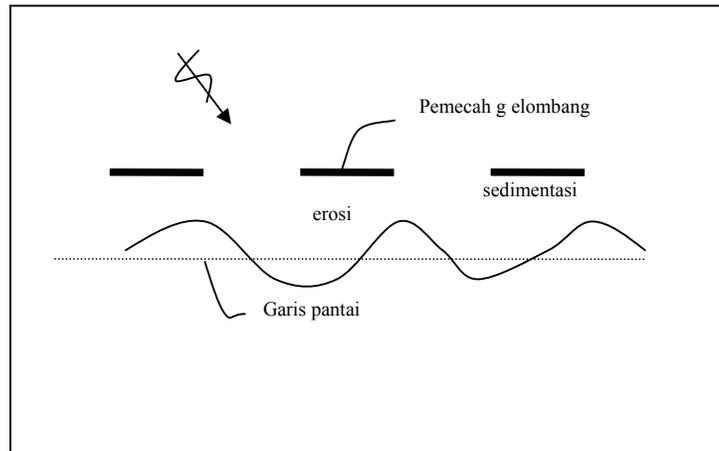


Gambar 2.11. Penempatan *Jetty*

2.6.5 Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama digunakan untuk perlindungan perairan pelabuhan sedang tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi.

Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Fungsi bangunan ini untuk melindungi pantai dari serangan gelombang. Pemecah gelombang lepas pantai bisa dibuat dari satu pemecah gelombang atau suatu seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah.



Gambar 2.12. Pemecah gelombang lepas pantai

Berat butir batu lapis lindung untuk pemecah gelombang sisi miring dapat dihitung dengan menggunakan rumus Hudson:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (s_r - 1) \cot \theta} \quad (\text{Triatmodjo, hal:259, 1999})$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (\text{Triatmodjo, hal:259, 1999})$$

Dengan:

W : berat butir batu pelindung

γ_r : berat jenis batu

γ_a : berat jenis air laut

H : tinggi gelombang rencana

θ : sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

K_D : koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung, kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi-sisinya, ikatan antar butir, dan keadaan pecahnya gelombang.

Tabel 2.3. Koefisien stabilitas K_D untuk berbagai jenis butir (Tabel 7., Triatmodjo, hal:261, 1999)

Lapis Lindung	n	Penempatan	Lengan Bangunan		Ujung (kepala) bangunan		Kemiringan
			K_D		K_D		
			Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	
Batu pecah							
Bulat halus	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5 - 3,0
Bulat halus	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	σ^2
Bersudut kasar	1	Acak	σ^1	2,9	σ^1	2,3	σ^2
Bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
Bersudut kasar	2	Acak			1,6	2,8	2,0
Bersudut kasar	2	Acak			1,3	2,3	3,0
Bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	σ^1
Bersudut kasar	2	Khusus σ^2	5,8	7,0	5,3	6,4	σ^2
Paralelepipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5-24,0	-	-	-
Tetrapod dan	2	Acak	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
Quadripod					4,5	5,5	2,0
					3,5	4,0	3,0
					8,3	9,0	1,5
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Dokus	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
					7,0	14,0	3,0
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	σ^2
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	σ^2
Tribar	1	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	σ^2
Batu pecah (K_{D1}) (graded angular)	-	Acak	2,2	2,5	-	-	-

(SI' M, 1964)

Catatan

n : jumlah satuan butir batu dalam lapis pelindung

σ^1 : penggunaan n = 1 tidak disarankan untuk kondisi gelombang pecah.

σ^2 : sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai K_D , penggunaan K_{D1} dibatasi pada kemiringan 1:1 sampai 1:3

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus :

$$B = n k \Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Triatmodjo, hal:264, 1999})$$

Dengan:

B : Lebar puncak

n : Jumlah butir batu ($n_{\text{minimum}} = 3$)

$k \Delta$: koefisien lapis

W : berat butir batu pelindung

γ_r : berat jenis batu pelindung

Sedangkan tebal lapis pelindung dan jumlah butir tiap satu luasan diberikan oleh rumus berikut ini:

$$t = n k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Triatmodjo, hal:265, 1999})$$

$$N = A n k_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Triatmodjo, hal:265, 1999})$$

Dengan:

t : tebal lapis pelindung

n : jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

k_{Δ} : koefisien lapis

A : luas permukaan

P : porositas rerata dari lapis pelindung (%)

N : jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan A

γ_r : berat jenis batu pelindung

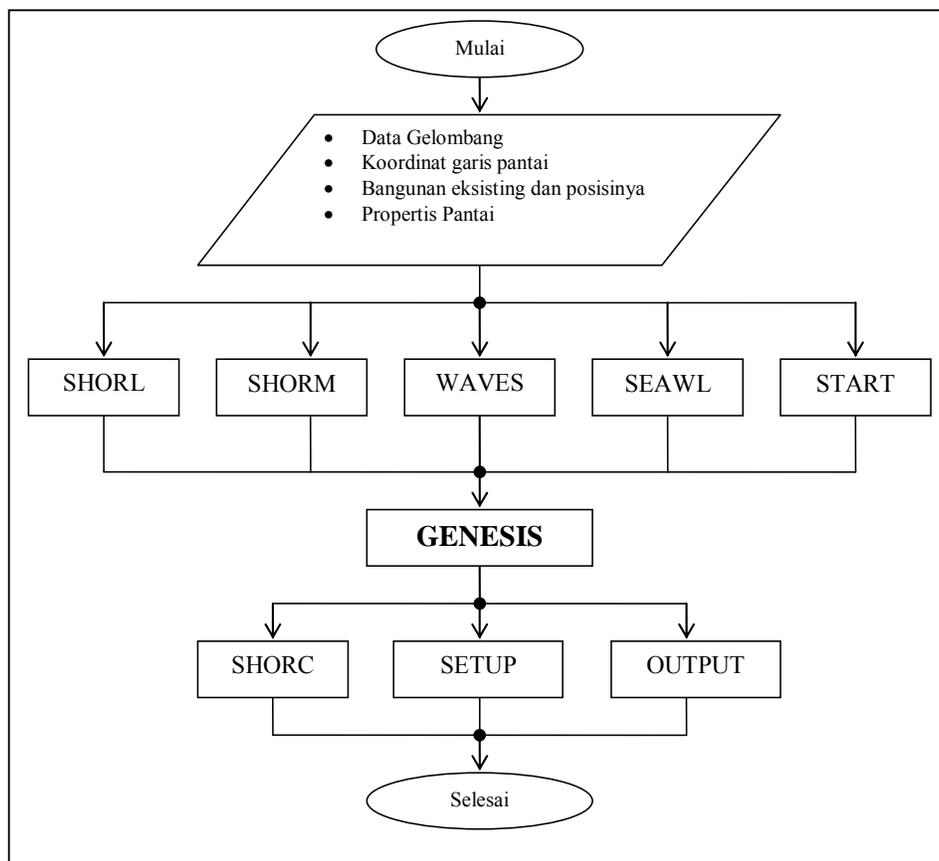
Tabel 2.4. Koefisien lapisan pelapis batuan dan koefisien porositas armor
(Tabel 7.2.Triatmodjo, hal:265, 1999).

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef. Lapis (k_{Δ})	Porositas P (%)
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1,02	38
Batu alam (kasar)	2	random (acak)	1,15	.37
Batu alam (kasar)	>3	random (acak)	1,10	40
Kubus	2	random (acak)	1,10	47
Tetrapod	2	random (acak)	1,04	50
Quadripod	2	random (acak)	0,95	49
Hexapod	2	random (acak)	1,15	47
Tribard	2	random (acak)	1,02	54
Dolos	2	random (acak)	1,00	63
Tribar	1	seragam	1,13	47
Batu alam		random (acak)		37

2.7 Program GENESIS

Untuk membantu dalam penyelesaian laporan ini, penulis memanfaatkan program GENESIS. Pada program ini dapat memperkirakan nilai *longshore transport rate* serta perubahan garis pantai akibat angkutan sedimen tanpa struktur maupun dengan adanya struktur pada pantai untuk jangka waktu tertentu

Nama GENESIS merupakan akronim dari (*GENEralized model for simulating SIMulating Shoreline*). Genesis merupakan sistem pemodelan numerik yang didesain untuk melakukan simulasi perubahan garis pantai pada proyek-proyek pengamanan pantai seperti (*Groin, Offshore breakwater, seawalls dan Beach fills*)



Gambar 2.13. Diagram input dan output program GENESIS

Data-data yang harus dikonversi sebagai masukan pada program GENESIS yaitu :

1. Depth :

Tidak dimasukkan sebab perbedaan kedalaman dasar laut tidak terlalu curam

2. SHORL:

Merupakan masukan ordinat garis pantai awal. Cara mendapatkan ordinat ini adalah dengan memplotkan garis pantai pada peta dengan bantuan program AutoCad. Yaitu dengan membuat grid-grid pada jarak tertentu. Jarak antar grid yang kami gunakan sebesar 20 m. Maksimum jumlah grid adalah 100.

