

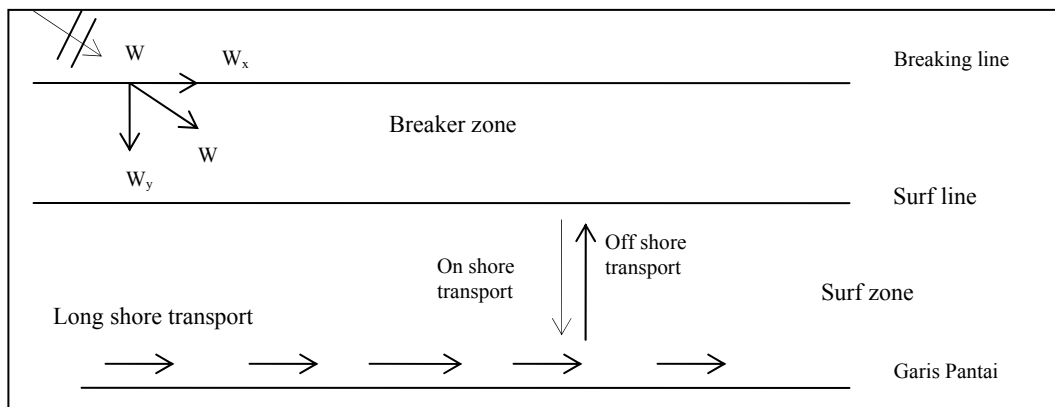
## BAB II STUDI PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum

Peta Bathimetri merupakan peta yang menggambarkan profil dasar laut, bentuk profil pantai sangat dipengaruhi oleh serangan gelombang, sifat-sifat sedimen seperti rapat masa dan tahanan terhadap erosi, ukuran dan bentuk partikel, kondisi gelombang dan arus.

Penyesuaian bentuk pantai merupakan tanggapan yang dinamis alami pantai terhadap laut. 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 transpor sepanjang pantai (*longshore transport*) dan transpor tegak lurus pantai (*onshore-offshore transport*). Material pasir yang ditranspor disebut dengan *littoral drift*. Transpor tegak lurus pantai terutama ditentukan oleh kemiringan gelombang terhadap garis pantai, ukuran sedimen dan kemiringan pantai. Pada saat gelombang pecah sedimen didasar pantai terangkat (tererosi) yang selanjutnya terangkut oleh dua macam gaya pergerak yaitu komponen energi gelombang dalam arah sepanjang pantai dan arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah. Arah transport sepanjang pantai sesuai dengan arah gelombang datang dan sudut antara puncak gelombang dan garis pantai.

Erosi merupakan salah satu permasalahan di wilayah pantai Mundu-Balongan. Oleh karena itu diperlukan bangunan pengaman pantai untuk melindungi daerah tersebut.



Gambar 2.1 ( *Longshore and Crossshore sediment transport* )  
C.E.M ( *Coastal Engginering Manual* )

## 2.2. DATA-DATA PERENCANAAN :

Dasar- dasar perencanaan bangunan pelindung pantai dipengaruhi oleh :

- Bathimetri pantai
- Angin
- Gelombang
- Fluktuasi muka air
- Design Water level

### 2.2.1 Batimetri Pantai

Peta bathimetri diperlukan untuk mengetahui keadaan kedalaman laut disekitar lokasi pekerjaan. Peta ini digunakan untuk mengetahui kondisi gelombang dilokasi pekerjaan. Peta Bathimetri pada laporan ini diperoleh dari hasil survei yang dilakukan oleh LAPITB pada tahun 2002 (dapat dilihat pada lampiran).

### 2.2.2 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 diatas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk.

Tinggi dan perioda gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin  $U$ , lama hembus angin  $D$ , Arah angin, dan fetch  $F$ .

#### A. Distribusi kecepatan angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut terbagi dalam tiga daerah sesuai dengan elevasi di atas permukaan. Di daerah geostropik yang berada di atas 1000 m kecepatan angin adalah konstan. Di bawah elevasi tersebut terdapat dua daerah yaitu daerah Ekman yang berada pada elevasi 100 sampai 1000 m dan daerah di mana tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 sampai 100m. Di kedua daerah tersebut kecepatan dan arah angin berubah sesuai dengan elevasi, karena adanya gesekan dengan permukaan laut dan perbedaan temperatur antara air dan udara.

Untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang di ukur 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 dapat menggunakan persamaan berikut :

$$U(10) = U(y) (10/y)^{1/7} \dots\dots\dots (2.1)$$

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  $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5 \text{ m/d}$ . 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. Tabel 2.1 adalah contoh hasil pencatatan data angin jam-jaman.

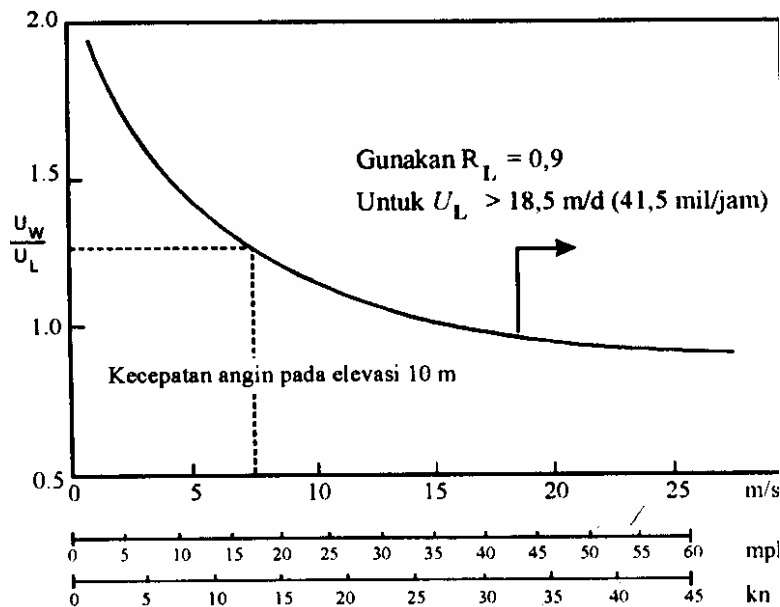
Data angin yang diperlukan merupakan hasil pengamatan beberapa tahun. yang disajikan dalam bentuk tabel dengan jumlah data yang sangat besar. Kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel (ringkasan) atau diagram yang disebut dengan mawar angin. Tabel 2.1 merupakan contoh penyajian data angin dalam bentuk tabel dari pencatatan angin jam-jaman selama satu bulan . Sedang gambar 2.2 adalah contoh mawar angin yang dibuat berdasarkan data dalam tabel Tabel 2.2.



Tabel dan gambar tersebut menunjukkan presentasi kejadian angin dengan kecepatan tertentu dari berbagai arah dalam periode waktu pencatatan. Dalam gambar tersebut garis-garis radial adalah arah angin dan tiap lingkaran menunjukkan presentasi kejadian angin dalam periode waktu pengukuran.

**C. Konversi Kecepatan Angin**

Sudah dijelaskan didepan bahwa data angin dapat diperoleh dari pencatatan di permukaan laut atau pengukuran di darat. Pada laporan ini data angin yang di gunakan merupakan hasil pengukuran di darat yang diperoleh dari stasiun angin Jatiwangi. 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 gambar 2.3. Gambar tersebut merupakan hasil penelitian yang dilakukan di Great Lake, Amerika Serikat.



Gambar 2.3 Hubungan antara kecepatan angina di laut dan di darat

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

$$U_A = 0,71 (U)^{1.23} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

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

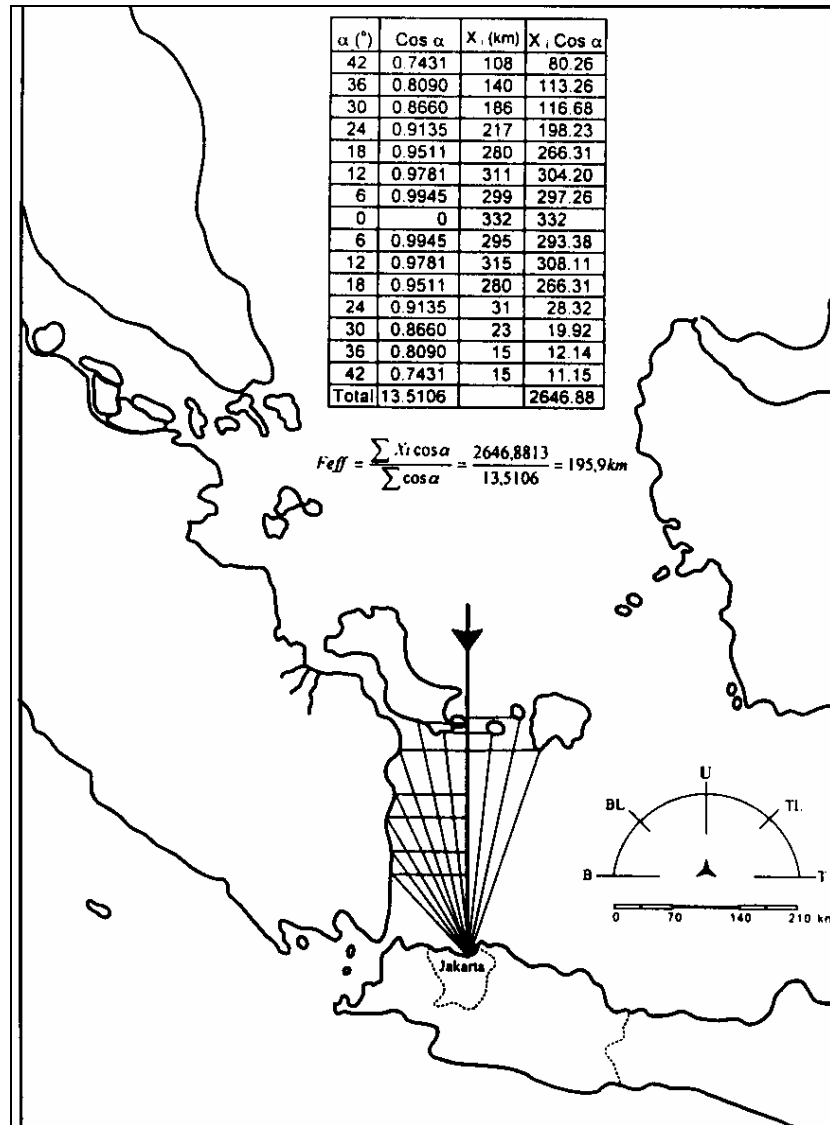
#### **D. Fetch**

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentuk gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Gambar 2.4 menunjukkan cara untuk mendapatkan *fetch* efektif. *Fetch* rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut :

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

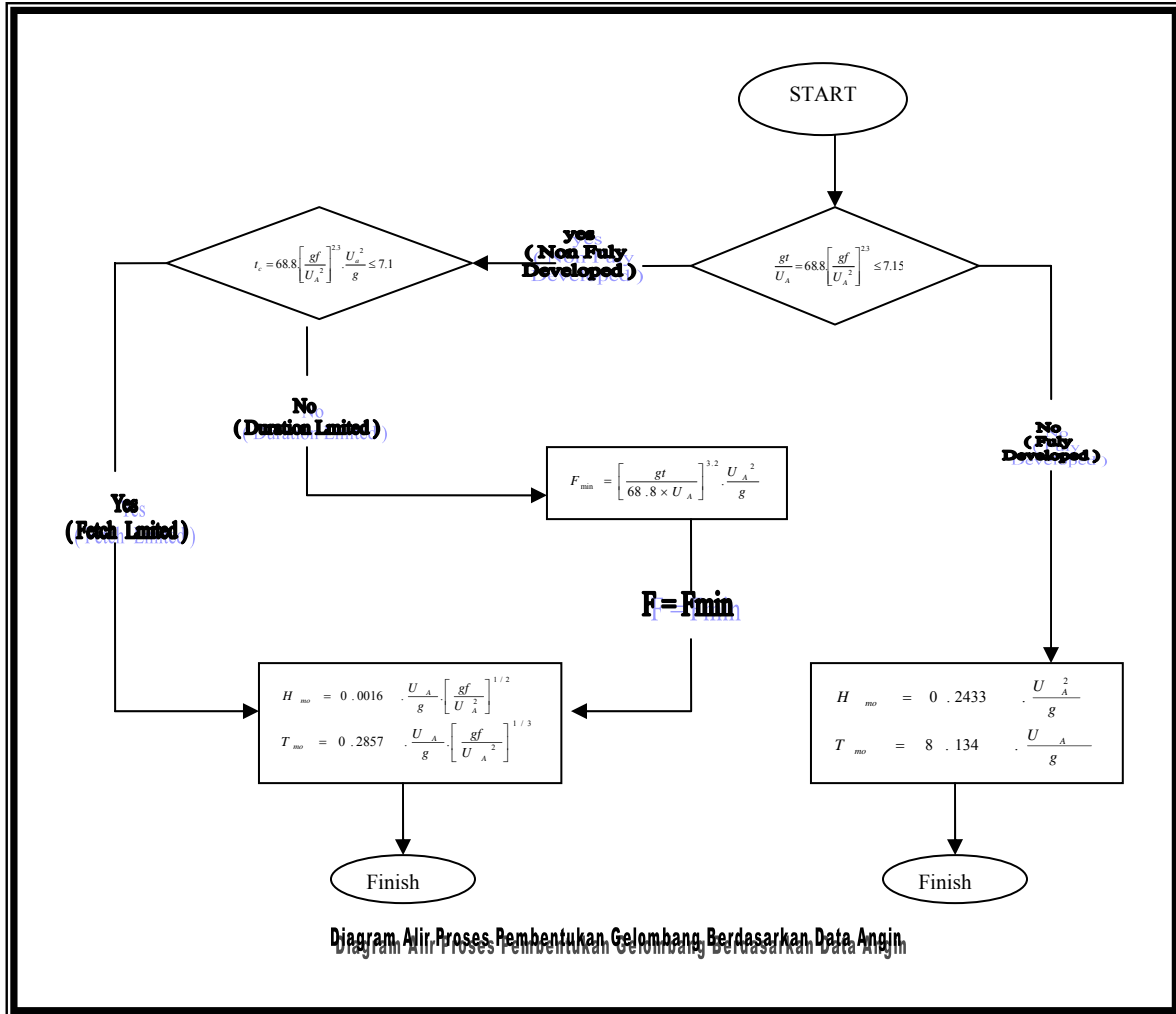
- $F_{\text{eff}}$  : fetch rerata efektif  
 $X_i$  : panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang keujung akhir fetch  
 $\alpha$  : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan  $6^\circ$  sampai sudut sebesar  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 2.4 Fetch

### E. Peramalan Gelombang

Peramalan gelombang berdasarkan data angin sebagai pembangkit utama gelombang dan daerah pembentukan gelombang (*fetch*). Dari data angin dan *fetch* gelombang akan di dapatkan jenis, tinggi dan perioda gelombang yang ada di daerah pantai. Dengan menggunakan rumus – rumus seperti berikut :



Gambar 2.5 Flow chart dan rumus peramalan gelombang (SPM,volume 1)

Dimana :

$H_{mo}$  : *Wave Height* ( tinggi gelombang signifikan ) adalah tinggi rerata dari 33% nilai tertinggi gelombang yang terjadi.

$T_{mo}$  : *Wave Period* ( Periode puncak Gelombang)

$F$  : Efektif fetch length (*fetch efektif*)

$U_A$  : *Wind Stres Factor ( Modified Wind Speed )* faktor tegangan angin

$g$  : grafitasi

$t$  : waktu



### 2.2.3 Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Diantaranya adalah:

- a) gelombang angin yang diakibatkan oleh tiupan angin dipermukaan laut
- b) gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan,
- c) Gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya.