3. SHORM

Memuat posisi perhitungan garis pantai, yang dapat dipakai lagi untuk perhitungan lanjutan untuk prosedur kalibrasi dan verifikasi. SHORM berfungsi untuk membandingkan perubahan garis pantai pada jangka waktu tertentu dengan garis pantai awal atau dengan jangka waktu yang lebih lama lagi. Jika hanya membandingkan posisi pantai awal dan akhir simulasi SHORM dapat diisi sama dengan SHORL.

4. WAVES

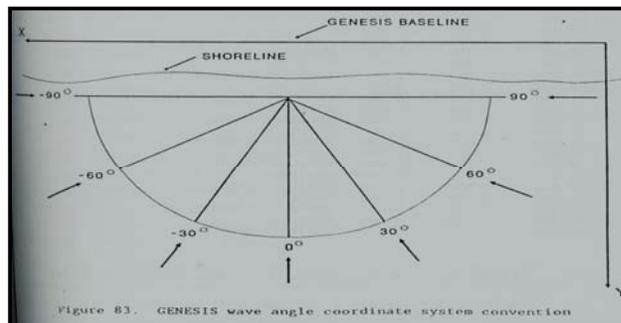
Waves merupakan hasil olahan data angin tiap satu-satuan interval waktu tertentu yang konstan. Data pada WAVES terdiri data tinggi, periode dan arah datang gelombang dalam satu tahun tiap satuan interval waktu. WAVES dipakai sebagai input jika gelombang eksternal tidak digunakan (NWD=0). Jika terdapat data yang tidak diketahui sudut datang gelombangnya maka pada kolom arah diberi nilai 999.

Data WAVES yang digunakan sebagai input GENESIS adalah data gelombang yang dihasilkan pada perhitungan tinggi, periode dan arah datang gelombang hasil olahan data angin tiap jam, dengan

merubah beberapa sudut datang gelombang sesuai dengan yang disyaratkan sebagai input GENESIS yaitu:

A. Sudut datang gelombang.

Sistem koordinat garis pantai diasosiasikan dengan sudut datang gelombang, dimana arah Y (positif) dikonversikan sebagai arah utara dan arah datangnya gelombang menuju sumbu X sebagai *baseline* pada GENESIS (Gambar 5.4). Dalam GENESIS, besar sudut datang gelombang berkisar antara -180° sampai 180° , dimana sudut datang gelombang 0° dapat menggambarkan penyebaran gelombang normal tegak lurus menuju *baseline* GENESIS (sumbu absis (X)). Semakin kearah kanan sudut datang gelombang akan semakin positif dan semakin kearah kiri sudut datang gelombang akan semakin negatif



Gambar 2.14. Konversi sudut gelombang datang

B. Kalibrasi sudut datang gelombang.

Kalibrasi dilakukan untuk menyesuaikan antara input data arah gelombang pada *file* WAVES dengan sistem koordinat grid hasil pemodelan. Hal ini dilakukan jika terdapat perbedaan dalam penentuan arah utara. Pada data input gelombang, arah utara ditentukan berdasarkan arah mata angin. Sedangkan GENESIS akan membaca arah

utara sesuai dengan tegak lurus dengan sumbu X. Nilai sudut -130^0 merupakan besaran konversi sudut yang digunakan.

5. SEAWL

SEAWL berisi posisi lokasi *seawall* yang sudah ada atau yang akan dimodelkan. Jika tidak ada *seawall* maka *file* ini akan dikosongkan dan tidak akan dibaca oleh GENESIS. Penulisan format *seawall* sama dengan penulisan pada SHORM tetapi hanya pada grid-grid tertentu yang terdapat *seawall*.

6. START

Merupakan instruksi yang akan mengontrol simulasi perubahan garis pantai, hubungan permodelan dan semua data masukan akan dikontrol melalui START.

A. INPUT DATA

Data masukan untuk Genesis antara lain bentuk profil muka pantai, dan kondisi gelombang. Gelombang yang dijadikan input program genesis dapat berupa gelombang pada laut dalam atau gelombang pecah di area yang akan dilakukan penyelidikan mengenai perubahan garis pantai.

Jika data masukan berupa data gelombang laut dalam maka untuk meramalkan kondisi gelombang pada area gelombang pecah maka program akan mengasumsikan arah gelombang sebagai garis lurus dengan menganggap kondisi kontur di area gelombang pecah adalah lurus dan paralel.

B. INPUT DATA GENESIS

Berikut adalah contoh input yang harus dimasukkan dalam program GENESIS.

```
* START MENU
* INPUT FILE START.DAT TO GENESIS (Workbook) VERSION 2.0 *
A----- MODEL SETUP -----A
A.1 RUN TITLE
    PANTAI KENDAL
A.2 INPUT UNITS (METERS=1; FEET=2): ICONV
    1
A.3 TOTAL NUMBER OF CALCULATION CELLS AND CELL LENGTH: NN, DX
```

86 20

A.4 GRID CELL NUMBER WHERE SIMULATION STARTS AND NUMBER OF
CALCULATION
CELLS (N = -1 MEANS N = NN): ISSTART, N
1 86

A.5 VALUE OF TIME STEP IN HOURS: DT
0.5

A.6 DATE WHEN SHORELINE SIMULATION STARTS
(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501): SIMDATS
000102

A.7 DATE WHEN SHORELINE SIMULATION ENDS OR TOTAL NUMBER OF TIME
STEPS
(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501): SIMDATE
090102

A.8 NUMBER OF INTERMEDIATE PRINT-OUTS WANTED: NOUT
9

A.9 DATES OR TIME STEPS OF INTERMEDIATE PRINT-OUTS
(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NOUT VALUES): TOUT(I)
000102 010102 020102 030102 040102 050102 060102 070102 080102 090102

A.10 NUMBER OF CALCULATION CELLS IN OFFSHORE CONTOUR SMOOTHING
WINDOW
(ISMOOTH = 0 MEANS NO SMOOTHING, ISMOOTH = N MEANS STRAIGHT LINE.
RECOMMENDED DEFAULT VALUE = 11): ISMOOTH
11

A.11 REPEATED WARNING MESSAGES (YES=1; NO=0): IRWM
1

A.12 LONGSHORE SAND TRANSPORT CALIBRATION COEFFICIENTS: K1, K2
0.35 0.2

A.13 PRINT-OUT OF TIME STEP NUMBERS? (YES=1, NO=0): IPRINT
1

B----- WAVES -----B

B.1 WAVE HEIGHT CHANGE FACTOR. WAVE ANGLE CHANGE FACTOR AND
AMOUNT
(DEG)
(NO CHANGE: HCNGF=1, ZCNGF=1, ZCNGA=0): HCNGF, ZCNGF, ZCNGA
1 1 54

B.2 DEPTH OF OFFSHORE WAVE INPUT: DZ
80

B.3 IS AN EXTERNAL WAVE MODEL BEING USED (YES=1; NO=0): NWD
0

B.4 COMMENT: IF AN EXTERNAL WAVE MODEL IS NOT BEING USED, CONTINUE TO
B.9

B.5 NUMBER OF SHORELINE CALCULATION CELLS PER WAVE MODEL ELEMENT:
ISPW
0

B.6 NUMBER OF HEIGHT BANDS USED IN THE EXTERNAL WAVE MODEL
TRANSFORMATIONS
(MINIMUM IS 1, MAXIMUM IS 9): NBANDS
1

B.7 COMMENT: IF ONLY ONE HEIGHT BAND WAS USED CONTINUE TO B.9

B.8 MINIMUM WAVE HEIGHT AND BAND WIDTH OF HEIGHT BANDS: HBMIN,
HBWIDTH
0 0

B.9 VALUE OF TIME STEP IN WAVE DATA FILE IN HOURS (MUST BE AN EVEN
MULTIPLE

OF, OR EQUAL TO DT): DTW
24
B.10 NUMBER OF WAVE COMPONENTS PER TIME STEP: NWAVES
1
B.11 DATE WHEN WAVE FILE STARTS (FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501):
WDATS
890101
C----- BEACH -----C
C.1 EFFECTIVE GRAIN SIZE DIAMETER IN MILLIMETERS: D50
0.03
C.2 AVERAGE BERM HEIGHT FROM MEAN WATER LEVEL: ABH
0.415
C.3 CLOSURE DEPTH: DCLOS
6
D----- NON-DIFFRACTING GROINS -----D
D.1 ANY NON-DIFFRACTING GROINS? (NO=0, YES=1): INDG
0
D.2 COMMENT: IF NO NON-DIFFRACTING GROINS, CONTINUE TO E.
D.3 NUMBER OF NON-DIFFRACTING GROINS: NNDG
3
D.4 GRID CELL NUMBERS OF NON-DIFFRACTING GROINS (NNDG VALUES):
IXNDG(I)
15 17 32
D.5 LENGTHS OF NON-DIFFRACTING GROINS FROM X-AXIS (NNDG VALUES):
YNDG(I)
278 273 232

E----- DIFFRACTING (LONG) GROINS AND JETTIES -----E
E.1 ANY DIFFRACTING GROINS OR JETTIES? (NO=0, YES=1): IDG
1
E.2 COMMENT: IF NO DIFFRACTING GROINS, CONTINUE TO F.
E.3 NUMBER OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES: NDG
2
E.4 GRID CELL NUMBERS OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES (NDG VALUES):
IXDG(I)
15 17
E.5 LENGTHS OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES FROM X-AXIS (NDG VALUES):
YDG(I)
278 273
E.6 DEPTHS AT SEAWARD END OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES(NDG VALUES):
DDG(I)
1.05 0.65

F----- ALL GROINS/JETTIES -----F
F.1 COMMENT: IF NO GROINS OR JETTIES, CONTINUE TO G.
F.2 REPRESENTATIVE BOTTOM SLOPE NEAR GROINS: SLOPE2
0.2
F.3 PERMEABILITIES OF ALL GROINS AND JETTIES (NNDG+NDG VALUES): PERM(I)
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
F.4 IF GROIN OR JETTY ON LEFT-HAND BOUNDARY, DISTANCE FROM SHORELINE
OUTSIDE GRID TO SEAWARD END OF GROIN OR JETTY: YG1
0
F.5 IF GROIN OR JETTY ON RIGHT-HAND BOUNDARY, DISTANCE FROM SHORELINE
OUTSIDE GRID TO SEAWARD END OF GROIN OR JETTY: YGN
0

G----- DETACHED BREAKWATERS -----G
G.1 ANY DETACHED BREAKWATERS? (NO=0, YES=1): IDB

0
G.2 COMMENT: IF NO DETACHED BREAKWATERS, CONTINUE TO H.
G.3 NUMBER OF DETACHED BREAKWATERS: NDB
7
G.4 ANY DETACHED BREAKWATER ACROSS LEFT-HAND CALCULATION
BOUNDARY
(NO=0, YES=1): IDB1
0
G.5 ANY DETACHED BREAKWATER ACROSS RIGHT-HAND CALCULATION
BOUNDARY
(NO=0, YES=1): IDBN
0
G.6 GRID CELL NUMBERS OF TIPS OF DETACHED BREAKWATERS
(2 * NDB - (IDB1+IDBN) VALUES): IXDB(I)
34 37 38 41 42 44 45 47 48 50 51 53 54 56
G.7 DISTANCES FROM X-AXIS TO TIPS OF DETACHED BREAKWATERS
(1 VALUE FOR EACH TIP SPECIFIED IN G.6): YDB(I)
225 225 225 225 225 225 225 225 225 225 225 225 225 225
G.8 DEPTHS AT DETACHED BREAKWATER TIPS (1 VALUE FOR EACH TIP
SPECIFIED IN G.6): DDB(I)
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
G.9 TRANSMISSION COEFFICIENTS FOR DETACHED BREAKWATERS (NDB VALUES):
TRANDB(I)
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
H----- SEAWALLS -----H
H.1 ANY SEAWALL ALONG THE SIMULATED SHORELINE? (YES=1; NO=0): ISW
1
H.2 COMMENT: IF NO SEAWALL, CONTINUE TO I.
H.3 GRID CELL NUMBERS OF START AND END OF SEAWALL (ISWEND = -1 MEANS
ISWEND = N): ISWBEG, ISWEND
1 86
I----- BEACH FILLS -----I
I.1 ANY BEACH FILLS DURING SIMULATION PERIOD? (NO=0, YES=1): IBF
0
I.2 COMMENT: IF NO BEACH FILLS, CONTINUE TO K.
I.3 NUMBER OF BEACH FILLS DURING SIMULATION PERIOD: NBF
1
I.4 DATES OR TIME STEPS WHEN THE RESPECTIVE FILLS START
(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NBF VALUES): BFDATS(I)
890101
I.5 DATES OR TIME STEPS WHEN THE RESPECTIVE FILLS END
(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NBF VALUES): BFDATE(I)
900101
I.6 GRID CELL NUMBERS OF START OF RESPECTIVE FILLS (NBF VALUES): IBFS(I)
54
I.7 GRID CELL NUMBERS OF END OF RESPECTIVE FILLS (NBF VALUES): IBFE(I)
56
I.8 ADDED BERM WIDTHS AFTER ADJUSTMENT TO EQUILIBRIUM CONDITIONS
(NBF VALUES): YADD(I)
10
K----- COMMENTS -----K
* ALL COORDINATES MUST BE GIVEN IN THE "TOTAL" GRID SYSTEM
* ONE VALUE FOR EACH STRUCTURE, TIP ETC. ESPECIALLY IMPORTANT FOR
COMBINED STRUCTURES, E.G., TWO DBW'S WHERE THE LOCATION WHERE
THEY

MEET HAS TO BE TREATED AS TWO TIPS.
 * ANY GROIN CONNECTED TO A DETACHED BREAKWATER MUST BE REGARDED AS
 DIFFRACTING
 * CONNECTED STRUCTURES MUST BE GIVEN THE SAME Y AND D VALUES WHERE THEY
 CONNECT
 * IF DOING REAL CASES, THE WAVE.DAT FILE MUST CONTAIN FULL YEARS DATA
 * DATA FOR START OF BEACH FILL IN SPACE AND TIME SHOULD BE GIVEN IN INCREASING/CHRONOLOGICAL ORDER. DATA FOR END OF BEACH FILL MUST CORRESPOND TO THESE VALUES, AND NOT NECESSARILY BE IN INCREASING ORDER.
 * DON'T CHANGE THE LABELS OF THE LINES SINCE THEY ARE USED TO IDENTIFY THE LINES BY GENESIS.

----- END -----
 ----- END -----

Penjelasan input program START pada GENESIS sebagai berikut :

A.1. RUN TITLE

Bagian ini diisi judul dari kalkulasi

A.2. INPUT UNIT (METERS = 1 FEET = 2): ICONV

Satuan input data angin. Jika satuan meter tulis satu (1) , jika satuan feet tulis (2)

A.3. TOTAL NUMBER OF CALCULATION CELLS AND CELL LENGHT: NN, DX

Pada bagian ini diisi jumlah grid yang akan di kalkulasi dan panjang dari tiap grid kalkulasi. Misal (80, 20) berarti ada 80 grid kalkulasi dengan panjang 20 m tiap grid kalkulasi.

A.4 GRID CELL NUMBER WHERE SIMULATION STARTS AND NUMBER OF CALCULATION

CELLS (N = -1 MEANS N = NN): ISSTART, N

A4. dimasukkan nilai dari grid yang akan di simulasi, dan juga total dari grid simulasi. Misal (12, 80) ini berarti program akan melakukan analisa dari mulai grid ke 12 sampai dengan grid ke 80

A.5 VALUE OF TIME STEP IN HOURS: DT

Nilai yang diisi berhubungan dengan data pada baris A.3 misal jika pada baris A3 diisi 12 dan Pada Baris A5 diisi ½ maka jumlah data yang diperlukan sebagai masukan sebanyak 24 buah. Hal ini dikarenakan

program akan mengidentifikasi bahwa untuk 1 hari akan dimasukkan 12 jam data gelombang dengan interval data setiap ½ jam.

A.6 DATE WHEN SHORELINE SIMULATION STARTS

(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501); SIMDATS

A.6 Merupakan format waktu yang ditulis dengan angka (Tahun, Bulan, Tanggal) yang merupakan awal simulasi di laksanakan.

A.7 DATE WHEN SHORELINE SIMULATION ENDS OR TOTAL NUMBER OF TIME STEPS

(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501); SIMDATE

Merupakan format waktu dimana penulisiannya dilakukan sebagaimana A.6, jumlah data yang dimasukkan harus sama dengan jumlah tahun simulasi akan dilaksanakan. Sebagai contoh untuk simulasi 2 tahun dari tahun 1999 sampai 00 maka pada A.7 akan ditulis. 000102

A.8 NUMBER OF INTERMEDIATE PRINT-OUTS WANTED: NOUT

Pada baris ini diisi jumlah banyaknya hasil print out simulasi yang diinginkan. Nilai diisi dari mulai 1 sampai dengan total tahun simulasi. Print out hasil simulasi akan dituliskan di dalam file OUTPUT.exe

A.9 DATES OR TIME STEPS OF INTERMEDIATE PRINT-OUTS

(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NOUT VALUES): TOUT(I)

Pada bagian ini ditulis data (YYMMDD) dari tiap tahun hasil simulasi yang akan di tampilkan. Misal : untuk simulasi selama 2 tahun dari tahun 2000 – 2002 maka akan di tulis 000102, 010102

A.10 NUMBER OF CALCULATION CELLS IN OFFSHORE CONTOUR SMOOTHING WINDOW

(ISMOOTH = 0 MEANS NO SMOOTHING, ISMOOTH = N MEANS STRAIGHT LINE.