Gelombang dapat menimbulkan energi yang dapat mempengaruhi profil pantai. Selain itu gelombang juga menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus maupun sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Terdapat beberapa teori gelombang dengan beberapa derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan kondisi gelombang di alam diantaranya adalah teori Airy, Stokes, Gerstner, Mich, Konoidal dan Tunggal. Teori gelombang Airy merupakan teori gelombang amplitude kecil, sedangkan teori gelombang yang lain adalah gelombang amplitude terbatas (*finite amplitude waves*)

#### 2.2.3.1 Beberapa 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. Terdapat beberapa anggapan yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang adalah sebagai berikut.

1. Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat masa adalah konstan.
2. Tegangan permukaan di abaikan.
3. Gaya coriolis ( akibat perputaran bumi di abaikan )
4. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan.
5. zat cair adalah adeal, sehingga berlaku aliran tak rotasi.

6. Dasar Laut adalah Horizontal, tetap dan impermeable sehingga kecepatan vertical di dasar adalah nol.
7. Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.
8. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.

Gambar 2.6 menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x-y. Gelombang menjalar pada sumbu x.

Beberapa notasi yang digunakan adalah didalam perhitungan gelombang airy adalah :

d : jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)

$\eta(x,t)$  : fluktuasi muka air terhadap muka air diam =  $\eta = a \cos(kx - \sigma t)$

a : amplitudo gelombang

H : tinggi gelombang = 2 a

L : panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan

T : Periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya

C : Kecepatan rambat gelombang = L/T

k : angka gelombang =  $2\pi / L$

$\sigma$  : frekuensi gelombang =  $2\pi / T$

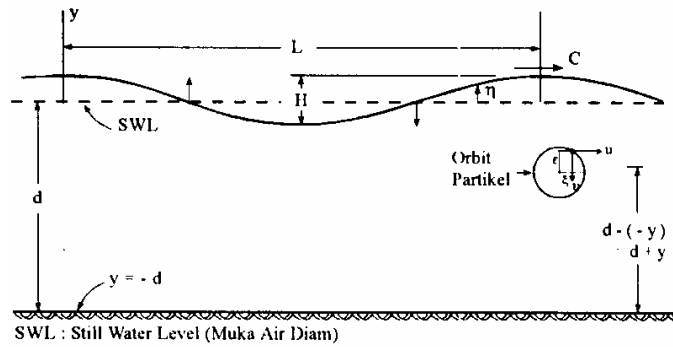
g : gravitasi = 9,81 m/d<sup>2</sup>

Hubungan Cepat rambat gelombang dengan T dan d adalah

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.4)$$

Dan hubungan panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman adalah

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.5)$$



Gambar 2.6 ( Skets definisi gelombang )

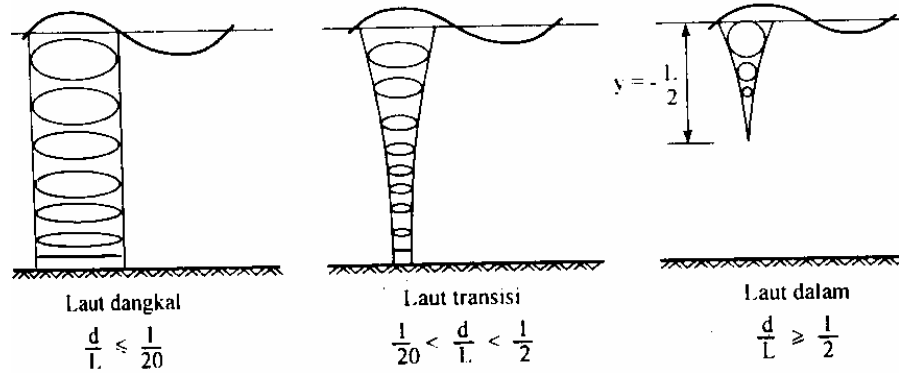
### 🌊 Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang  $L$ , ( $d/L$ ), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam dapat dilihat pada tabel 2.3 yaitu :

Tabel 2.3 Klasifikasi Gelombang Menurut Teori Gelombang Linier (Airy)

Keterangan	Gelombang dilaut dangkal	Gelombang di laut transisi	Gelombang di laut dalam
$d/L$	$d/L \geq 1/2$	$1/20 < d/L < 1/2$	$d/L \leq 1/20$
$\text{Tanh}(2\pi d/L)$	$\approx 2\pi d / L$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$	$\approx 1$
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	$L = T\sqrt{gd}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]$	$L = L_o = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56T^2$

Selama penjalaran gelombang dari laut dalam ke laut dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.7



Gambar 2.7 (gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi, dan dalam)

## 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 :

Hubungan Cepat rambat gelombang dengan  $T$  dan  $d$  adalah

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.6)$$

Dan hubungan panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman adalah

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.7)$$

- b) Fluktuasi muka air

Persamaan muka air untuk teori orde kedua adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t) + \frac{\pi H^2}{8L} \frac{\cosh kd}{\sinh^3} (2 + \cosh 2kd) \cos 2(kx - \sigma t) \quad (2.8)$$

Untuk laut dalam ( $d/l > 0.5$ ) persamaan diatas menjadi

$$\eta = \frac{H_0}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L_0} - \frac{2\pi t}{T}\right) + \frac{\pi H_0^2}{4L_0} \cos\left[\frac{4\pi x}{L_0} - \frac{4\pi t}{T}\right] \quad (2.9)$$

- c) Kecepatan partikel.

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

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma) + \frac{3}{4} \left( \frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^4 kd} \cos 2(kx - \sigma) \quad (2.10)$$

$$v = \frac{\pi H}{T} \frac{\sinh k(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma) + \frac{3}{4} \left( \frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\sinh 2k(d+y)}{\sinh kd} \sin 2(kx - \sigma) \quad (2.11)$$

d) Perpindahan ( displacement ) partikel.

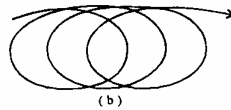
Persamaan orde kedua dari perpindahan partikel terhadap posisi rerata untuk gelombang amplitudo berhingga mempunyai bentuk berikut ini.

$$\xi = \frac{H}{2} \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma) + \frac{\pi H^2}{8L} \frac{1}{\sinh^2 kd} \left[ 1 - \frac{3}{2} \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^2 kd} \right] \sin 2(kx - \sigma) + \left( \frac{\pi H}{L} \right)^2 \frac{Ct}{2} \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^2 kd} \quad (2.12)$$

$$\varepsilon = \frac{H}{2} \frac{\sinh k(d+y)}{\sinh kd} + \frac{3}{16} \frac{\pi H^2}{L} \frac{\sinh 2k(d+y)}{\sinh^4 kd} \cos 2(kx - \sigma) \quad (2.13)$$

e) Kecepatan transpor massa

Teori stokes menganggap bahwa partikel air bergerak dalam orbit berupa lingkaran atau elips tidak tertutup. Sehingga hal ini menyebabkan terjadinya aliran masa air dalam arah penjalaran gelombang; seperti terlihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 ( orbit partikel air pada gelombang stokes )

$$U_{(y)} = \left[ \frac{\pi H}{L} \right]^2 \frac{C}{2} \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^2 kd} \quad (2.14)$$

f) Tekanan gelombang

Distribusi tekanan gelombang pada kedalaman air diberikan oleh bentuk berikut :

$$p = \rho g \frac{H}{2} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \sigma) - \rho g y + \frac{3}{8} \rho g \frac{\pi H^2}{L} \frac{\tanh kd}{\sinh^2 kd} \left\{ \frac{\cosh 2k(d+y)}{\sinh^2 kd} - \frac{1}{3} \right\} \cos 2(kx - \sigma) - \frac{1}{8} \rho g \frac{\pi H^2}{L} \frac{\tanh kd}{\sinh^2 kd} [\cosh 2k(d+y) - 1] \quad (2.15)$$

### 3. Teori Gelombang Knoidal.

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

Gambar 2.5 menunjukkan beberapa parameter gelombang konoidal. Karakteristik gelombang dinyatakan dalam parameter yang mempunyai fungsi dari  $k$ . Parameter  $k$  tidak mempunyai arti fisik, dan hanya digunakan untuk menyatakan hubungan antara berbagai parameter gelombang. Ordinat dari permukaan air  $ys$  diukur terhadap dasar diberikan oleh :

$$ys = yt + H.cn^2 \left\{ 2K(k) \left( \frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right), k \right\} \quad (2.16)$$

Dengan :

$Yt$  : 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 )

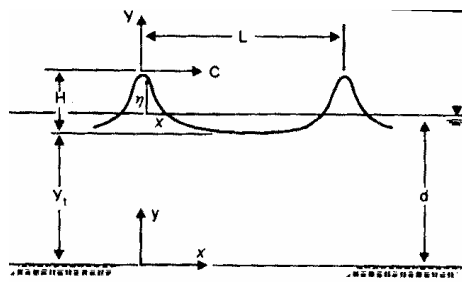
Jarak dari dasar ke lembah gelombang (  $yt$  ) adalah :

$$\frac{yt}{yc} = \frac{yc}{d} - \frac{H}{d} = \frac{16d^2}{3L^2} K(k) \{ K(k) - E(k) \} + 1 - \frac{H}{d} \quad (2.17)$$

Dengan  $yc$  adalah jarak dari dasar ke puncak gelombang.

Panjang gelombang di berikan oleh rumus :

$$L = \sqrt{\frac{16d^3}{3H}} k.K(k) \quad (2.18)$$

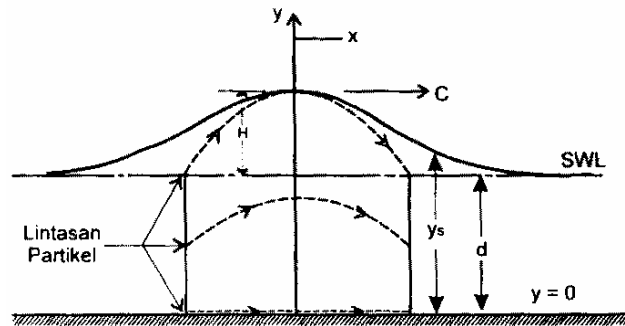


Gambar 2.9 Gelombang konoidal

#### 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 2.10 merupakan sistem koordinat dari gelombang tunggal. Diberikan oleh persamaan berikut ini.



Gambar 2.10 Gelombang tunggal

$$y_s = d + H \operatorname{sech}^2 \left\{ \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{H}{d^3} (x - Ct) \right\} \text{ atau } \eta = H \operatorname{sech}^2 \left\{ \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{H}{d^3} (x - Ct) \right\} \quad (2.19)$$

Dimana sumbu x berawal dari puncak gelombang.

Kecepatan rambat gelombang memiliki bentuk seperti berikut :

$$C = \sqrt{g(H + d)} \quad (2.20)$$

Kecepatan partikel gelombang diberikan oleh :

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

$$v = CN \frac{\sin(My/d) \sinh(Mx/d)}{\{\cos(My/d) + \cosh(Mx/d)\}^2} \quad (2.21)$$

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

$$U_{maks} = \frac{CN}{1 + \cos(My/d)} \quad (2.22)$$

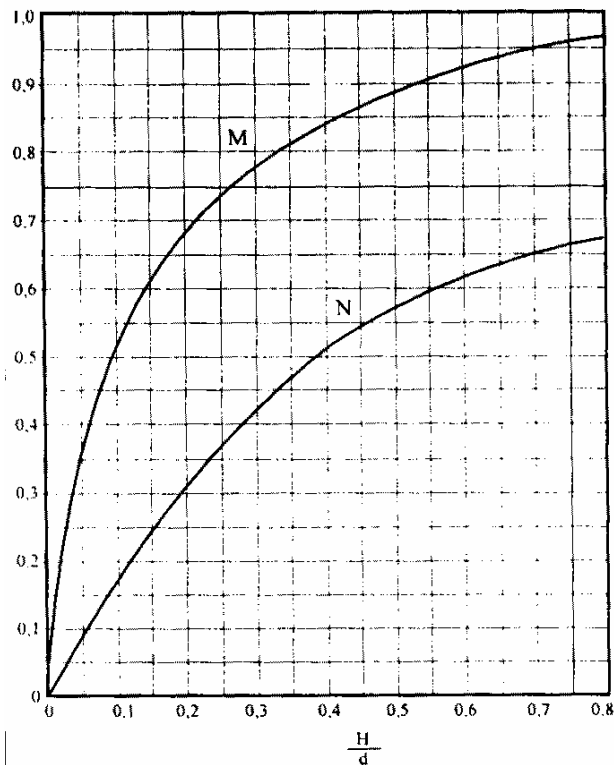
Energi gelombang total tiap satuan lebar :

$$E = \frac{8}{3\sqrt{3}} \cdot \rho \cdot g \cdot H^{3/2} d^{3/2} \quad (2.23)$$

Tekanan Gelombang diberikan oleh bentuk :

$$P = \rho \cdot g \cdot (yc - y) \quad (2.24)$$

$$\text{Gelombang pecah akan terjadi jika } \left( \frac{H}{d} \right)_{maks} = 0.78 \quad (2.25)$$

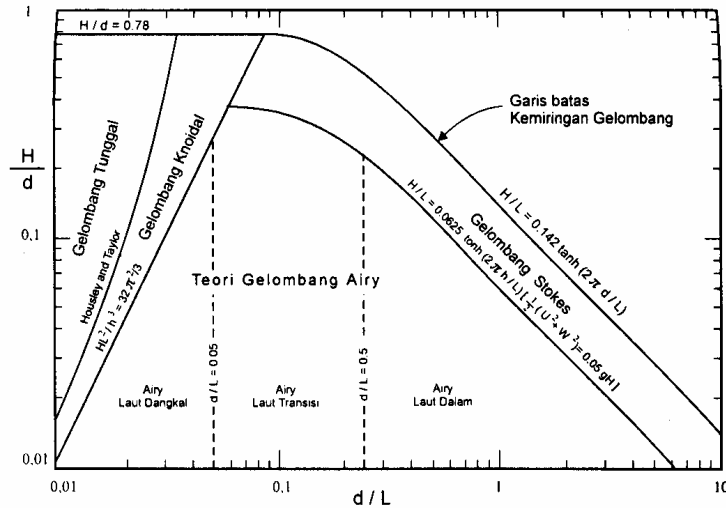


Gambar 2.11 ( Fungsi M dan N pada teori gelombang tunggal )

### ✚ Batasan Penggunaan Teori Gelombang

Berikut ini akan di berikan gambar mengenai batasan – batasan didalam pemilihan teori gelombang. Gambar ini didasarkan pada perbandingan H/d dan d/L.





Gambar 2.12 ( Daerah penerapan fungsi gelombang fungsi H/d dan d/L )

### 2.2.3.2 Deformasi Gelombang

#### 1. Gelombang Laut Dalam Ekuivalen

Analisis transformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen , yaitu tinggi gelombang laut dalam apabila gelombang tidak mengalami refraksi. Pemakaian gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi, difraksi dan transformasi lainnya, sehingga perkiraan transformasi dan deformasi gelombang dapat dilakukan lebih mudah. Tinggi gelombang di laut dalam ekuivalen diberikan oleh bentuk :

$$H'_o = K' K_r H_o \tag{2.26}$$

$H'_o$  : tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

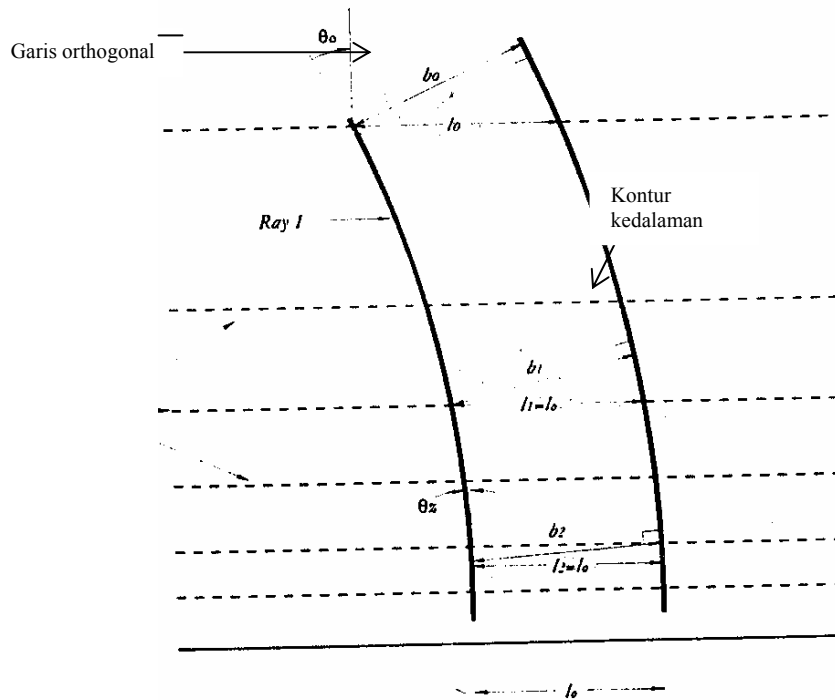
$H_o$  : tinggi gelombang laut dalam

$K'$  : koefisien difraksi

$K_r$  : koefisien refraksi

#### 2. Refraksi

Refraksi adalah peristiwa berubahnya arah perambatan dan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman dasar laut. Gambar 2.13 merupakan gambaran sederhana terjadinya refraksi . Gelombang akan merambat lebih cepat pada perairan yang dalam dari perairan yang dangkal. Hal ini menyebabkan puncak gelombang membelok dan menyesuaikan diri dengan kontur dasar laut.