RECOMMENDED DEFAULT VALUE = 11); ISMOOTH

Merupakan tingkat pengaturan kehalusan penggambaran kontur grafik yang akan di tampilkan. Proses penggambaran dilakukan dengan membagi grid simulasi menjadi beberapa bagian (tergantung dari nilai ISMOOTH yang dimasukkan

A.11 REPEATED WARNING MESSAGES (YES=1; NO=0): IRWM

IRWM memungkinkan bagi pengguna program untuk memberikan pertimbangan terhadap " Peringatan " yang diberikan akibat terjadinya ketidak stabilan kalkulasi. Sebagai contoh jika nilai

IRWM = 5 maka " peringatan " akan di berikan pada setiap pada setiap time step. Dan jika nilai

IRWM = 0 maka pada file output tidak akan diberikan warning message.

Jika pengguna menginginkan peringatan terhadap kemungkinan kondisi yang tidak diinginkan maka IRWM diberi nilai 1

A.12 LONGSHORE SAND TRANSPORT CALIBRATION COEFFICIENTS: K1, K2

Merupakan nilai dari koefisien kalibrasi longshore transport. Nilai K1 dan K2 ditentukan dengan penyesuaian di dalam proses perhitungan. Untuk pantai berpasir maka nilai faktor kalibrasi $0.1 < K1 < 1.0$ dan nilai $0.5K1 < K2 < 1.5K1$ sebagai nilai awal di dalam proses coba-coba nilai K1 = 0.5 dan Nilai K2 = 0.25.faktor kalibrasi dilakukan dengan menetapkan terlebih dahulu nilai K1. koefisien nilai K1 merupakan koefisien pengatur akresi pada salah satu sisi groin (bisa juga di dasarkan pada nilai gross dan Net Transport hasil survey lapangan) . Pada langkah selanjutnya dengan menjaga agar nilai K1 tetap dan merubah – rubah nilai parameter K2 disesuaikan dengan kondisi down drift yang terjadi.

A.13 PRINT-OUT OF TIME STEP NUMBERS? (YES=1, NO=0): IPRINT

A.13 digunakan untuk mengaktifkan atau mematikan Konter time step. 1 berarti mengaktifkan kounter time step. Dan 0 untuk menonaktifkan kounter time step.

B----- WAVES -----B

B.1 WAVE HEIGHT CHANGE FACTOR.WAVE ANGLE CHANGE FACTOR & AMOUNT (DEG)

(NO CHANGE: HCNGF=1, ZCNGF=1, ZCNGA=0): HCNGF, ZCNGF, ZCNGA

HCNGF : merupakan faktor pengali data tinggi gelombang. Jika di isi 0.75 maka program akan mereduksi input data gelombang sebesar 0.75 kali data gelombang pada file WAVE.EXE

ZCNGF : merupakan faktor pengali data sudut gelombang. Misal jika diisi 0.75 maka sudut datang gelombang pada file WAVE akan dirubah sebesar 0.75 kali. Jika diisi 1 maka sudut datang gelombang = sudut datang gelombang pada file Wave

ZCNGA : merupakan faktor penjumlahan atau pengurangan sudut datang gelombang jika diisi (-50) maka sudut datang gelombang secara otomatis akan dikurangi 50^0 jika diisi (+ 50) maka data tinggi gelombang akan di tambahkan sebesar (50^0).

B.2 DEPTH OF OFFSHORE WAVE INPUT: DZ

Merupakan kedalaman dimana data gelombang pada file WAVES dihitung.

B.3 IS AN EXTERNAL WAVE MODEL BEING USED (YES=1; NO=0): NWD

Digunakan sebagai perintah pembacaan data bagi program. Jika diberi nilai 0 maka program akan membaca input data gelombang pada file WAVES sebagai data gelombang laut dalam . Jika diisi 1 maka program akan membaca data masukan sebagai data gelombang laut dangkal yang telah mengalami refraksi untuk perhitungan refraksi biasanya digunakan program tambahan yaitu program RCPWAVES .

B.4 COMMENT: IF AN EXTERNAL WAVE MODEL IS NOT BEING USED, CONTINUE TO B.9

Jika bentuk gelombang tidak digunakan, lanjutkan ke B 9

B.5 NUMBER OF SHORELINE CALCULATION CELLS PER WAVE MODEL ELEMENT: ISPW

Interfal angka dapat diisi 1 jumlah kalkulasi yang dilakukan pada tiap model gelombang.

B.6 NUMBER OF HEIGHT BANDS USED IN THE EXTERNAL WAVE MODEL TRANSFORMATIONS (MINIMUM IS 1, MAXIMUM IS 9): NBANDS

Biasanya diisi 1 karena biasanya tidak diperlukan di dalam proses kalkulasi

B.7 COMMENT: IF ONLY ONE HEIGHT BAND WAS USED CONTINUE TO B.9

Jika hanya satu tinggi batasan yang digunakan lanjutkan ke B9

B.8 MINIMUM WAVE HEIGHT AND BAND WIDTH OF HEIGHT BANDS: HBMIN, HBWIDTH

Diisi dengan nilai tinggi gelombang terbesar dan terkecil

HBMIN = Tinggi Gelombang terkecil

HBWIDTH = Tinggi Gelombnag terbesar

B.9 VALUE OF TIME STEP IN WAVE DATA FILE IN HOURS (MUST BE AN EVEN MULTIPLE

OF, OR EQUAL TO DT): DTW

Dapat digunakan sebagai salah satu alternatif jika data yang kita miliki kurang dari persyaratan. Sebagai contoh jika kita hanya memiliki 6 buah data dalam 1 hari. Sedangkan data yang di butuhkan adalah 24 buah. Maka program genesis dapat melakukan pengulangan data sehingga akurasi perhitungan masih dapat di terima. Caranya yaitu dengan mengisi DT = 24 dan DTW = 6 maka secara otomatis program GENESIS akan melakukan pengulangan tiap set data sebanyak 4 kali.

B.10 NUMBER OF WAVE COMPONENTS PER TIME STEP: NWAVES

Jumlah data tiap siklus kalkulasi.

B.11 DATE WHEN WAVE FILE STARTS (FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501): WDATS

890101

Waktu dimana data input dimasukkan (YYMMDD)

C----- BEACH -----C

C.1 EFFECTIVE GRAIN SIZE DIAMETER IN MILLIMETERS: D50

0.03

Genesis menggunakan ukuran 50% berat butiran sebagai acuan untuk mendefinisikan profil muka pantai.

C.2 AVERAGE BERM HEIGHT FROM MEAN WATER LEVEL: ABH

Tinggi rata-rata berm (disebut Db) yang digunakan untuk pemodelan dihitung dengan titik acuan pada elevasi muka air rata-rata. (MWL)

C.3 CLOSURE DEPTH: DCLOS

Digunakan untuk membatasi kedalaman dari pergerakan profil pantai. Dihitung menggunakan datum yang sama seperti pada baris C2.

D----- NON-DIFFRACTING GROINS -----D

D.1 ANY NON-DIFFRACTING GROINS? (NO=0, YES=1): INDG

Baris ini digunakan untuk memberitahu apakah ada struktur groin atau tidak

D.2 COMMENT: IF NO NON-DIFFRACTING GROINS, CONTINUE TO E.

D.3 NUMBER OF NON-DIFFRACTING GROINS: NNDG

Menyatakan jumlah dari struktur groin yang kita pasang

D.4 GRID CELL NUMBERS OF NON-DIFFRACTING GROINS (NNDG VALUES):
IXNDG(I)

Menyatakan grid dimana groin akan di pasang

D.5 LENGTHS OF NON-DIFFRACTING GROINS FROM X-AXIS (NNDG VALUES):
YNDG(I)

Menyatakan panjang dari masing-masing groin dihitung dari X- Axis hingga ke ujung groin arah laut.

E----- DIFFRACTING (LONG) GROINS AND JETTIES -----E

E.1 ANY DIFFRACTING GROINS OR JETTIES? (NO=0, YES=1): IDG

Digunakan untuk mendefinisikan apakah terdapat struktur Diffracting Groin atau tidak

E.2 COMMENT: IF NO DIFFRACTING GROINS, CONTINUE TO F.

Jika groin direncanakan tidak terjadi difraksi lanjut ke F

E.3 NUMBER OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES: NDG

Digunakan Untuk Menyatakan jumlah dari diffracting groin.

E.4 GRID CELL NUMBERS OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES (NDG VALUES):
IXDG(I)

Digunakan untuk menyatakan posisi grid groin akan dipasang.

E.5 LENGTHS OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES FROM X-AXIS (NDG VALUES):
YDG(I)

Panjang dari masing-masing groin dihitung dari koordilat X-AXIS

E.6 DEPTHS AT SEAWARD END OF DIFFRACTING GROINS/JETTIES(NDG VALUES):
DDG(I)

Kedalaman laut pada ujung Groin

F----- ALL GROINS/JETTIES -----F

F.1 COMMENT: IF NO GROINS OR JETTIES, CONTINUE TO G.

Jika tidak ada groin atau jetty lanjut ke G

F.2 REPRESENTATIVE BOTTOM SLOPE NEAR GROINS: SLOPE2

Struktur groin mengakibatkan penumpukan pasir pada sisi updrift yang dominan. dengan memasukkan nilai kemiringan dasar di sekitar groin

GENESIS akan melakukan kalkulasi sand bypassing yang terjadi pada ujung groin.

F.3 PERMEABILITIES OF ALL GROINS AND JETTIES (NNDG+NDG VALUES): PERM(I)

Digunakan untuk mendefinisikan nilai permeabilitas dari masing-masing groin . jika dimasukkan 1 maka groin memiliki tingkat permeabilitas yang sangat rendah (sangat permeable). Jika ditulis 0 maka groin memiliki tingkat permeabilitas tinggi (groin sangat impermeable)

F.4 IF GROIN OR JETTY ON LEFT-HAND BOUNDARY, DISTANCE FROM SHORELINE OUTSIDE GRID TO SEAWARD END OF GROIN OR JETTY: YG1

Jika groin / jetty terletak pada sisi ujung kiri dari grid pemodelan (Grid ke 1) . Maka YG1 adalah jarak dari sisi terluar groin hingga garis pantai.

F.5 IF GROIN OR JETTY ON RIGHT-HAND BOUNDARY, DISTANCE FROM SHORELINE OUTSIDE GRID TO SEAWARD END OF GROIN OR JETTY: YGN

Jika groin / jetty terletak pada sisi ujung kanan (Grid ke N) dari grid pemodelan. maka YGN adalah jarak dari sisi terluar groin hingga garis pantai. .

G----- DETACHED BREAKWATERS -----G

G.1 ANY DETACHED BREAKWATERS? (NO=0, YES=1): IDB

Digunakan untuk mendefinisikan kondisi apakah terdapat struktur bangunan Break water atau tidak.

G.2 COMMENT: IF NO DETACHED BREAKWATERS, CONTINUE TO H.

G.3 NUMBER OF DETACHED BREAKWATERS: NDB

Dimasukkan Jumlah dari struktur Breakwater yang akan di gunakan.

G.4 ANY DETACHED BREAKWATER ACROSS LEFT-HAND CALCULATION BOUNDARY

(NO=0, YES=1): IDB1

Digunakan untuk mendefinisikan apakah terdapat struktur breakwater pada sebelah kiri araea pemodelan.

G.5 ANY DETACHED BREAKWATER ACROSS RIGHT-HAND CALCULATION BOUNDARY

(NO=0, YES=1): IDBN

Digunakan untuk mendefinisikan apakah terdapat struktur breakwater pada sebelah kanan araa pemodelan.

G.6 GRID CELL NUMBERS OF TIPS OF DETACHED BREAKWATERS

(2 * NDB - (IDB1+IDBN) VALUES): IXDB(I)

Merupakan input mengenai grid lokasi ujung – ujung struktur break water

G.7 DISTANCES FROM X-AXIS TO TIPS OF DETACHED BREAKWATERS

(1 VALUE FOR EACH TIP SPECIFIED IN G.6): YDB(I)

Jarak ujung-ujung Breakwater dihitung dari nilai X-axis

G.8 DEPTHS AT DETACHED BREAKWATER TIPS (1 VALUE FOR EACH TIP SPECIFIED IN G.6): DDB(I)

Kedalaman dari tiap ujung-ujung struktur breakwater. (banyaknya data harus sama dengan jumlah data pada baris G6.

G.9 TRANSMISSION COEFFICIENTS FOR DETACHED BREAKWATERS (NDB VALUES): TRANDB(I)

Koefisien transmisi digunakan untuk mendefinisikan tingkat permeabilitas dari struktur breakwater. Angka yang diberikan berkisar antara 1 dan 0. semakin besar angkanya maka struktur Breakwater akan semakin permeable.

H----- SEAWALLS -----H

H.1 ANY SEAWALL ALONG THE SIMULATED SHORELINE? (YES=1; NO=0): ISW

Digunakan untuk memberikan informasi pada program apakah di dalam pemodelan terdapat struktur SEAWALL. jika diisi angka 1 berarti terdapat struktur SEAWALL pada pemodelan. Sehingga program akan membaca data masukan absis dan ordinat SEAWALL pada file SEAWL.

H.2 COMMENT: IF NO SEAWALL, CONTINUE TO I.

H.3 GRID CELL NUMBERS OF START AND END OF SEAWALL (ISWEND = -1 MEANS ISWEND = ISWBEG, ISWEND

ISWBEG = Nilai grid awal posisi SEAWALL

ISWEND = Nilai grid akhir posisi SEAWALL

I----- BEACH FILLS -----I

I.1 ANY BEACH FILLS DURING SIMULATION PERIOD? (NO=0, YES=1): IBF

Digunakan untuk identifikasi apakah akan dilaksanakan simulasi Beach Fills.

I.2 COMMENT: IF NO BEACH FILLS, CONTINUE TO K.

I.3 NUMBER OF BEACH FILLS DURING SIMULATION PERIOD: NBF

Jumlah simulasi beach fills selama proses kalkulasi.

I.4 DATES OR TIME STEPS WHEN THE RESPECTIVE FILLS START

(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NBF VALUES): BFDATS(I)

waktu pada saat beach fils dilakukan (YYMMDD)

I.5 DATES OR TIME STEPS WHEN THE RESPECTIVE FILLS END

(DATE FORMAT YYMMDD: 1 MAY 1992 = 920501, NBF VALUES): BFDATE(I)

Waktu pada saat beach fills selesai di lakukan. (YYMMDD)

I.6 GRID CELL NUMBERS OF START OF RESPECTIVE FILLS (NBF VALUES): IBFS(I)

Grid dimana beach fills dimulai. .

I.7 GRID CELL NUMBERS OF END OF RESPECTIVE FILLS (NBF VALUES): IBFE(I)

Nomer grid terakhir dari proses beach fills.

I.8 ADDED BERM WIDTHS AFTER ADJUSTMENT TO EQUILIBRIUM CONDITIONS

(NBF VALUES): YADD(I)

Lebar berm yang di sand fills.

C. PROSES KALKULASI

Proses kalkulasi dilakukan dengan melakukan prediksi longshore transport berdasarkan pada bentuk muka pantai. Sedangkan untuk peramalan garis pantai akan dilakukan kalkulasi dengan mempertimbangkan aspek-aspek longshore transport yang terjadi.

Longshore transport rate (Q), atau tingkat angkutan sedimen sejajar pantai, lazim mempunyai satuan meter kubik / tahun (dalam SI). Karena pergerakannya sejajar pantai maka ada dua alternatif pergerakan, yaitu ke arah kanan dan kiri relatif terhadap seorang pengamat yang berdiri di pantai menghadap ke arah laut. Pergerakan dari kanan ke kiri diberi notasi (Q_{lt}), dan pergerakan ke arah kanan (Q_{rt}), sehingga di dapatkan tingkat angkutan sedimen 'kotor' (gros) $Q_g = Q_{lt} + Q_{rt}$, dan tingkat angkutan 'bersih' (net) $|Q_n| = Q_{lt} - Q_{rt}$. Nilai Q_g digunakan untuk meramalkan tingkat pendangkalan pada suatu alur perairan terbuka. Q_n digunakan untuk desain alur yang di lindungi dan perkiraan erosi pantai, dan Q_{lt} serta Q_{rt} untuk penumpukan sedimen di 'dibelakang' sebuah struktur pantai yang menahan pergerakan sedimen.