Gambar 2.13 perambatan arah gelombang akibat refraksi

Persamaan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman dasar laut adalah

$$H = K_s K_r H_o \quad (2.27)$$

Dimana :

$K_s$  : Koefisien pandangkalan; merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air, dapat di ambil pada tabel L-1 (lampiran)

$K_r$  : Koefisien refraksi =  $\sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$

$H_o$  : Tinggi gelombang di laut dalam

$\alpha_0$  : sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai

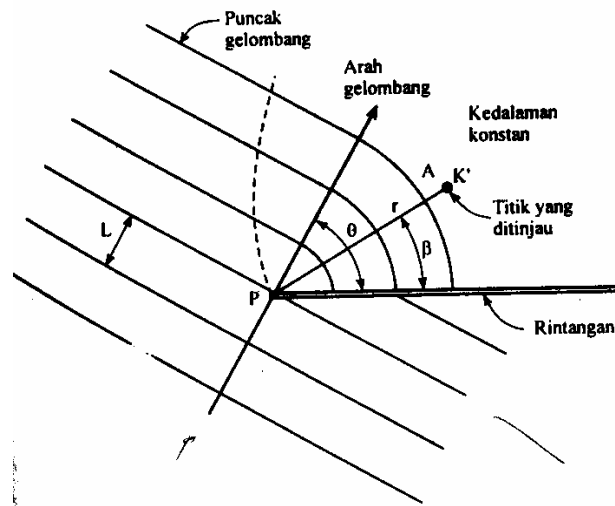
$\alpha$  : sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang

$$\text{di tinjau, } \sin \alpha = \left( \frac{C}{C_o} \right) \sin \alpha_0$$

### 3. Difraksi

Apabila 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: seperti terlihat pada

Gambar.2.14. Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang. Garis puncak gelombang di belakang rintangan membelok dan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusatnya pada ujung rintangan. Dianggap bahwa kedalaman air adalah konstan. Apabila tidak maka selain difraksi juga terjadi refraksi gelombang. Biasanya tinggi gelombang berkurang di sepanjang puncak gelombang menuju daerah terlindung.



Gambar 2.14 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  $\beta$ , dan sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan  $\theta$ . Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi  $K'$ .

$$H_A = K' H_p \quad (2.28)$$

$$K' = f(\theta, \beta, r/L) \quad (2.29)$$

Dengan A adalah titik yang ditinjau di belakang rintangan dan P adalah ujung pemecah gelombang. Nilai  $K'$  untuk  $\alpha, \beta$  dan  $r/L$  tertentu diberikan dalam tabel A pada lampiran

#### 4. Gelombang Pecah

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 ( $d_b$ ). Tinggi gelombang pecah diberi notasi  $H_b$ .

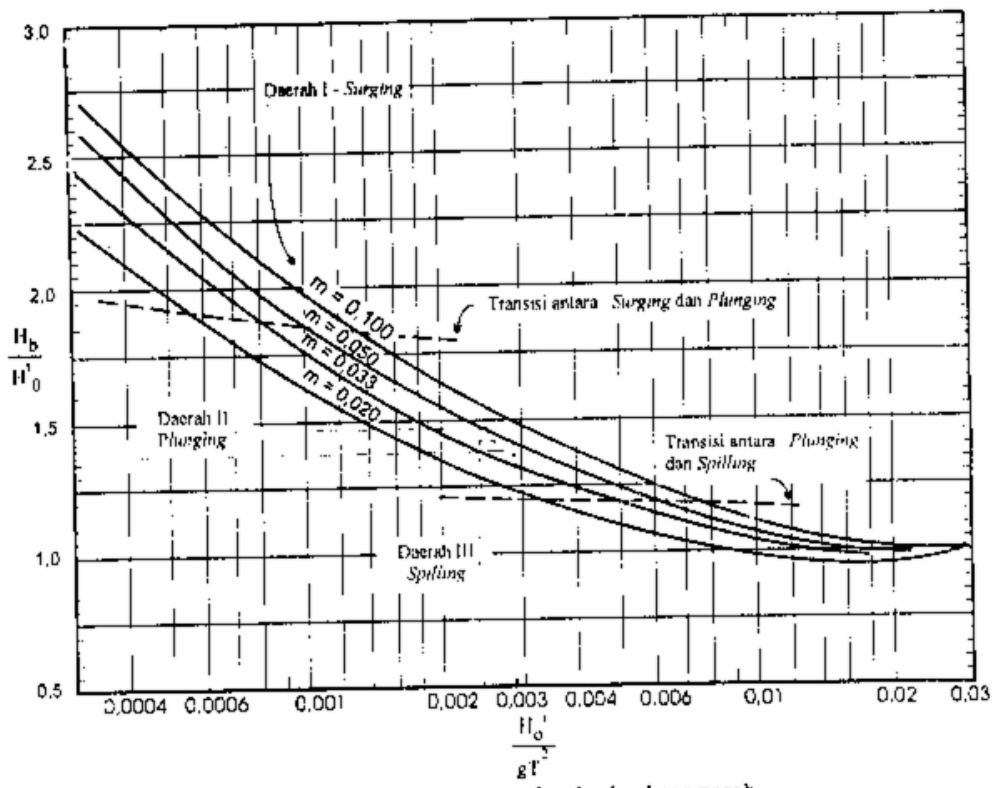
Beberapa peneliti (Iversen, Galvin, Goda ; dalam CERC, 1984) membuktikan bahwa  $H_b/H_o'$  dan  $d_b/H_b$  tergantung pada kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang. Gambar 2.15 menunjukkan hubungan antara  $H_b/H_o'$  dan  $H_o'/gT^2$  untuk berbagai kemiringan dasar laut. Sedang gambar 2.16 menunjukkan hubungan antara  $d_b/H_b$  dan  $H_b/gT^2$  untuk berbagai kemiringan dasar. Grafik yang diberikan pada gambar 2.15 dapat ditulis dalam bentuk rumus sebagai berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b / gT^2)} \quad (2.30)$$

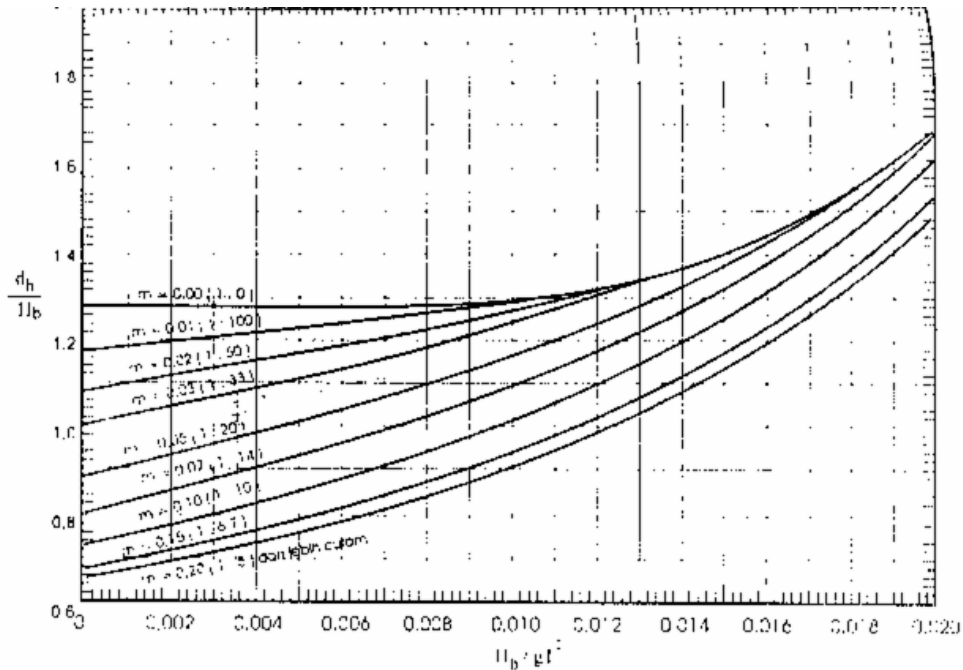
Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan (m) dan diberikan oleh persamaan berikut ini :

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad (2.31)$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19*m})} \quad (2.32)$$



Gambar 2.15 Penentuan tinggi gelombang pecah



Gambar 2.16 Penentuan kedalaman gelombang pecah

### 2.2.3.3 Gelombang Pecah rencana

Tinggi gelombang pecah rencana  $H_b$  merupakan tinggi gelombang pecah pada suatu jarak di depan kaki bangunan dimana gelombang pertamakali mulai pecah. Tinggi gelombang pecah rencana bergantung pada kedalaman air depan kaki bangunan, kemiringan dasar pantai dan jarak penjalaran gelombang pecah. dan:

$$H_b = \frac{d}{\beta - m \tau_b} \quad (2.33)$$

dengan :

$$\beta = \frac{d_b}{H_b} \quad (2.34)$$

$$\tau_p = \frac{x_p}{H_b} \quad (2.35)$$

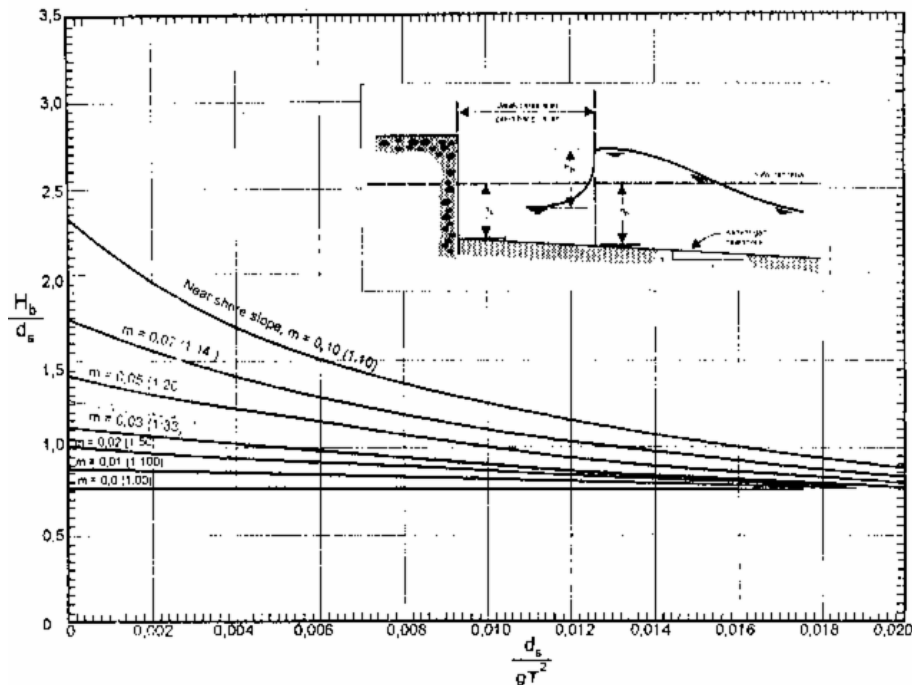
$d_s$  : kedalaman air di kaki bangunan

$m$  : kemiringan dasar pantai

$x_p$  : jarak penjalaran gelombang pecah

Nilai  $\beta$  yang digunakan dalam persamaan (2.32) tidak dapat langsung digunakan sebelum nilai  $H_b$  diperoleh. Untuk menghitung nilai  $H_b$  telah disediakan gambar 2.17.

Apabila kedalaman rencana maksimum pada bangunan dan periode gelombang datang diketahui, maka dapat dihitung tinggi gelombang pecah rencana.



gambar 2.17 Tinggi gelombang pecah rencana di kaki bangunan

## 2.2.4 Fluktuasi Muka Air

Fluktuasi muka air laut yang disebabkan oleh proses alam diantaranya adalah:

- 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 tidak dapat diprediksi

### 2.2.4.1 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. Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam (*wave set down*)

disekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik di mana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai (*wave set-up*).

*Wave set-up* di pantai dapat dihitung dengan menggunakan teori Longuet-Higgins dan Stewart (1963, dalam CERC, 1984). Besar *wave set-down* di daerah gelombang pecah diberikan oleh :

$$S_b = -\frac{0.536H_b^{2/3}}{g^{1/2}T} \quad (2.36)$$

dengan:

$S_b$  : *set-down* di daerah gelombang pecah

T : periode gelombang

$H_o'$  : tinggi gelombang laut dalam ekivalen

$d_b$  : kedalaman gelombang pecah

g : percepatan gravitasi

*Wave set-up* di pantai:

$$S_w = 0.19 \left[ 1 - 2.82 \sqrt{\frac{H_b}{g \times T^2}} \right] H_b \quad (2.37)$$

#### 2.2.4.2 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. Kenaikkan muka air karena badai dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta h = \frac{Fi}{2} \text{ dan } \Delta h = Fc \frac{V^2}{2gd}$$

Dimana :

$\Delta h$  : kenaikkan elevasi muka air karena badai (m)

F : panjang fetch (m)

i : kemiringan muka air

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

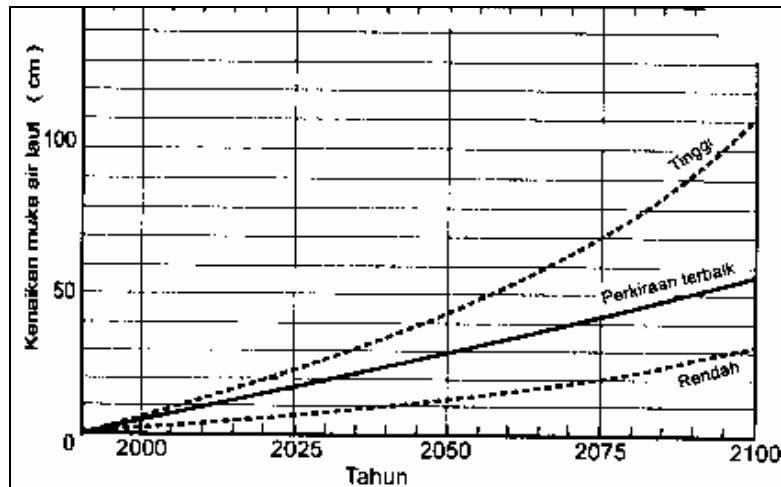
V : kecepatan angin (m/d)

d : kedalaman laut (m)

g : percepatan gravitasi ( $m/d^2$ )

### 2.2.4.3 Pemanasan Global

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Di dalam perencanaan bangunan pantai, kenaikan muka air karena pemanasan global harus diperhitungkan. memberikan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai 2100 Gambar 2.18, gambar tersebut berdasarkan anggapan bahwa suhu bumi meningkat seperti yang terjadi saat ini (Bambang Triatmojo, TEKNIK PANTAI, 1999).



Gambar 2.18 Perkiraan kenaikan muka air laut

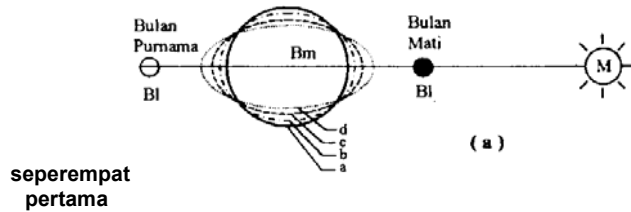
### 2.2.4.4 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut. Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi dan air terendah yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Variasi muka air laut menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar.

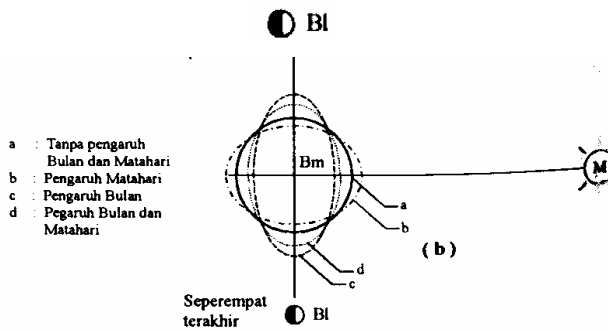
Didalam perencanaan bangunan pelindung pantai diperlukan data pengamatan pasang surut minimal selama 15 hari. Karena pada setiap tanggal 1 dan 15 (bulan muda dan bulan purnama) posisi bumi-bulan-matahari kira-kira berada pada garis lurus (gambar 2.19.a), sehingga gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi saling memperkuat. Pada keadaan ini terjadi pasang surut purnama (pasang besar, *spring tide*) Sedangkan pada tanggal 7 (seperempat revolusi bulan terhadap bumi) dimana bulan dan



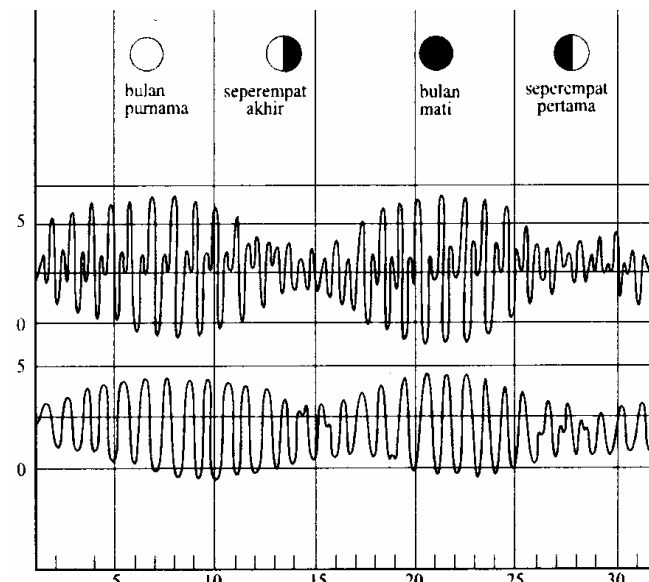
matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi (gambar 2.19.b) maka gaya tarik menarik bumi saling mengurangi, pada keadaan ini terjadi pasang surut perbani (pasang kecil, *neap tide*). Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan alat *automatic water level recorder*. Gambar 2.20 menunjukkan variasi pasang surut selama satu bulan yang menunjukkan pasang surut purnama dan perbani.



Gambar 2.19.a posisi bumi-bulan-matahari



Gambar 2.19.b posisi bumi-bulan-matahari



Gambar 2.20 variasi pasang surut selama satu bulan

Beberapa definisi muka air laut berdasarkan data pasang surut 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.

Beberapa definisi muka air diatas, banyak digunakaan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan, misalnya MHWL atau HHWL digunakan untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang, dermaga dan sebagainya.

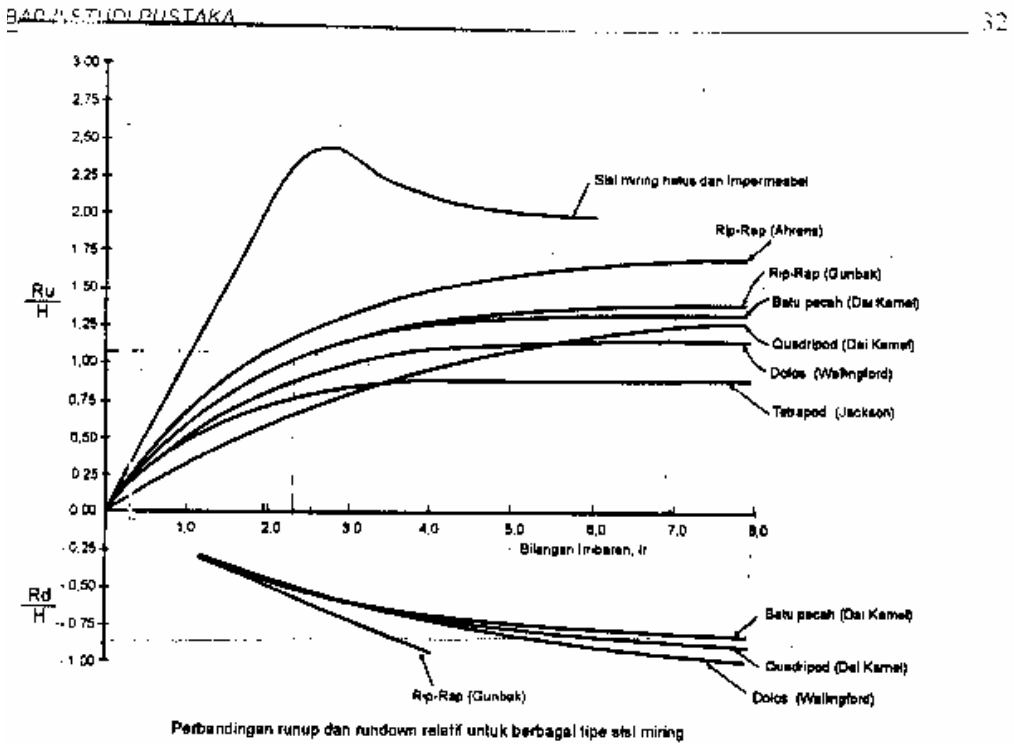
#### **2.2.4.5 Design Water Level (DWL)**

Untuk menentukan gelombang rencana bangunan ( $d_s$ ) 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)

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

#### **2.2.5 Run-up Gelombang**

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, gelombang tersebut akan naik (*run-up*) pada permukaan bangunan. Elevasi tinggi bangunan yang direncanakan tergantung pada run-up dan limpasan yang diijinkan. Nilai run-up ( $R_u$ ) merupakan fungsi dari bilangan Iribaren yang dapat diperoleh dari grafik (gambar 2.21).



gambar 2.21 Perbandingan run up gelombang

gambar 2.21 Perbandingan run up gelombang

$$Ir = \frac{tg \theta}{(H / Lo)^{0.5}} \tag{2.38}$$

Dimana :

- Ir = bilangan Irrebaren
- $\theta$  = sudut kemiringan sisi gelombang pecah
- H = tinggi gelombang di lokasi bangunan
- Lo = panjang gelombang di laut dalam

Grafik tersebut dapat digunakan untuk menghitung run down ( $R_d$ ) yaitu turunya permukaan air karena gelombang pada sisi gelombang pemecah.

Besarnya elevasi mercu dapat dihitung dengan persamaan :

$$EL_{mercu} = DWL + R_u + F_b \tag{2.39}$$

Dimana :

- $EL_{mercu}$  = elevasi mercu bangunan pantai
- $R_u$  = run-up gelombang

Fb = tinggi jagaan

DWL = *design water level*

### 2.3 Peramalan Garis pantai

Penyesuaian bentuk pantai merupakan tanggapan yang dinamis alami pantai terhadap laut. Proses dinamis pantai sangat dipengaruhi oleh *littoral transport*, yang didefinisikan sebagai gerak sediment 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 (*onshore-offshore transport*). Material pasir yang ditranspor disebut dengan *littoral drift*. Transport tegak lurus pantai terutama ditentukan oleh kemiringan gelombang, ukuran sediment dan kemiringan pantai. Pada umumnya gelombang dengan kemiringan besar menggerakkan material ke arah laut (abrasi), dan gelombang kecil dengan periode panjang menggerakkan material ke arah darat (akresi).

Bentuk profil 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.

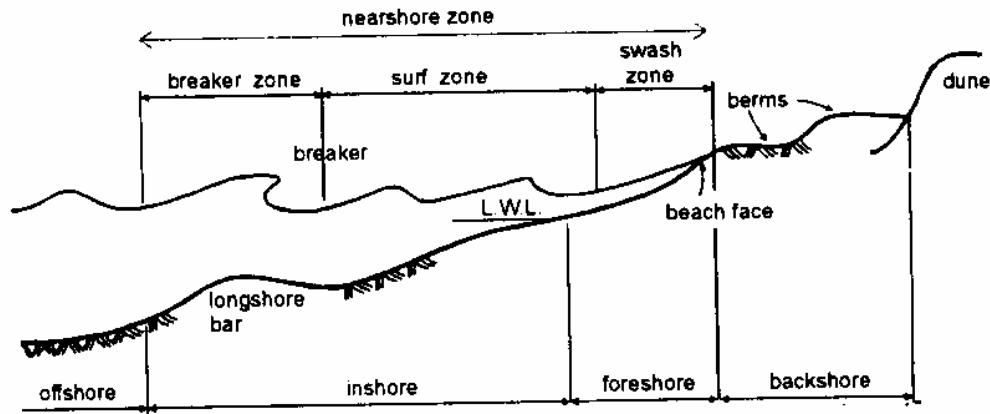
#### 2.3.1 Bentuk Pantai

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 muara sungai yang membawa sedimen suspensi dalam jumlah besar ke laut. Selain itu kondisi gelombang di pantai tersebut relatif tenang sehingga tidak mampu membawa sedimen tersebut ke perairan dalam laut lepas.

Pada pantai berpasir mempunyai bentuk seperti ditunjukkan pada gambar 2.26. Dalam gambar tersebut pantai dibagi menjadi *backshore* dan *foreshore*. Batas antara kedua zona adalah puncak *berm*, yaitu titik dari *run up* maksimum pada kondisi gelombang normal (biasa). *Runup* adalah naiknya gelombang akibat benturan pada

puncak berm atau pada permukaan bangunan. Runup gelombang mencapai batas antara pesisir dan pantai hanya selama terjadi gelombang badai. *Surf zone* terbentang dari titik di mana gelombang pertama kali pecah sampai titik *runup* di sekitar lokasi gelombang pecah. Di lokasi gelombang pecah terdapat *longshore bar*, yaitu gundukan pasir di dasar yang memanjang sepanjang pantai.



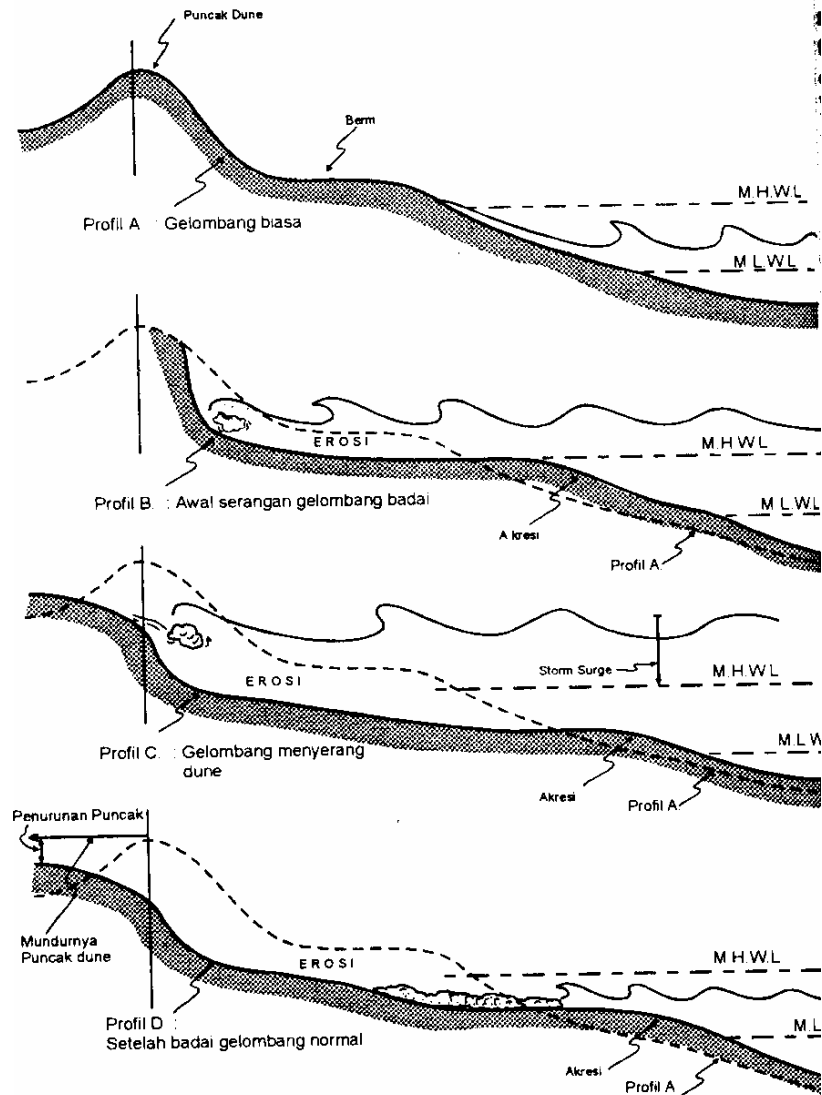
Gambar 2.22 Profil pantai

Pada kondisi gelombang normal pantai membentuk profilnya yang mampu menghancurkan energi gelombang. Jika pada suatu saat terjadi gelombang yang lebih besar, pantai tidak mampu merendam energi gelombang sehingga terjadi erosi. Pasir yang tererosi akan bergerak ke arah laut. Pasir yang tererosi akan bergerak ke arah laut. Setelah sampai di daerah dimana kecepatan air di dasar kecil, pasir tersebut mengendap. Akumulasi endapan tersebut akan membentuk *offshore bar*, yaitu gundukan pasir di dasar pantai yang biasanya memanjang sejajar garis pantai (*longshore bar*). *Offshore bar* ini, yang kedalamannya kecil, menyebabkan lokasi gelombang pecah berada lebih jauh dari garis pantai yang memperlebar *surf zone* dimana sisa energi gelombang dihancurkan. Dengan demikian *offshore bar* juga berfungsi sebagai pertahanan pantai terhadap serangan gelombang. Pembentukan *offshore bar* ini semakin besar pada waktu terjadinya gelombang badai. Selama terjadinya badai yang tinggi dan kemiringan gelombang besar. Angin dan gelombang tersebut dapat menyebabkan kenaikan elevasi muka air laut (*wind setup* dan *wave setup*), sehingga serangan gelombang dapat mengenai bagian pantai yang lebih tinggi. Bagian tersebut biasanya tidak terkena serangan gelombang. Kenaikkan elevasi muka air tersebut memungkinkan gelombang besar

melewati *off shore bar* tanpa pecah. Gelombang tersebut akan pecah pada lokasi yang sudah dekat garis pantai, sehingga lebar *surf zone* tidak cukup untuk menghancurkan energi gelombang badai tersebut. Akibatnya pantai, berm kadang-kadang dune yang sekarang terbuka terhadap serangan gelombang akan tererosi. Material yang tererosi tersebut dibawa ke arah laut (*offshore*) dalam jumlah besar yang kemudian di endapkan di dasar *nearshore* dan membentuk *offshore bar*. *Bar* tersebut akhirnya tumbuh cukup besar untuk memecah gelombang datang lebih jauh ke *offshore*, sehingga penghancuran energi gelombang di *surf zone* lebih efektif.