Dalam perhitungan program Genesis penghitungan longshore transport dilakukan dengan menggunakan persamaan hasil modifikasi dari persamaan :

$$Q_{(+)} = \frac{1}{2}(Qg + Qn) \quad (2.46)$$

$$Q_{(-)} = \frac{1}{2}(Qg - Qn) \quad (2.47)$$

Hasil persamaan yang telah dimodifikasi ditulis di dalam persamaan berikut ini :

$$Q = \frac{(H^2 C_g)_B}{8 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) a \cdot (1.416)} \quad (2.48)$$

$$\left[\frac{k_1}{2} \sin 2\theta_b - \frac{K_2 \cdot \cos \theta_b}{1.416 \tan \beta \cdot x} \right]_b \quad (2.49)$$

Dimana :

H = tinggi Gelombang

Cg = kecepatan group Gelombang (berdasarkan teori gelombang Linear)

a = 1- porositas pasir di area pantai (diambil 0.6)

ρ_s = masa jenis Pasir

ρ = masa jenis Air

θ_b = sudut gelombang pecah diukur dari garis pantai lokal

K1 = koefisien pendekatan untuk hubungan antara nilai transport dan longshore energi flux diambil dari gambar (2.37)

K2 = koefisien perbandingan antara kemiringan pantai dengan ketinggian gelombang pecah (diambil 0.39) dari spm 1984 figure 4-37

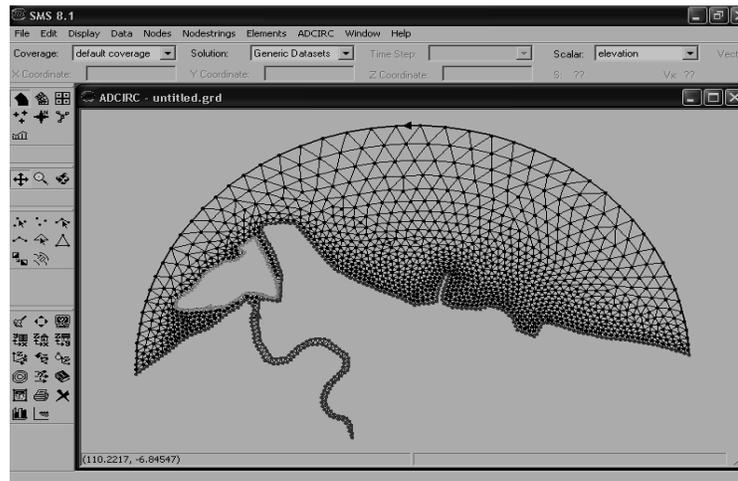
$\tan \beta$ = kemiringan dasar pantai sepanjang area *Surf Zone* sampai dengan *longshore sand transport*

2.8 Program SMS

SMS (*Surface water Modeling System*) merupakan *software* yang dirancang untuk mensimulasikan kondisi oseanografi yang terjadi di alam kedalam sebuah model 2 dimensi dengan metode elemen hingga (*finite element methode*). Pemakaian program SMS berdasar grafik untuk memudahkan penggunaannya.

Layar SMS mempunyai beberapa bagian yaitu:

1. Baris menu di bagian atas layar untuk mengakses perintah SMS
2. Jendela grafis utama di bagian tengah layar untuk menayangkan jaringan yang sedang digunakan, dan di bagian atas jendela ini ditunjukkan oleh jaringan yang sedang diedit.
3. Palet piranti terletak di bagian kiri layar, terdiri dari piranti *Modules*, *Static Tools*, *Dynamic Tools*, dan *Macros*.
4. Jendela informasi jaringan terletak di bagian atas layar menunjukkan identitas dan titik atau elemen serta posisi XYZ kursor bila berada di atas jendela utama. Jendela XYZ dapat pula digunakan untuk mengedit titik yang dipilih
5. Jendela penjelasan *online* terletak di bawah jendela informasi jaringan dan menayangkan pesan singkat dan peringatan-peringatan tertentu.
6. Tombol kendali (menu *display*) digunakan untuk menghidupkan dan mematikan jendela - jendela pelengkap.



Gambar 2.15. Contoh tampilan layar SMS

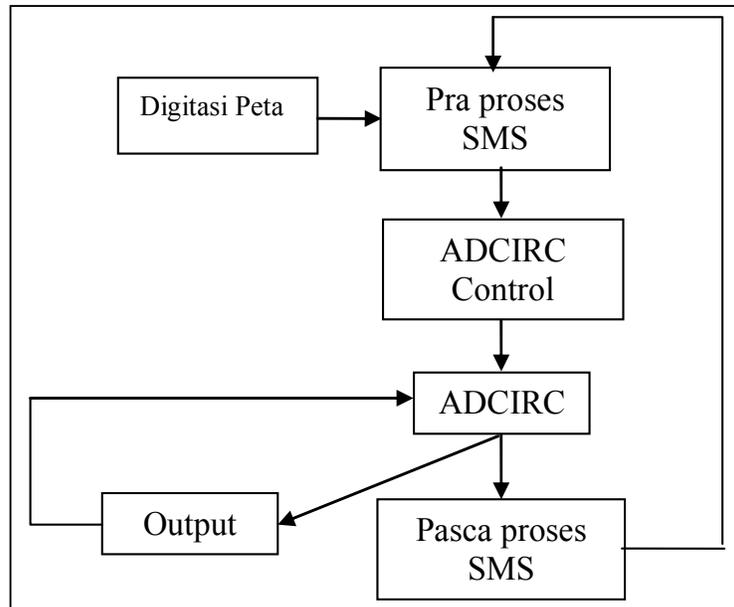
Pemodelan yang terdapat dalam program SMS yaitu :

1. *RMA*, *HIVEL2D* dan *Flo2dh* adalah pemodelan 2 dimensi untuk sirkulasi sungai atau estuari.
2. *RMA10* dan *CH3D* adalah pemodelan 3 dimensi untuk sirkulasi sungai atau estuari.
3. *ADRIC* dan *M2D* adalah pemodelan sirkulasi laut.
4. *CGWAVE* dan *BOUSS2D* adalah pemodelan penyelesaian gelombang bertahap
5. *STWAVE* adalah pemodelan penyelesaian gelombang tidak bertahap.
6. *RMA4* dan *SED2D-WES* adalah pemodelan transport sediment
7. *HEC-RAS* adalah pemodelan sungai 1 dimensi

Pemodelan yang digunakan untuk membuat simulasi pergerakan arus yang terjadi di Pantai Kendal adalah ADCIRC dan STWAVE.

2.8.1. Pemodelan dengan ADCIRC

Data yang dibutuhkan untuk menjalankan model ADCIRC berupa peta bathimetri dan periode gelombang .



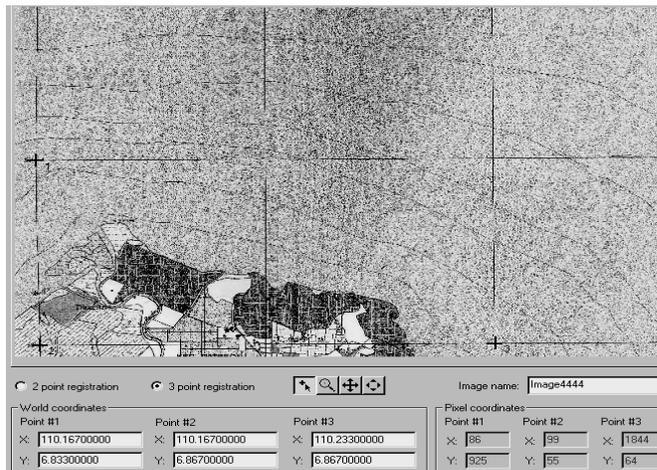
Gambar 2.16. Sket proses pemodelan dengan ADCIRC

A. Pengolahan data

Mengimpor peta bathimetri untuk proses digitasi garis pantai, *bathyimetri* atau *boundary* (daerah *mesh*/jaring-jaring elemen hingga). Pengolahan data dengan *software* SMS dapat dilakukan dengan cepat, dimana langkah-langkah pengolahan data peta tersebut diantaranya

1. Mengimpor peta bathimetri untuk proses digitasi garis pantai, *bathyimetri* atau *boundary* (daerah *mesh*/jarring-jaring elemen hingga).
 - Jalankan shortcut *SMS.EXE*
 - Klik *Map Module*

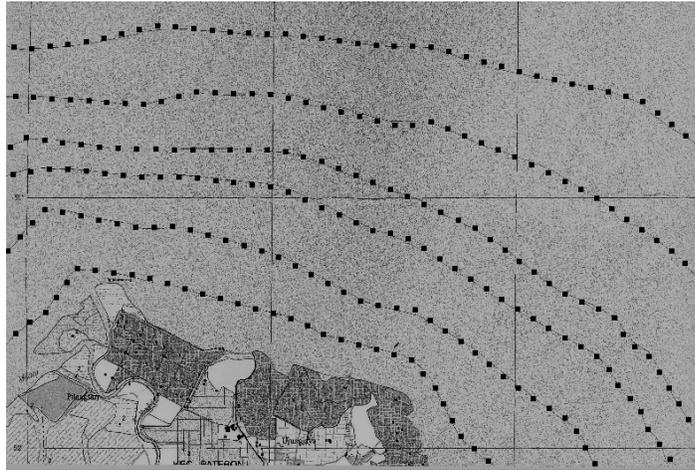
- Pilih *Map Module, Image, Manage Image ,Import* peta bathimetri . Gunakan *2 points registration* atau *3 points registration*. Penulis menggunakan *3 points registration* dengan koordinat titik 1 ($X1 = 110.167^\circ, Y1 = 6.833^\circ$), titik 2 ($X2 = 110.167^\circ, Y2 = 6.867^\circ$), dan ($X3 = 110.233^\circ, Y3 = 6.867^\circ$), klik *Register image* kemudian klik *Ok*.