Pada saat terjadi badai, di mana gelombang besar dan elevasi muka air diam lebih tinggi karena adanya setup gelombang dan angin, pantai dapat mengalami erosi. (Gambar 2.23) menunjukkan proses terjadinya erosi pantai oleh gelombang badai (CERC, 1984) dengan puncak gelombang sejajar garis pantai. (Gambar 2.23) adalah profil pantai dengan gelombang normal sehari-hari. Pada saat terjadinya badai dengan bersamaan muka air tinggi, gelombang mulai mengerosi *sand dunes*, dan membawa material ke arah laut kemudian mengendap (Gambar 2.23). Gelombang badai yang berlangsung cukup lama semakin banyak mengerosi bukit pasir (*sand dunes*) seperti terlihat dalam (Gambar 2.23). Setelah badai reda gelombang normal kembali. Selama terjadi badai tersebut terlihat perubahan profil pantai. Dengan membandingkan profil pantai sebelum dan sesudah badai, dapat diketahui volume sedimen yang tererosi dan mundurnya garis pantai (Gambar 2.23).

Setelah badai berlalu, kondisi gelombang normal kembali. Gelombang ini akan mengangkut sedimen yang telah diendapkan di perairan dalam selama badai, kembali ke pantai. Gelombang normal yang berlangsung dalam waktu panjang tersebut akan membentuk pantai kembali ke profil semula. Dengan demikian profil pantai yang ditinjau dalam satu periode panjang menunjukkan kondisi yang stabil dinamis.



Gambar 2.23 proses pembentukan pantai

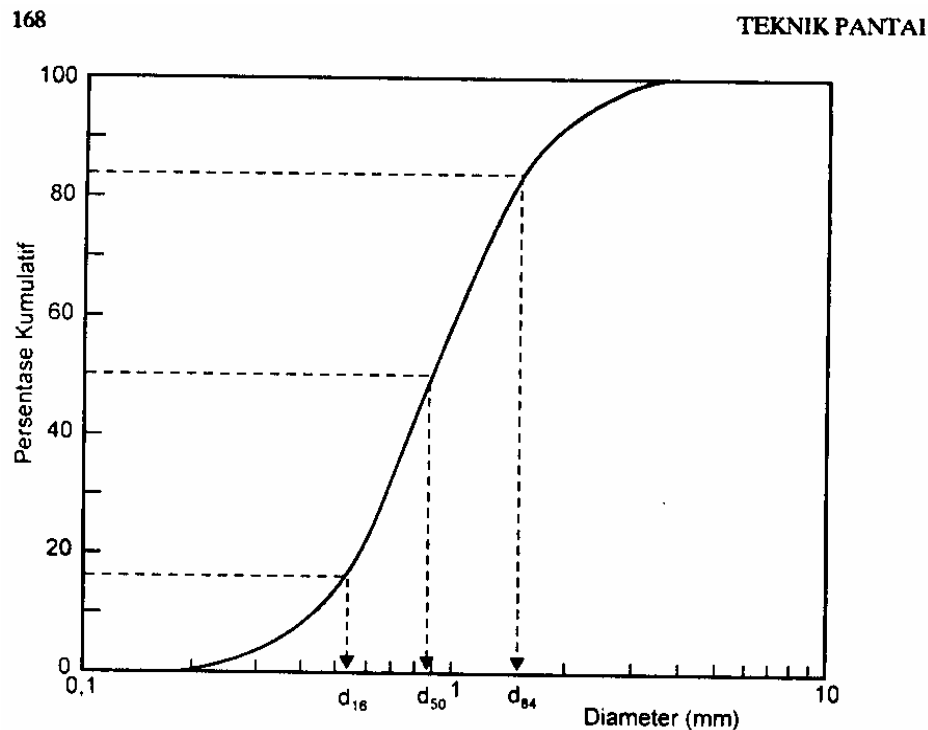
Apabila gelombang yang terjadi membentuk sudut dengan garis pantai, maka akan terjadi dua proses angkutan sedimen yang bekerja secara bersamaan, yaitu komponen tegak lurus dan sejajar garis pantai. Sedimen yang tererosi oleh komponen tegak lurus dan sejajar pantai akan terangkut oleh arus sepanjang pantai sampai ke lokasi yang cukup jauh. Akibatnya apabila ditinjau di suatu lokasi, pantai yang mengalami erosi pada saat terjadinya badai tidak bisa terbentuk kembali pada saat gelombang normal, karena material yang terbawa ke tempat lain. Dengan demikian, untuk suatu periode waktu panjang, gelombang yang datang dengan membentuk sudut terhadap garis pantai dapat menyebabkan mundurnya (erosi) garis pantai.

### 2.3.2 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.

#### A. Ukuran partikel sedimen

Sedimen pantai diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir menjadi lempug, lumpur, pasir, kerikil, koral (*pebble*) dan batu (boulder). Distribusi ukuran butir biasanya dianalisis dengan saringan dan dipresentasikan dalam bentuk kurva presentase berat kumulatif seperti diberikan pada ( gambar 2.24 )



Gambar 2.24 Distribusi imbangan pantai

Ukuran butir median  $D_{50}$  adalah paling banyak digunakan untuk ukuran butir basir.  $D_{50}$  adalah ukuran butir dimana 50% dari berat sampel.

#### B. Rapat Massa, Berat Jenis Dan Rapat Relatif

Rapat massa  $\rho$  adalah massa tiap satuan volume, sedang berat jenis  $\gamma$  adalah berat tiap satuan volume. Terhadap hubungan antar berat jenis dan rapat massa, yang



membentuk  $\gamma = \rho g$ . Rapat massa atau berat jenis sedimen merupakan fungsi dari komposisi mineral. Rapat relatif adalah perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air pada 4°. Rapat massa air pada temperatur tersebut adalah 1000 kg/m<sup>3</sup> dan rapat relatif pasir adalah sekitar 2,65.

### C. Kecepatan Endap

Untuk sedimen non kohesif kecepatan endap tergantung pada rapat massa sedimen dan air, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen.

#### 2.3.3 Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen pada laporan ini adalah yang terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai.

Transpor sedimen pantai dapat diklasifikasikan menjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan transpor sepanjang pantai (*longshore transport*). Transpor menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedang transpor sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai. Salah satu penyebab terjadinya abrasi di wilayah pantai Mundu-Balongan adalah transpor sedimen sepanjang pantai.

Berdasarkan kepada S.P.M ( Shore Protection Manual, 1984 ) maka perhitungan nilai longshore transport di sepanjang garis pantai dapat di hitung menggunakan 4 teknik alternatif perhitungan antara lain :

- ✚ Metode pertama S.P.M merekomendasikan untuk membuat penyesuaian dengan berdasarkan data yang diambil dari area lain di sekitar situs. Proses perhitungan dilakukan melakukan kalkulasi antara sedimen terbongkar, analisa daerah yang terlindung, kondisi garis pantai dll.
- ✚ Metode kedua berdasarkan pada akumulasi sedimen atau perubahan garis pantai di sekitar daerah gelombang pecah, teluk atau di bangunan pantai. Volume sedimen diakumulasi dengan berdasarkan pada perubahan batimetri dari dua periode dibagi dengan lama periode pengukuran. Nilai rata-rata transport yang didapatkan pada metode ini merupakan pendekatan dari net transport dan gross transport tergantung dari proses yang menyebabkan akumulasi sedimen. Jika berdasar dari akumulasi gelombang, maka menghasilkan akumulasi dari net transport. Jika pada teluk maka

dihasilkan estimasi gross transport. Prinsip dasar yang diterapkan pada metode ini adalah untuk membuat perkiraan sederhana nilai transport pada daerah garis pantai dengan asumsi bahwa *influx* dan *eflux* diketahui pada beberapa lokasi. Sebagai contoh pada area gelombang pecah nilai *eflux* diasumsikan nol (0). Daerah akumulasi transpor sedimen terletak pada area gelombang pecah sampai garis pantai (variasi bentuk garis pantai sepanjang area gelombang pecah dan hasil variasi pada longshore transport pada umumnya diabaikan). Untuk area teluk, sedimen yang masuk akibat longshore transport dari kedua sisi inlet diasumsikan tertahan, dan natural *eflux* dari sedimen yang berasal dari inlet adalah nol. Pengerukan teluk juga diperhitungkan di dalam perhitungan volume sedimen yang terperangkap.

- ✚ Metode ketiga dihitung Berdasarkan pada fungsi bahwa longshore transport ( $Q$ ) tergantung pada komponen flux energi pada area breaking line. Angkutan sediment sepanjang pantai:

$$Q = \frac{K}{(\rho_s - \rho)ga'} P_I \quad (2.40)$$

Dimana :

- $Q$  = Angkutan sediment sepanjang pantai ( $m^3/hari$ )
- $K$  = koefisien empiris dimensi (0.39) diambil dari SPM 1984 equation (4-49)
- $s$  = berat jenis sedimen
- $\rho$  = berat jenis air
- $g$  = percepatan gravitasi
- $a'$  = porositas

$$P_I = \frac{\rho g}{16} H_b^2 C_b \sin(2\alpha_b) \quad (2.41)$$

Dimana :

- $P_I$  = Komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah ( $Nm/d/m$ )
- $G$  = Gravitasi ( $9,81m/d^2$ )
- $H_b$  = Tinggi gelombang pecah (m)
- $C_b$  = Cepat rambat gelombang pecah ( $m/d$ ) =  $\sqrt{gd_b}$

$\alpha_b =$  Sudut datang gelombang pecah

Berikut ini adalah beberapa rumus empiris untuk memprediksi transport sedimen sepanjang pantai.

Tabel 2.4 Rumus empiris transport sedimen

No	Nama	Rumus
1	Ijma, Sato Aono, Ishii	$Q_s = 0.130 P^{0.54}$
2	Ichikawa, Achiai, Tmita,	$Q_s = 0,130 P_1^{0.8}$
3	CERC	$Q_s = 0,401 P_1$

✚ Dengan menggunakan persamaan (2.40) dapat dilakukan estimasi longshore transport dengan menggunakan parameter gelombang pecah. Data gelombang diperoleh dari Littoral Enviroment Observation (LEO) atau dengan menstransformasikan angin laut menjadi gelombang pecah. Sehingga hanya dapat dilaksanakan apabila terdapat data-data kondisi gelombang harian ( seperti tinggi gelombang, periode dan arah). Metode empat menghasilkan pendekatan empiris transport sediment kotor tahunan berdasarkan pada perhitungan transport sediment bersih. Variasi persamaan yang dikembangkan Dalvin (1972) adalah sebagai berikut :

$$Q_g = 0.03636 \sqrt{g} H_b^{5/2} \quad (2.42)$$

Dimana

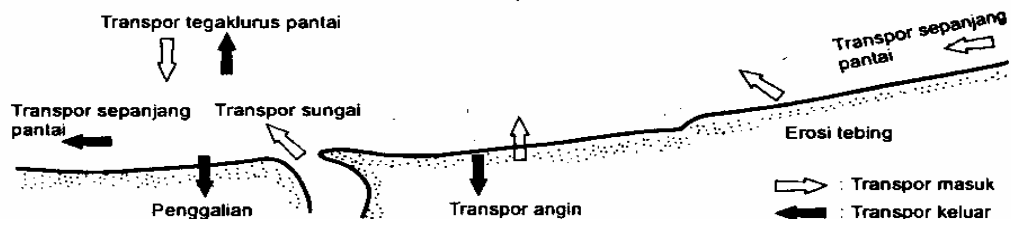
$Q_g$  = Transport kotor/bruto tahunan

$G$  = Percepatan gravitasi

$H_b$  = Tinggi gelombang pecah pertahun

### 2.3.4 Model Perubahan Garis pantai

Analisis imbalanced sedimen pantai dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu pantai yang mengalami akresi dan erosi. ( Gambar 2.25 ) menunjukkan imbalanced sedimen pantai pada suatu ruas pantai. Akresi dan erosi yang terjadi di sertai dengan maju dan mundurnya garis pantai.



Gambar 2.25 imbalan sedimen pantai

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 di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa dalam di dalam tiap satuan waktu. Laju aliran massa sedimen netto di dalam sel adalah :

$$M_n = \rho_s(Q_m - Q_k) = -\rho_s(Q_k - Q_m) = -\rho_s \Delta Q \quad (2.43)$$

Laju perubahan massa dalam setiap satuan waktu adalah

$$M_t = \frac{\rho_s V}{\Delta t} \quad (2.44)$$

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

Dengan menyamakan persamaan tersebut, didapat persamaan

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = -\frac{1}{d} \frac{\Delta Q}{\Delta x} \quad (2.45)$$

dengan

- y : jarak antara garis pantai dan garis referensi
- Q : transpor sedimen sepanjang pantai
- t : waktu
- x : absis searah panjang pantai
- d : kedalaman air yang tergantung pada profil pantai

## 2.4 Arus

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum tersebut menimbulkan arus didekat pantai. Gelombang dapat menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Setelah pecah, gelombang melintasi *surf*

*zone* menuju pantai. Di *swash zone*, gelombang yang sampai di garis pantai menyebabkan massa air bergerak ke atas dan kemudian turun kembali pada permukaan pantai. Gerak massa air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen.

Longuet-Higgins menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah yang membentuk sudut terhadap garis pantai sebagai berikut ini :

$$V = 1.17 (g H_b)^{1/2} \sin \alpha_b \cos \alpha_b \dots\dots\dots (2.46)$$

Dengan :

- V : kecepatan arus sepanjang pantai  
 g : percepatan gravitasi  
 H<sub>b</sub> : tinggi gelombang pecah  
 α<sub>b</sub> : sudut datang gelombang pecah

## 2.5 Kriteria Desain Bangunan Pengaman

### 2.5.1 Pendahuluan

Desain bangunan pengaman pantai sangat di pengaruhi oleh tujuan pembangunan dan kondisi daerah sekitar. Beberapa jenis bangunan pengaman yang dapat di jadikan pertimbangan desain antara lain: *seawalls, bulkhead, refetments, protective beaches, , groins, jetties, dan Breakwater*. Selain bangunan pengaman untuk melindungi daerah pantai dapat juga dengan *sand dunes, sand bypassing, sand nourishmen, dan mangrove* .

### 2.5.2 Teknik Pengamanan Pantai

Teknik pengamanan pantai dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Menggunakan perkuatan pada sepanjang garis pantai,
2. Membuat timbunan pasir di sekitar garis pantai,
3. Membuat bangunan pengatur laju sediment di area pantai baik sambung pantai maupun di lepas pantai (kira-kira sejajar dengan garis pantai)

Ketiga teknik diatas digunakan untuk tujuan dan maksud yang berbeda tergantung dari area daerah yang akan diperbaiki.

#### 2.5.2.1 Perkuatan di sepanjang garis pantai.

Pada pelaksanaannya teknik ini dapat di lakukan dengan menggunakan beberapa tipe bangunan yaitu *seawalls, bulkheads dan revetments* dari ketiga bangunan tersebut

terdapat beberapa perbedaan yang mendasar. Selain itu perkuatan di sepanjang garis pantai dapat juga dengan menggunakan mangrove.

#### A. Menggunakan mangrove sebagai perkuatan pantai.

Penggunaan tanaman mangrove sebagai perkuatan pantai banyak digunakan. Penggunaan mangrove memiliki beberapa kelebihan terutama umur rencana. Semakin lama perkuatan yang menggunakan mangrove akan semakin kuat dan efektif didalam menanggulangi bahaya abrasi pantai. Tetapi perkuatan dengan menggunakan mangrove hanya bisa digunakan pada daerah-daerah dengan kondisi perairan yang memungkinkan bagi tanaman mangrove untuk tumbuh.

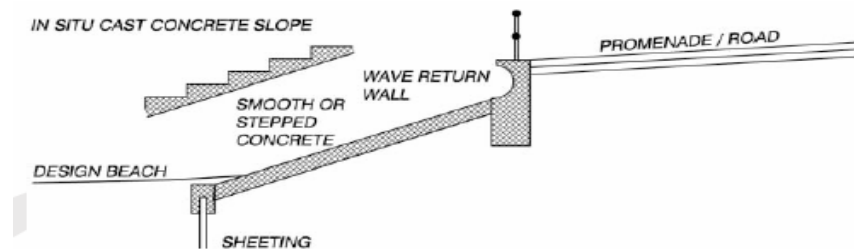
Penggunaan mangrove perlu di lakukan penanganan yang sangat hati-hati terutama jika umur mangrove masih muda, hal ini di karenakan tanaman mangrove yang masih muda rawan akan kematian.

#### B. Seawalls

Jika dilihat dari ukuran strukturnya maka seawalls memiliki ukuran yang relatif lebih besar jika di bandingkan dengan kedua alternatif yang lain. Hal ini di karenakan *seawalls* diprioritaskan untuk menahan gempuran gelombang laut secara penuh.

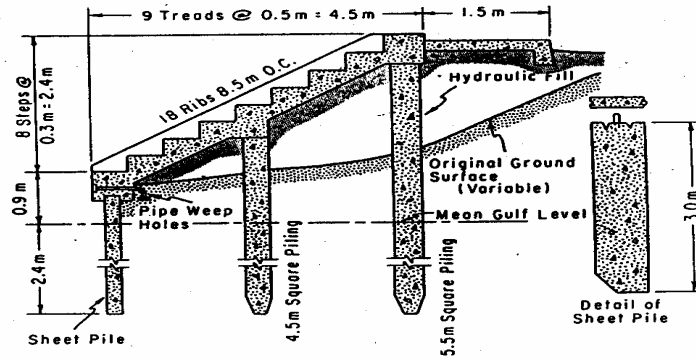
*Seawalls* memiliki beberapa bentuk desain yang secara umum banyak dipergunakan. Antara lain *A Curved – face seawall*, *stepped face seawall* dan *combination between step and curves-face seawall*. Beberapa alternative ini cocok digunakan untuk beberapa kondisi yang berbeda.

- *Curved – face seawall* cocok digunakan untuk menahan energi gelombang yang besar dan mengurangi gerusan yang terjadi pada dasar bangunan.



Gambar 2.26 ( *Curved – face seawall* dan *step curves-face seawall* )

- Sedangkan *step face seawall* biasanya digunakan untuk jenis gelombang yang tidak terlalu besar.

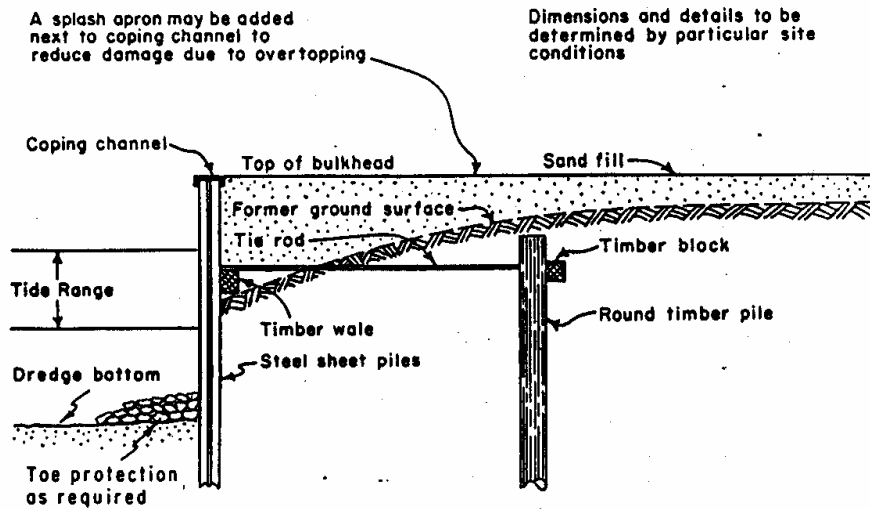


Gambar 2.27 ( Concrete step-face seawall )

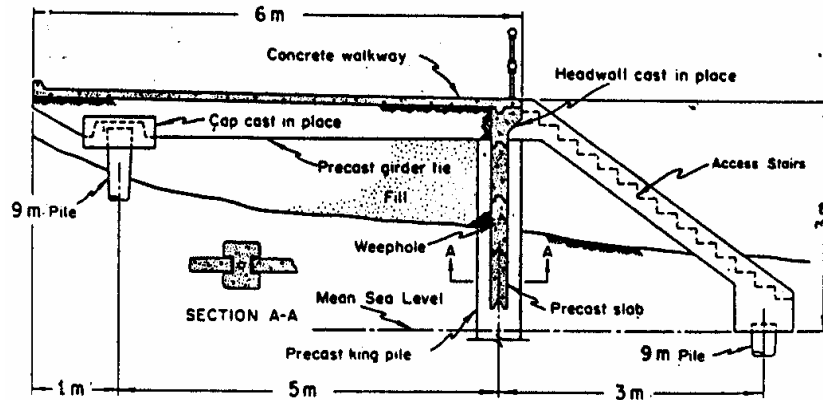
**C. Bulkheads ( sekat pemisah )**

Struktur ini biasanya digunakan jika posisi lapisan batuan dekat dengan permukaan sehingga tidak dimungkinkan untuk melakukan pengangkutan dengan menggunakan sheet-pile.

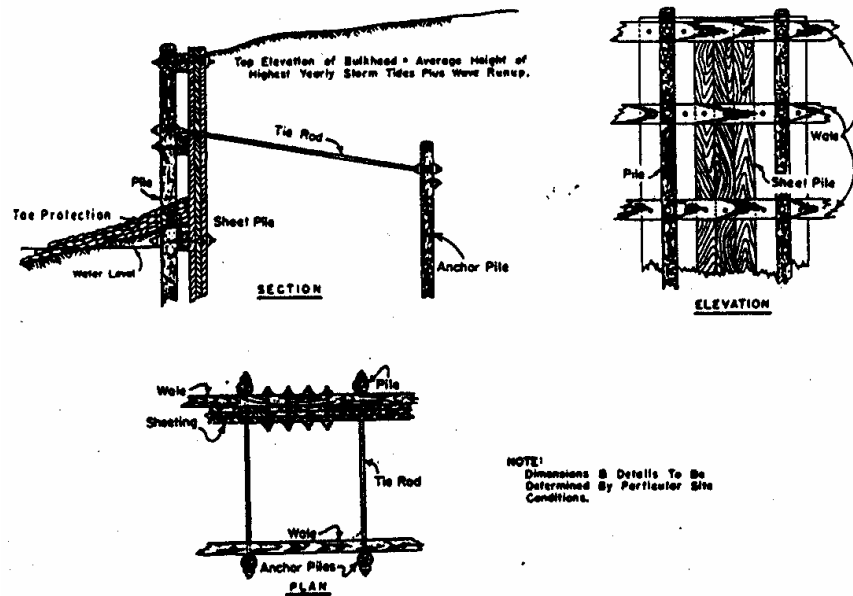
Jika pada saat pelaksanaan tinggi air laut pada sisi dalam dinding < 0.5 kali tinggi gelombang maksimum maka harus dibuat perkuatan tambahan pada dasar dinding untuk menghindari dari bahaya *scoring* sehingga dapat mengurangi stabilitas bangunan.



Gambar 2.28 ( Steel sheet-pile bulkhead )



Gambar 2.29 ( Concrete slab and king-pile bulkhead )



Gambar 2.30 ( Timber sheet-pile bulkhead )

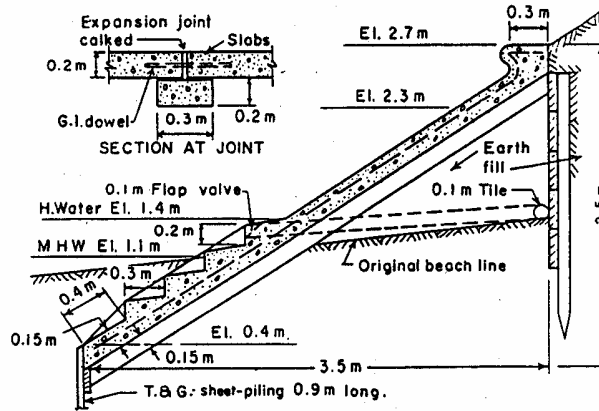
**D. Revetments**

Revetmen merupakan struktur paling ringan, hal ini dikarenakan struktur revetments hanya digunakan untuk melindungi struktur pantai dari bahaya erosi dan gelombang kecil.

Struktur Revetment terdapat dua macam yaitu struktur flexibel dan struktur rigid. Dari kedua struktur ini memiliki keunggulan masing – masing.

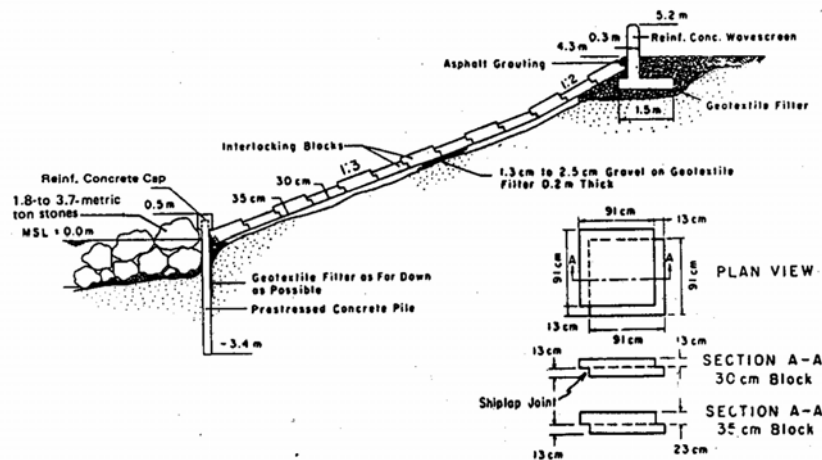


- Pada struktur rigid keunggulan terletak pada perlindungan terhadap lapisan pasir, tetapi pada saat pelaksanaan perlu di lakukan proses dewatering terlebih dahulu. Gambar 2.31

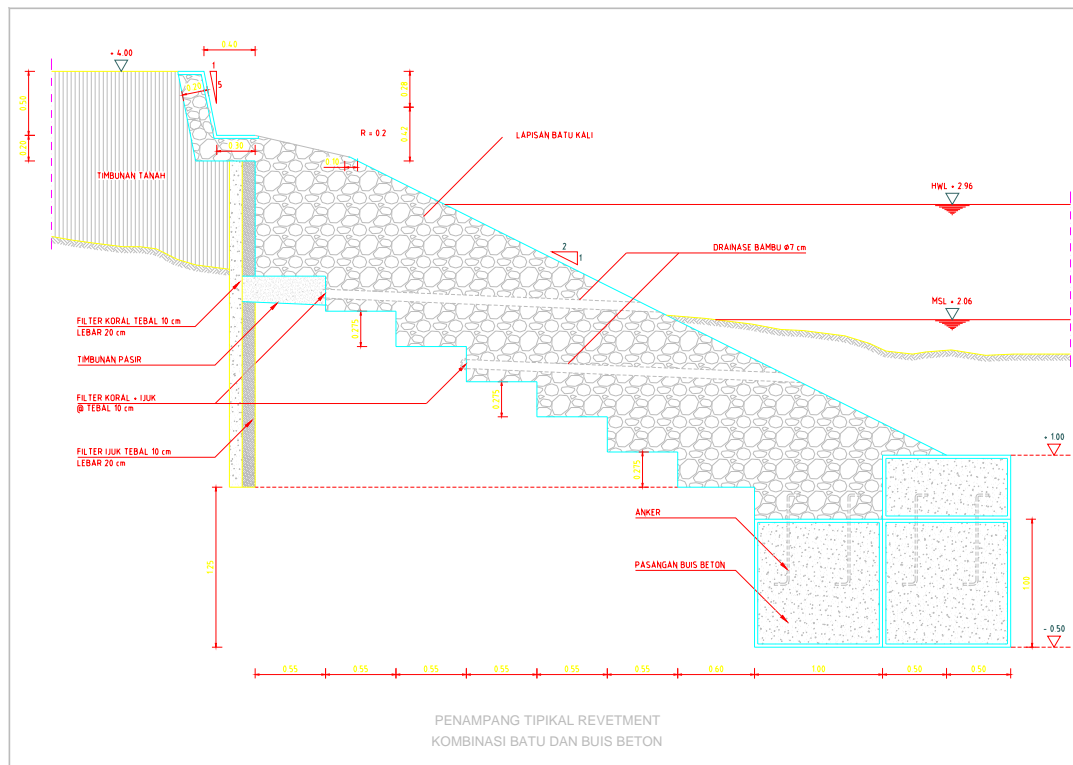


Gambar 2. 31 ( *Concrete Revetment* )

- Pada struktur flexible keunggulan terletak pada perlindungan yang baik terhadap lapisan pasir, dapat mengatasi kegagalan struktur yang di akibatkan oleh konsolidasi atau settlement dan pada saat pelaksanaan pekerjaan tidak perlukan proses dewatering terlebih dahulu. Gambar 2.32



Gambar 2.32.a( *Interlocking concrete-block revetment* )



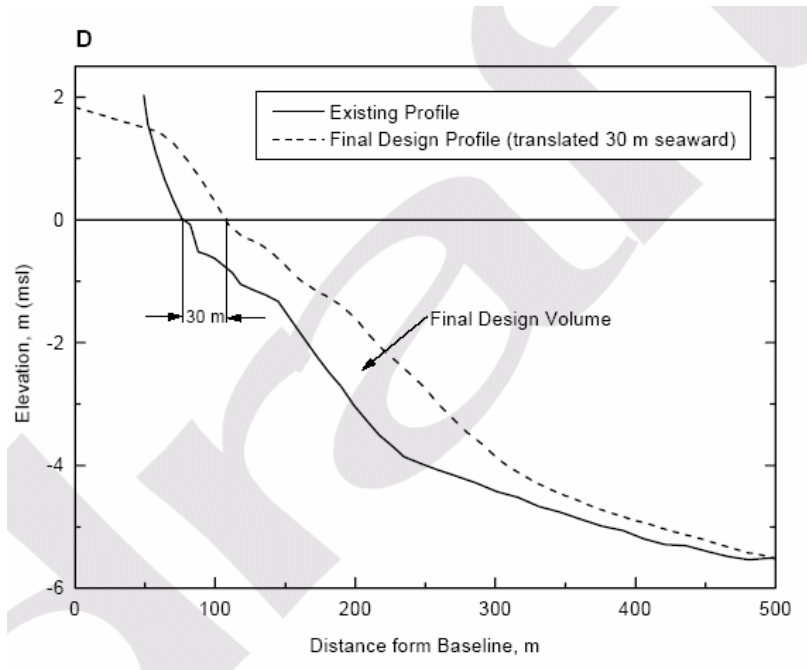
Gambar 2.32.B Penampang Tipikal Revetmen Kombinasi Batu Dan Bis Beton

### 2.5.2.2 Penimbunan Pasir Di Sekitar Garis Pantai

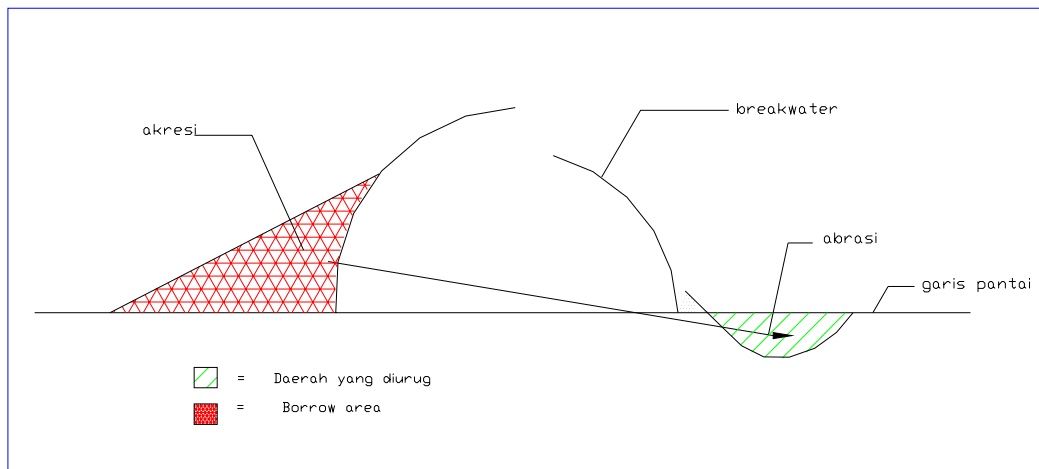
Didalam melakukan penimbunan pasir terdapat dua cara yang biasa di lakukan yaitu dengan melakukan pengangkutan menggunakan jalan darat, atau bisa juga dengan menggunakan floating dredger untuk melakukan pengambilan pasir dari Quarry dan disalurkan menggunakan pipa menuju daerah penimbunan.