Gambar 2.17. Register peta bathimetri

- Agar peta sesuai dengan posisi sebenarnya klik *Edit, Current Coordinate System*, pada *Horizontal System* ganti *Local* menjadi *Geographic*, pada *Ellipsoid* pilih *Indonesian National 1974*, pada *Units* untuk *Horizontal System* dan *Vertical System* ganti *U.S. Survey Feet* menjadi *Meters*, klik *Ok*
2. Tampilan awal setelah peta bathimetri diregister ke dalam *software SMS*.
 3. Proses digitasi garis pantai, *ocean boundary* atau *bathymetri* dan tampilan setelah digitasi garis pantai.
 - Pilih *Map Module* pada piranti *Modules*.
 - Klik *Create Feature Arch* pada piranti *Dynamic Tools*.

- Proses digitasi disesuaikan dengan keadaan garis pantai dari peta bathimetri.
 - Gunakan *Select Feature Vertex* untuk memilih, menggeser posisi titik yang ingin di pindahkan. Gunakan *Create Feature Vertex* untuk membuat titik vertex tambahan.
4. Menggunakan *Select Feature Points* untuk mengkonversi nodes menjadi vertex atau sebaliknya
- Klik *Map Module*.
 - Klik nodes-nodes yang akan kita sambungkan dengan *Select Feature Points*.
 - Pada *Map Module*, menu *Feature Object* klik *nodes ↔ vertex*
5. Mendefinisikan *Feature Arc*.
- Klik *Map Module*.
 - Klik *Select Arc* dengan memasukkan nilai z (elevasi/kedalaman) sesuai dengan kedalaman bathimetri pada peta.
 - Demikian seterusnya untuk setiap *poly line* yang kita sorot dengan menekan *Select Feature Arch* pada *Map Module*.
6. Mengkonversi bathimetri menjadi bentuk *scatter*.
- Pada menu *Map Module*, klik *Map → Scatter* dalam bentuk *polyline* menjadi bentuk *scatter* dengan nilai kedalaman tertentu, sesuai yang telah terdefinisi.
 - Klik *Map → Scatter* hingga muncul *dialog box*, namai *scatter* dengan misalnya *scatter_bath*.



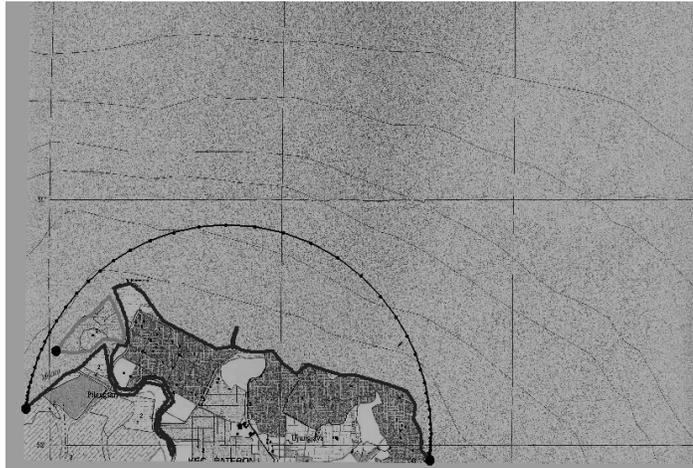
Gambar 2.18. *Scatter* yang dibuat dari garis kontur

7. Memberikan nilai jarak antar titik pada *vertex polyline bathymetri*.
 - Pada menu *Map Module*, klik *Feature Object*.
 - *Select Feature Points or Nodes*, sorot pada *Redistribute vertices*, *Arch Redistribution* diisi dengan *Specified Spacing*, kemudian nilainya diisi dengan 0.0025 agar jarak antar titik menjadi sama.
8. Menggabungkan *scatter* bathimetri dengan *scatter* garis pantai.
 - Pada *Scatter Modules*, select *Merge Set*.
 - Gabungkan semua *scatter* yang terletak di kotak sebelah kiri ke sebelah kanan, dengan menekan tombol *on* dan ketik nama baru, misal *merge*.
 - Klik *OK* apabila sudah dimerge.
9. Menghapus nodes garis pantai pada *Map Module*.

Ini dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan *arch* bathimetri dalam bentuk *polyline*, dan yang tersisa hanyalah *scatter*.

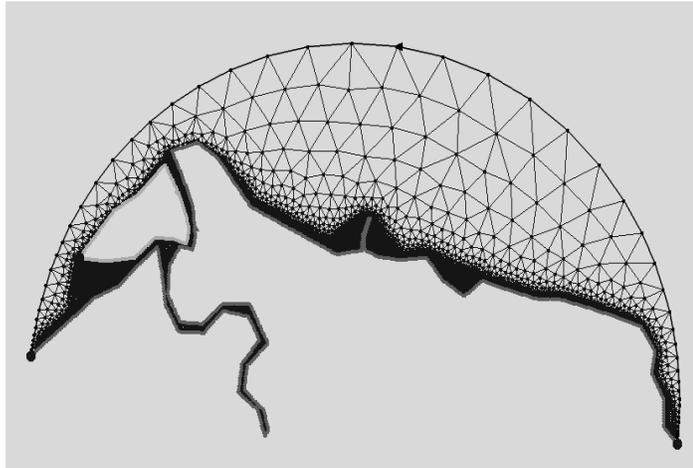
 - Pada *Map Module*.
 - Kemudian pilih node, delete dengan memilih semua node, sehingga yang teringgal adalah *scatter* bathimetri.

- Apabila kita mengklik *Scatter Module*, kemudian pilih *scatter point*, maka pada elevasi akan menampilkan kedalaman bathimetri yang telah kita masukkan tadi.
10. Mendefinisikan batas terluar dari daerah mesh.
- Klik *Feature Object*, pilih *Coverages* kemudian diganti variabelnya dengan *ADCIRC*.
 - Definisikan lingkungan terluar dari daerah batas mesh dengan nama *Ocean*, *Mainland*, ataupun *Island*.
11. Membuat fungsi *Celerity* dan *Wavelength*
- Klik modul *Scatter* pilih *Data*, *Create Data Set* kemudian matikan semua fungsi kecuali *Shallow Wavelength/Celerity* dan pada fungsi *Period* diisi 8.842
12. Membuat daerah *mesh* dalam bentuk poligon.
- Klik *Map Module*.
 - Kemudian klik *Feature Object*, pilih pada submenu *Build Polygone*.
 - Setelah proses berjalan, maka pada daerah yang telah kita tentukan luasannya, akan terbentuk warna hitam (*black area*).
13. Mendefinisikan kembali kondisi batas daerah *mesh*.
- Klik *Select Feature Polygone*, hingga *boundary* yang kita inginkan menampilkan warna hitam.
 - Kemudian pilih poligon pada daerah pulau, *delete*, agar pulau yang kita inginkan pada nantinya tidak tertutup oleh *mesh*.
 - Klik 2 kali pada daerah poligon sehingga muncul *dialog box*.
 - Pada *dialog box*, *mesh* tipe kita isikan *Paving*, *Bathymetri Tipe* kita isikan *Scatter Set*, *Polygon tipe/material* kita isikan *Ocean*.
 - Klik *Ok*.



Gambar 2.19. Garis *Boundary* untuk membatasi *mesh*

14. Mendefinisikan daerah lingkungan *mesh*.
 - Pilih *Map Module*.
 - Definisikan boundary yang telah kita buat dengan mengklik *Select Feature Arch*, menu *Feature Object, Attribute*, sehingga muncul *dialog box*.
 - Masing-masing kita definisikan sebagai *Mainland, Ocean*, dan *Island*.
15. Membuat poligon menjadi suatu *mesh*.
 - Setelah kita definisikan, kemudian kita milih menu *Feature Object, Map → 2D mesh*, kemudian komputer akan mengolah data yang telah kita input menjadi suatu jaring elemen hingga (*mesh*) dengan bentuk segitiga.