Metode penimbunan pasir disekitar garis pantai dibagi menjadi dua macam yaitu :

1. Sand Nourishment adalah penambahan pasir pada garis pantai yang terabrasi atau pantai yang akan di reklamasi dapat dilihat pada gambar 2.33
2. Sand by passing adalah dengan memindahkan material dasar pantai dari daerah yang terakresi ke daerah yang tererosi yang ditimbulkan dari pengaruh bangunan pengaman pantai terhadap garis pantai.



Gambar 2.33 Contoh profil pantai setelah di lakukan penimbunan (sand nourishment)



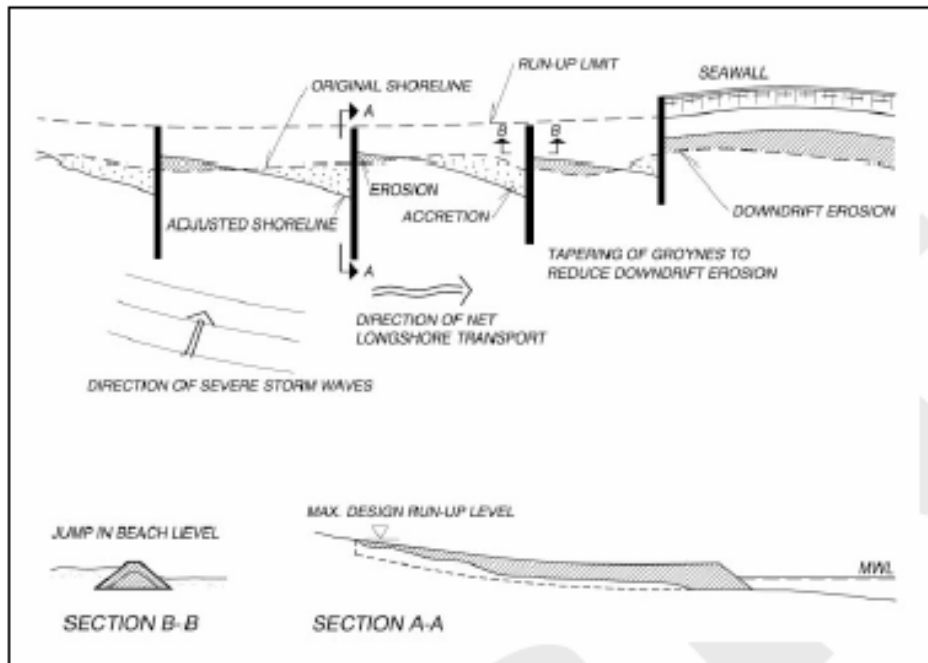
Gambar 2.34 Sand by passing

### 2.5.2.3 PEMBUATAN BANGUNAN PENGATUR LAJU SEDIMEN

Prinsip dasar dari pembuatan bangunan pengatur laju sedimen adalah untuk mengatur *longshore transport sediment*. Pengaturan ini dimaksudkan agar proses *scouring* dan sedimentasi dapat terjadi pada daerah yang di inginkan. Bangunan pengatur sediment antara lain dapat berupa *groin*, *jetties*, dan *Breakwater*.

#### 1. *Groin*

Tujuan pembuatan *groin* adalah untuk mengurangi laju angkutan sedimen sejajar pantai. Kelemahan *groin* adalah erosi yang sering terjadi di sebelah hilirnya (*down drift*) arah laut lepas. Bentuk *groin* bisa berbentuk I, T, atau L *Groin* adalah bangunan pengendali sedimen yang ditempatkan menjorok dari pantai ke arah laut. ( gambar 2.27 )



Gambar 2.35. ( Profil *Groin* terhadap pantai )

Penggunaan *Groin* memiliki beberapa keunggulan dan kerugian antara lain :

KEUNTUNGAN :

1. *Groin* dapat dibuat dengan menggunakan peralatan dari arah pantai.
2. Material yang digunakan untuk membuatnya dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan dan kemudahan pengadaan bahan dan kemudahan dalam pemasangan.
3. *Groin* tidak merubah *surf zone* sehingga tidak mengganggu fungsi pantai secara garis besar.
4. Mampu melepaskan pasir ke arah laut jika terjadi penumpukan sedimen yang terlalu besar

**KERUGIAN :**

1. *Groin* tidak efektif jika dipasang pada daerah *off shore*
2. Tidak dapat digunakan pada daerah pantai dengan kadar lumpur tinggi.
3. Terjadi *scoring* pada bagian hilirnya

**JENIS – JENIS GROIN :****A. Timber Groin**

*Groin* ini terbuat dari kayu dan merupakan struktur yang kedap (*impermeable*) dan disusun oleh *sheet piles* yang didukung oleh wales dan tiang bundar (*round piles*).

**B. Steel Groin**

*Groin* dengan bahan baja ini ada beberapa macam, diantaranya *timber-steel sheetpile groin*, *cantilever-steel sheet-pile groin*, dan *cellular-steel sheet-pile groin*. *Groin* jenis *cantilever-steel sheet pile* ini digunakan apabila gelombang dan bebannya berukuran sedang (moderat). Pada struktur ini, *sheet piles* merupakan kerangka dasar dari struktur. *Groin* jenis *cellular-steel sheet-pile* ini terdiri dari sel-sel dengan ukuran yang bervariasi dan setiap sel terdiri dari dinding semisirkular yang dihubungkan dengan diafragma. Setiap sel kemudian diisi dengan pasir atau agregat untuk menjamin stabilitas struktur.

**C. Concrete Groin**

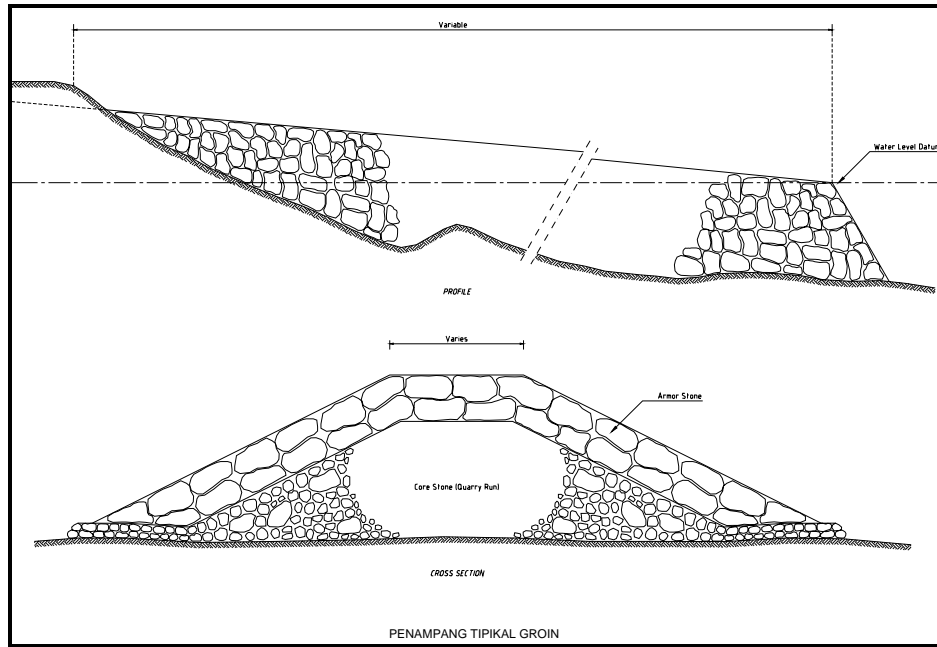
Salah satu *groin* dengan bahan material beton adalah *prestressed-concrete sheet pile groin*. *Groin* jenis ini termasuk struktur yang kedap atau impermeabel.

**D. Rubble-Mound Groin**

*Groin* jenis ini terbuat dari material batuan alam. Konstruksinya terdiri dari lapisan inti (*core of quarry-run material*) pada bagian tengah, yaitu material halus agar *groin* rapat air, dan ditutup dengan lapis lindung (*armor*) yang terbuat dari batuan alam dan/atau buatan. Batu lapis lindung yang digunakan harus mempunyai berat yang cukup untuk menahan gelombang rencana. Apabila permeabilitas *groin* jenis ini menjadi masalah, maka ruang kosong (*void*) antara batuan pada puncak *groin* dapat diisi dengan suntikan beton atau aspal sehingga akan meningkatkan stabilitas struktur untuk menahan gelombang.

### E. Asphalt Groin

*Groin* jenis ini terbuat dari aspal. Keefektifan *groin* jenis ini tergantung dari modifikasi perencanaan pada campuran, dimensi dan rangkaian dari konstruksi. Jenis dan bentuk dari seri *groin* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.36



Gambar 2.36 (Rubbel Mound Groin )

### 2. Detachment Breakwater

*Detached breakwater* adalah jenis pemecah gelombang yang ditempatkan secara terpisah-pisah pada jarak tertentu dari garis pantai dengan posisi sejajar pantai. Struktur pemecah gelombang ini dimaksudkan untuk melindungi pantai dari hantaman gelombang yang datang dari arah lepas pantai.

Prinsip kerja dari *breakwater* jenis ini adalah dengan memanfaatkan defraksi gelombang. Akibat adanya defraksi gelombang akan menimbulkan pengaruh terhadap angkutan sedimen yang dibawa, salah satunya dengan terbentuknya tombolo di belakang posisi *Breakwater*. *Break water* jenis ini memiliki beberapa keunggulan dan kekurangan antara lain :

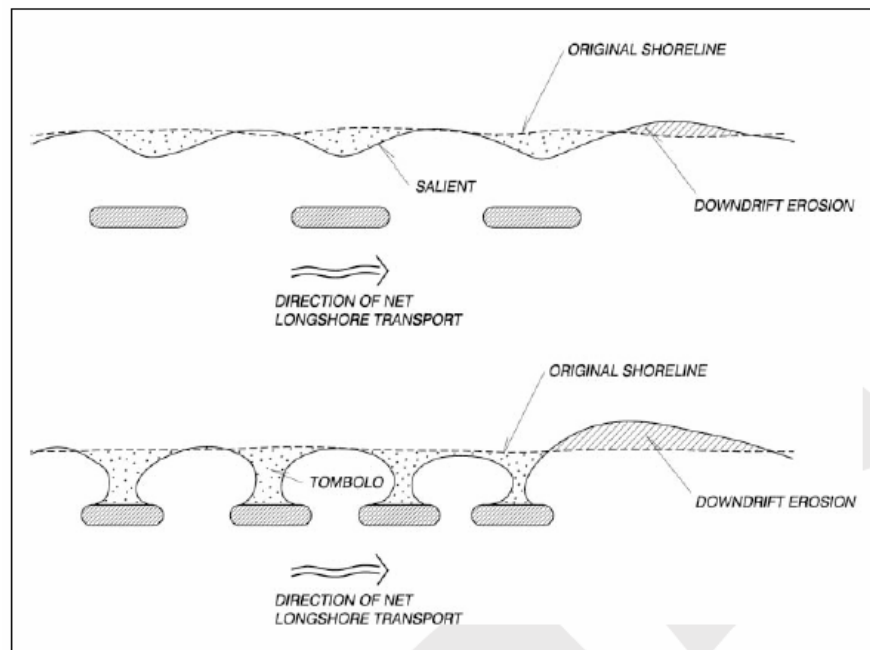
#### KEUNGGULAN :

- Tidak dibangun sepanjang garis pantai yang akan di lindungi sehingga volume bahan yang lebih sedikit..
- Berfungsi juga untuk mengurangi ketinggian gelombang.

- Berfungsi untuk menahan laju sedimen ke arah laut

#### KELEMAHAN

- Proses pembuatan relatif lebih sulit dikarenakan pembangunan dilakukan terpisah dari pantai sehingga membutuhkan teknik khusus guna menempatkan peralatan konstruksi.
- Membutuhkan waktu agar dapat bekerja sesuai dengan fungsi karena harus menunggu terjadinya tombolo.



Gambar 2.37. ( *Detached Breakwater* )

Keterangan:

- ❖ Tombolo terjadi apabila jarak antara pemecah gelombang dengan garis pantai lebih kecil dibandingkan panjang pemecah gelombang
- ❖ Tombolo terjadi apabila jarak antara pemecah gelombang dengan garis pantai lebih besar dibandingkan panjang pemecah gelombang

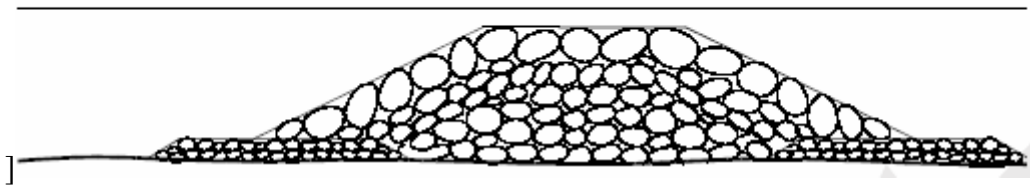
### 3. *Reef Breakwater*

*Reef Breakwater* adalah struktur paralel setengah tenggelam, yang dibangun di daerah pantai guna mengurangi kekuatan gelombang ketika mencapai daerah pantai. Hal ini dilakukan dengan menghilangkan sebagian energi gelombang ketika melewati karang.

Biasanya struktur ini dibangun dengan menggunakan struktur homogen seperti penggunaan tiang, menggunakan armor. Struktur ini dapat didesain dengan dua jenis yaitu :

1. Dapat didesain dengan kokoh sehingga tidak dapat bergerak jika terkena ombak.
2. Juga dapat didesain secara fleksibel agar posisinya dapat ber reposisi jika terkena hantaman gelombang.

### **Reef breakwater**



Gambar 2.38. ( Reef Breakwater )

#### **4. Offshore Breakwater**

Merupakan struktur yang direncanakan untuk menghasilkan perlindungan terhadap aksi gelombang pada sebuah area atau garis pantai yang berada di sisi dalam struktur tersebut. Sesuai dengan namanya maka *offshore breakwater* dibangun di laut lepas (*offshore*). *Breakwater* jenis ini biasanya diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu:

- *Rubble-mound breakwater*
- *Cellular-steel sheet-pile breakwater*

Yang sering digunakan dari tipe *offshore breakwater* ini adalah konstruksi *rubblemound*. Bahan material kayu dan beton *caisson* juga dapat digunakan dalam konstruksi *breakwater*. Variasi dari *offshore breakwater* adalah *breakwater* yang mengambang/mengapung. Struktur ini didesain terutama untuk melindungi pelabuhan kapal kecil dan tidak direkomendasikan untuk aplikasi pada pantai terbuka.