Gambar 2.20. Mesh yang terbentuk dari gabungan segitiga

16. Pengaturan *nodestring*.

- Pekerjaan kita lanjutkan dengan mengatur dan memberi nama suatu *nodestring*, klik *Select Nodestring*, maka akan muncul kotak warna hitam pada wilayah *boundary ocean* dan *mainland*, dengan panah yang berlawanan dengan arah berlawanan dengan arah jarum jam.
- Kemudian klik pada daerah *boundary ocean*, klik menu *Nodestring*, dan muncul *dialog box*, isinya kita klik pada *Bandwith* kemudian klik Ok.

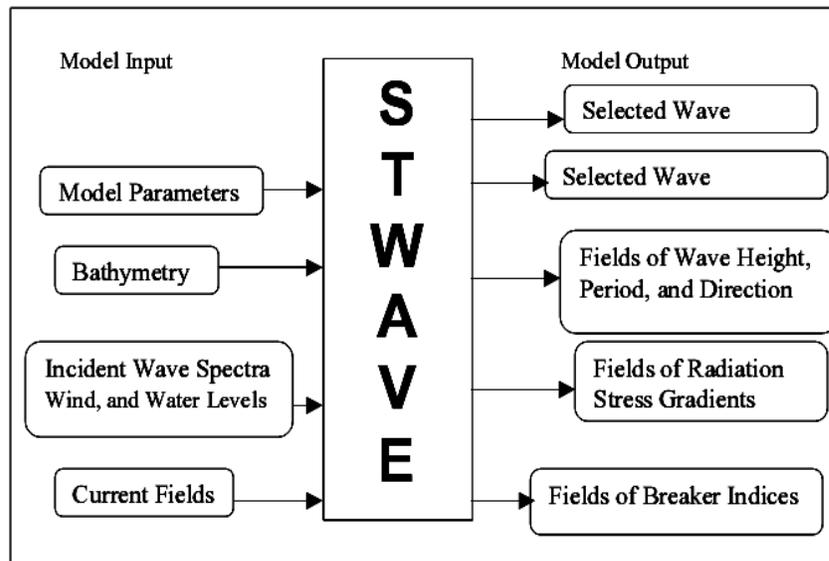
17. Proses running .

- Klik *ADCIRC, Model Control*, pilih *Tidal potensial* klik *New* kemudia muncul window *New Contituent*, ubah *day, month, year* sesuai yang kita inginkan, pilih *Contituent* yaitu K2, L2, M2, N2, O1, P1, Q1, S2, kemudia klik *Copy Potential Constituent* cari *file legi*, klik *Ok*.

- Klik *Time control* pilih *Global Eevation* dan *Global Velocity* kemudian isikan dengan nilai sebagai berikut :
 - ❖ *Time steps* : 4 sec
 - ❖ *Run time* : 1
 - ❖ *Out put every* : 900 time steps
 - ❖ *End day* : 1
 - Pada bagian *Terms*
 - ❖ Ceklis pada *finite amplitudo terms on*
 - ❖ Ceklis pada *advektive terms on*
 - ❖ Ceklis pada *Time derivative terms on*
 - Pilih menu *ADCIRC* kemudian klik run *ADCIRC*.
18. Membuka file-file **fort 63* dan *64* untuk menampilkan vector arus dan grafik pasut.
- Mengupload data file fort 63 untuk menampilkan grafik pasut, dan fort 64 untuk menampilkan grafik arus.
 - Klik mesh module, klik menu *data, data browser*.
 - Open pada file **fort 63*. klik *OK*.
 - Setelah dibuka, pada *dialog box*, kotak *Time Step* akan menampilkan semua data, klik *done*.
19. Menampilkan vector arus.
- Pilih *mesh module*.
 - Untuk menampilkan pola arus pada lingkungan *boundary mesh*, klik *Display Option*, beri tanda centang pada submenu *Vectors*.
 - Sesuaikan juga untuk sub menu-submenu yang lain, apakah ingin ditampilkan ataukah tidak, misalkan submenu *Scatter , 2D mesh, Map, Countour Option* dll. beri tanda *check* (centang) atau *uncheck* pada kotak yang bersangkutan.
20. Tampilan pada window *SMS* setelah *fort 63* dan *64* dibuka.
- Untuk mengubah pola arus sesuai dengan kondisi *timestep*.
 - Klik *Mesh Module, Solution* pilih *fort 64 (ADCIRC)* dan *timestep* sesuaikan dengan kondisi yang kita pilih.

2.8.2. Pemodelan dengan STWAVE

Data yang dibutuhkan dalam pemodelan dengan STWAVE adalah data grid dan pola arus dari hasil pemodelan dengan ADCIRC dan data gelombang serta angin



Gambar 2.21. Sket proses pemodelan dengan STWAVE

A. Pengolahan data.

1. Membuka file *.grid untuk menampilkan mesh dan *fort.64 untuk data pola arus.
 - Pilih *Display, Display option* kemudian pilih *vectors* pada *2D Mesh* kemudian tekan *OK*
 - Pada modul *Mesh* pilih *Data, Mesh* → *Scatterpoint* kemudian tekan *OK*
 - Karena mesh tidak lagi dibutuhkan maka harus dimatikan dengan cara pilih *Display, Display Option* tekan tombol *All off* pada *2D Mesh* kemudian tekan *OK*

2. Menghilangkan titik *scatter* yang tidak dibutuhkan untuk mempercepat proses
 - Pada *scatter* modul *Zoom* daerah yang diinginkan, pilih *Select Scatterpoint* kemudian pilih *Edit, Select With Poly* dan klik pada daerah yang diinginkan
 - Pilih *scatter, Split Scatter Set* tekan *OK*, kemudian tekan *Frame*. Pilih *Scatter, Delete Scatter set* untuk menghilangkan *scatter* yang tidak diinginkan.
3. Membuat grid cartesian
 - Pada modul *Map* pilih *Feature Object, Coverage* kemudian pilih *STWAVE*, tekan *OK*
 - Tekan *Create Grid Frame* kemudian drag pada daerah yang diinginkan kemudian pilih *Select Grid Frame* untuk mengatur posisi dan ukuran grid. Pada bagian ini lingkaran pada grid harus di sebelah kanan atas. Kemudian tekan *OK* dan *Frame*.
4. Membuat poligon darat dan laut
 - Pada modul *Mesh* pilih *Data, Mesh → Map*, tekan *Mesh Boundaries → Poligon*, kemudian tekan *OK*.
 - Kembali ke modul *Map* pilih *Create Arcs* kemudian buat garis mengelilingi grid pada bagian darat.
 - Pilih *Feature Object, Build Polygon*, kemudian pilih *Select polygon* dan klik 2x pada poligon bagian darat dan pilih *Land*.
5. Membuat map dari grid
 - Pilih *Feature Object, Map → 2D Grid*, kemudian pada kotak *Map → 2D Grid* atur *Cell Option to Number of Columns* untuk menentukan jumlah kolom yang diinginkan
 - Pada bagian *Depth* pastikan fungsi *elevation* telah terlihat pada *interpolate depth*. Kemudian hidupkan *Current* dan klik pada *Interpolated* dan pilih *Multiple Time Steps* dan atur waktunya pada *Start time, Step size* dan *End Time*, kemudian ditekan *OK*

- Untuk menampilkan grid saja pilih *Feature Object, Delete* dan tekan *OK*. Pilih *Scatter* modul pilih *Display, Display Option* matikan pilihan *Visible* dan tekan *OK*. Pindah ke *Cartesian Grid* modul pilih *Display, Display Option* dan hidupkan pilihan *Ocean Boundary* kemudian tekan *OK*.

B. Proses *Running*

1. Persiapan sebelum proses *running*.

- Pada modul *Cartesian Grid* pilih *STWAVE, Spectral Energy*, klik *Create Grid*, atur angka *Frequency Distribution* kemudian tekan *OK*. Pada *Generate Spectra* masukkan parameter data kemudian tekan *OK*.
- Pilih *STWAVE, Model Control* masukkan parameter yang akan di masukan ke spektrum, kemudian pada *Select Input Spectra* hidupkan label yang ada, pada *Source Terms* ganti *Other Setting* ke *Propagation Only*, tekan *OK*
- Pilih *Select Cell* ,klik pada cell yang diinginkan kemudian pilih *STWAVE, Assign Cell Attributes* dan pilih *Monitoring Station*

2. Proses *Running*

- Pilih *STWAVE* , klik *Run STWAVE*
- Untuk menampilkan pola arus pilih *File, Open* dan buka file **.wav* dan **.obs*
- Untuk menampilkan arah gelombang ganti fungsi *vector* ke fungsi *wave*
- Untuk menampilkan tinggi gelombang ganti fungsi *Scalar* ke fungsi *height*