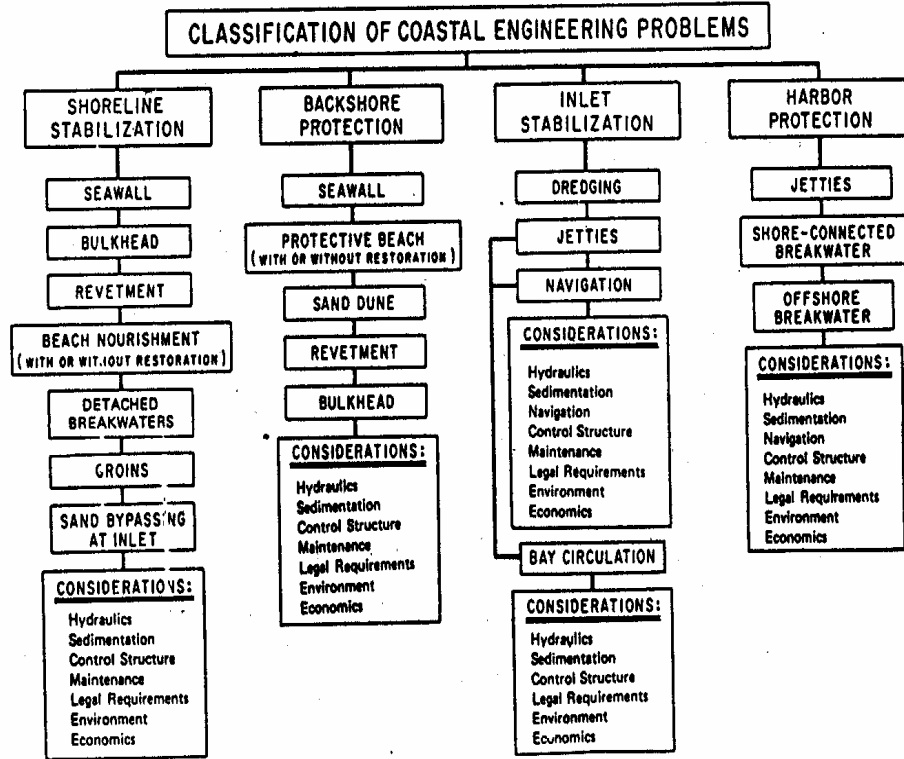


Gambar 2.39. Breakwater

### 2.5.3 Aspek pemilihan Bangunan pengaman

Didalam perencanaan bangunan pengaman pantai dapat di klasifikasikan kedalam 4 kategori umum antara lain : *Shoreline stabilitation*, *beckshore protection*, *inlet stabilitation* dan *harbor protection*. Permasalahan pantai memiliki banyak kategori dan banyak sekali alternatif pemecahan masalah yang dapat di ambil oleh seorang engineer teknik pantai. Beberapa masalah merupakan permasalahan struktural, sebagian lagi merupakan permasalahan akibat manageman pemanfaatan lahan pantai. Pada bab ini penulis hanya menjelaskan mengenai pemecahan masalah struktural saja. Hal ini di karenakan untuk permasalahan menyangkut permasalahan manajemen pemanfaatan lahan penanggulangannya sangat tergantung dari segi perencana dan pemilik proyek.

Sedangkan penanggulangan masalah struktural penulis mengambil acuan berdasarkan pada S.P.M ( *Shore Protection Manual* ). Berdasarkan SPM penanganan masalah structural dapat dipecahkan dengan langkah seperti diagram alir berikut ini



Gambar 2.40 (Bagan alir perencanaan bangunan pengaman)

Pertimbangan hidrolis harus diperhitungkan di dalam desain bangunan pengaman pantai. Kasus hidrolis yang harus di pertimbangkan antara lain : angin, gelombang, arus dan pasang surut air laut. Sedangkan untuk faktor sediment hal-hal yang perlu di perhatikan antara lain transport material sejajar dan tegak lurus pantai ( arah pergerakan, net transport dan gros transport serta karakteristik dan klasifikasi sediment ) serta perubahan garis pantai.

**A. Seawall, Bulkhead dan Revetment.**

Kedudukan *seawall*, *bulkhead*, dan *revetments* biasanya digunakan untuk mempertahankan kondisi awal daerah. Didalam pertimbangan penggunaan struktur perlu di perhstikan mengenai : kegunaan dan keseluruhan fungsional dari bentuk bangunan, lokasi pembuatan dengan petimbangan terhadap panjang garis pantai, kedalaman perairan, stabilitas tanah, ketinggian air, kemudahan memperoleh material, kelayakan ekonomi dan lingkungan serta kebijakan institusi terkait.

Pemilihan bentuk bangunan tergantung dari kegunaan dari struktur. Tipe muka tegak lurus akan sangat cocok digunakan jika struktur bangunan digunakan sebagai area

tambahan kapal, sedangkan tipe miring dan lengkung dapat digunakan untuk kegunaan yang lain.

Pemilihan lokasi pembangunan biasanya diprioritaskan pada daerah yang mengalami abrasi air laut, atau bisa juga ditempatkan di sepanjang area pantai yang akan di lakukan reklamasi.

Tinggi struktur bangunan dapat didesain setinggi mungkin sehingga gelombang laut tidak dapat melampaui tinggi bangunan, tetapi biasanya hal ini tidak ekonomis. Akan lebih ekonomis jika tinggi bangunan dihitung dengan menggunakan persamaan runup gelombang dengan pemilihan gelombang sesuai dengan gelombang desain.

## **B. Groin**

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan struktur perlindungan pantai (*groin*, dan *breakwater*) adalah sebagai berikut:

- Kondisi hidro-oseanografi: batimetri, gelombang, pasut, dan arus.
- Kondisi geoteknik tapak struktur.
- Sumber material (*borrow area*) yang tersedia: jumlah, kualitas, dan jarak sumber material ke lokasi proyek.
- Kemudahan pelaksanaan konstruksi: jalan masuk ke proyek (*access road*) dan setting peralatan konstruksi di lapangan.
- Alokasi dana yang tersedia.

Perencanaan struktur perlindungan pantai harus melibatkan gaya-gaya yang akan bekerja pada struktur tersebut. Gaya-gaya yang harus diperhitungkan dalam perencanaan:

- Gaya akibat gelombang.
- Gaya akibat arus.
- Gaya-gaya akibat tekanan tanah.
- Beban gempa.

### **Desain Dan Perencanaan Struktur Groin.**

Dalam perencanaan struktur groin terdapat beberapa hal yang harus diperhitungkan secara lebih menyeluruh dan terperinci. Hal-hal yang patut di perhitungkan antara lain :

#### 1. *Groin Length* ( Panjang Groin )

Struktur groin memiliki fungsi utama untuk mengatur laju sedimen sejajar pantai. angkutan sedimen sejajar pantai sebagian besar terjadi pada daerah surf zone yang

terletak di antara daerah gelombang pecah dan daerah pantai pada batas dibawah daerah limit dari wave runup.

Lokasi dari area surf zone sangat bervariasi tergantung dari kondisi gelombang dan ketinggian dari pasang surut arus laut. Daerah surf zone berkisar antara 0.5 – 0.78 dari panjang keseluruhan area breaking wave.

2. Tinggi Groin Dan Profil Mercu
3. *Spacing Groin* ( Panjang Groin )
4. *Permeability Groin*.

#### 2.5.4 Stabilitas Batu Lapis Pelindung

##### A. Berat Batuan Pelapis (Armor)

Desain struktur perlindungan pantai berupa groin atau breakwater dapat terdiri dari beberapa armor layer yang berbeda. Tiap lapis terdiri dari tumpukan batu alam maupun batu buatan dimana berat satu unit pelapis utama (primary cover layer) dihitung memakai persamaan berikut ini:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D [S_r - 1] \cot \theta} \quad (2.47)$$

dimana :

W = berat satu unit batuan pelapis (armor), ton.

$\gamma_r$  = berat satuan batu = 2,4 ton/m<sup>3</sup>.

$\gamma_a$  = berat satuan air laut = 1,03 ton/m<sup>3</sup>.

H = tinggi gelombang rencana  $\approx$  0,4h.

h = kedalaman air = (HBL-SBL).

K<sub>D</sub> = koefisien stabilitas (dari Tabel 2.5 )

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

$\theta$  = kemiringan dinding breakwater.

Berat satu unit batuan pelapis kedua (secondary cover layer), dihitung menggunakan ketentuan pada Figure 7-116, SPM Volume II, yaitu W/10 sampai W/15.

### B. Tebal Lapisan Pelindung

Tebal lapisan pelindung<sup>(®)</sup>, dapat dihitung memakai persamaan:

$$t = nk_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.48)$$

dimana :

t = tebal lapisan pelindung, meter.

N = jumlah lapisan batuan.

K $\Delta$  = koefisien lapisan batuan (Tabel 7-13, SPM Volume II, 1984).

### C. Lebar Mercu (*Crest Width*)

Lebar mercu (crest width), dapat dihitung dengan persamaan:

$$B = nk_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.49)$$

dimana :

n = jumlah lapisan batuan pada mercu. (n<sub>min</sub>=3)

$\gamma_r$  = berat satuan batu = 2,4 ton/m<sup>3</sup>.

$\gamma_a$  = berat satuan air laut = 1,03 ton/m<sup>3</sup>.

K $\Delta$  = koefisien lapisan batuan (tabel 2.6)

Tabel 2.5 Koefisien stabilitas  $K_D$  untuk berbagai jenis butir  
(Tabel 7., Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai, 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	* <sup>2</sup>
Bersudut kasar	1	Acak	* <sup>1</sup>	2,9	* <sup>1</sup>	2,3	* <sup>2</sup>
Bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
Bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	* <sup>2</sup>
Bersudut kasar	2	Khusus * <sup>3</sup>	5,8	7,0	5,3	6,4	* <sup>2</sup>
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
Trihar	2	Acak	9,0	10,0	3,5	4,0	3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,3	9,0	1,5
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6,5	7,5	7,8	8,5	2,0
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	6,0	6,5	3,0
Tribai	1	Seragam	12,0	15,0	8,0	16,0	2,0
Batu pecah (KRR) (graded angular)	-	Acak	2,2	2,5	7,0	14,0	3,0

(SIPM, 1964)

## Catatan

- n : jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung  
 \*<sup>1</sup> : penggunaan n = 1 tidak disarankan untuk kondisi gelombang pecah.  
 \*<sup>2</sup> : sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai  $K_D$ , penggunaan  $K_D$  dibatasi pada kemiringan 1:1,5 sampai 1:3

Tabel 2.6 koefisien lapisan pelapis batuan dan koefisien porositas armor  
(Tabel 7-13, SPM Volume II, 1984).

Armor Unit	n	Placement	Layer Coefficient $k_{\Delta}$	Porosity (P) %
Quarrystone (smooth) <sup>1</sup>	2	Random	1.02	38
Quarrystone (rough) <sup>2</sup>	2	Random	1.00	37
Quarrystone (rough) <sup>2</sup>	>3	Random	1.00	40
Quarrystone (parallepiped) <sup>6</sup>	2	Special	—	27
Cube (modified) <sup>1</sup>	2	Random	1.10	47
Tetrapod <sup>1</sup>	2	Random	1.04	50
Quadripod <sup>1</sup>	2	Random	0.95	49
Hexipod <sup>1</sup>	2	Random	1.15	47
Tribar <sup>1</sup>	2	Random	1.02	54
Dolos <sup>4</sup>	2	Random	0.94	56
Toskane <sup>5</sup>	2	Random	1.03	52
Tribar <sup>1</sup>	1	Uniform	1.13	47
Quarrystone <sup>7</sup>	Graded	Random	—	37

<sup>1</sup> Hudson (1974).

<sup>2</sup> Carver (1983).

<sup>3</sup> Hudson, (1961a).

<sup>4</sup> Carver and Davidson (1977).

<sup>5</sup> Carver (1978).

<sup>6</sup> Layer thickness is twice the average long dimension of the parallelepiped stones. Porosity is estimated from tests on one layer of uniformly placed modified cubes (Hudson, 1974).

<sup>7</sup> The minimum layer thickness should be twice the cubic dimension of the  $W_{50}$  riprap. Check to determine that the graded layer thickness is  $\geq 1.25$  the cubic dimension of the  $W_{max}$  riprap (see eqs. 7-123 and 7-124 below).

### 2.5.5 Stabilitas Fondasi Tumpukkan Batu Dan Pelindung Kaki

Tumpukkan batu yang ditempatkan dibawah blok beton, kaison atau buis beton sebagai fondasi bangunan pantai terlihat seperti gambar 2.41.a. Sedangkan tumpukkan batu sebagai pelindung kaki bangunan terlihat seperti gambar 2.41.b.

Berat butir batu untuk fondasi dan pelindung kaki diberikan oleh persamaan berikut:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)^3} \quad (2.50)$$

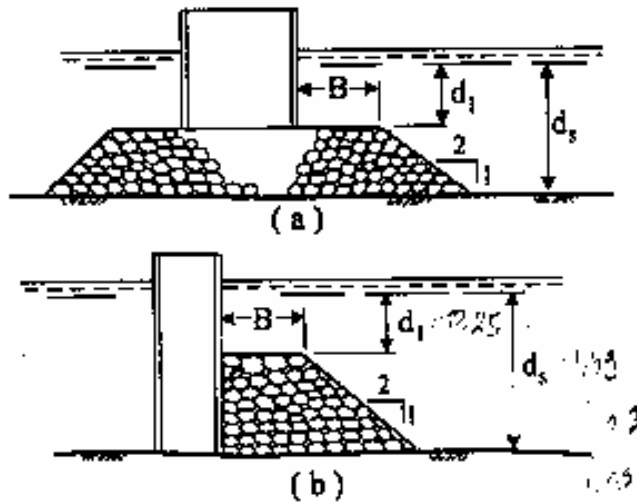
dengan:

W = Berat rata- rata butir batu (ton)

$S_r$  = perbandingan antara berat jenis batu dan berat jenis air laut =  $\frac{\gamma_r}{\gamma_a}$

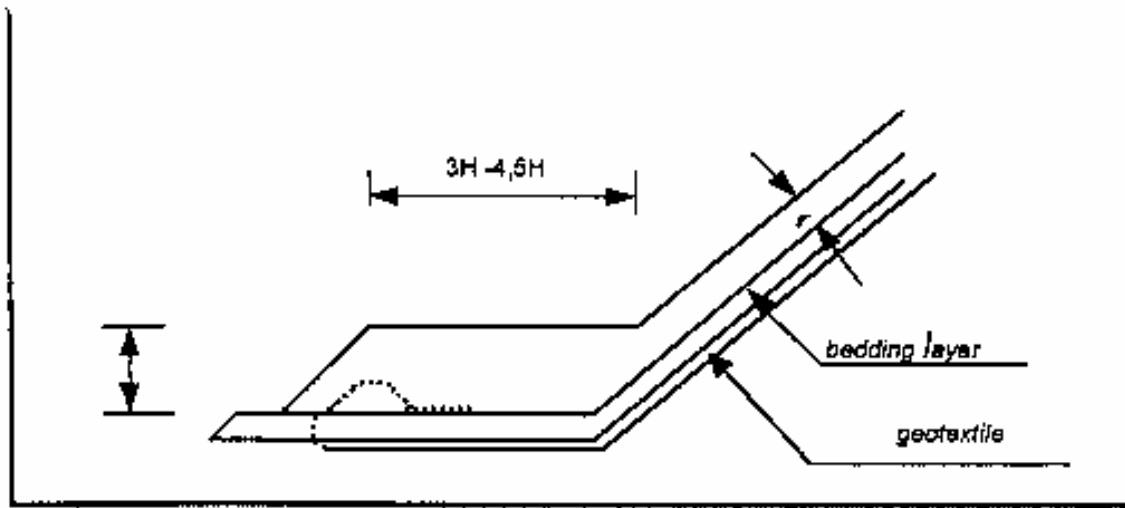
$N_s$  = angka stabilitas rencana untuk fondasi dan pelindung kaki bangunan seperti diberikan dalam gambar 2.43.

Gelombang dan arus yang menyerang bangunan pantai dapat menyebabkan terjadinya erosi pada tanah fondasi didepan kaki bangunan. Untuk itu perlu diberikan perlindungan pada bagian tersebut berupa tumpukkan batu dalam gambar 2.42. berat batu pelindung kaki tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.50)



Gambar 7.34. Fondasi (a) dan pelindung kaki (b) dari tumpukkan batu

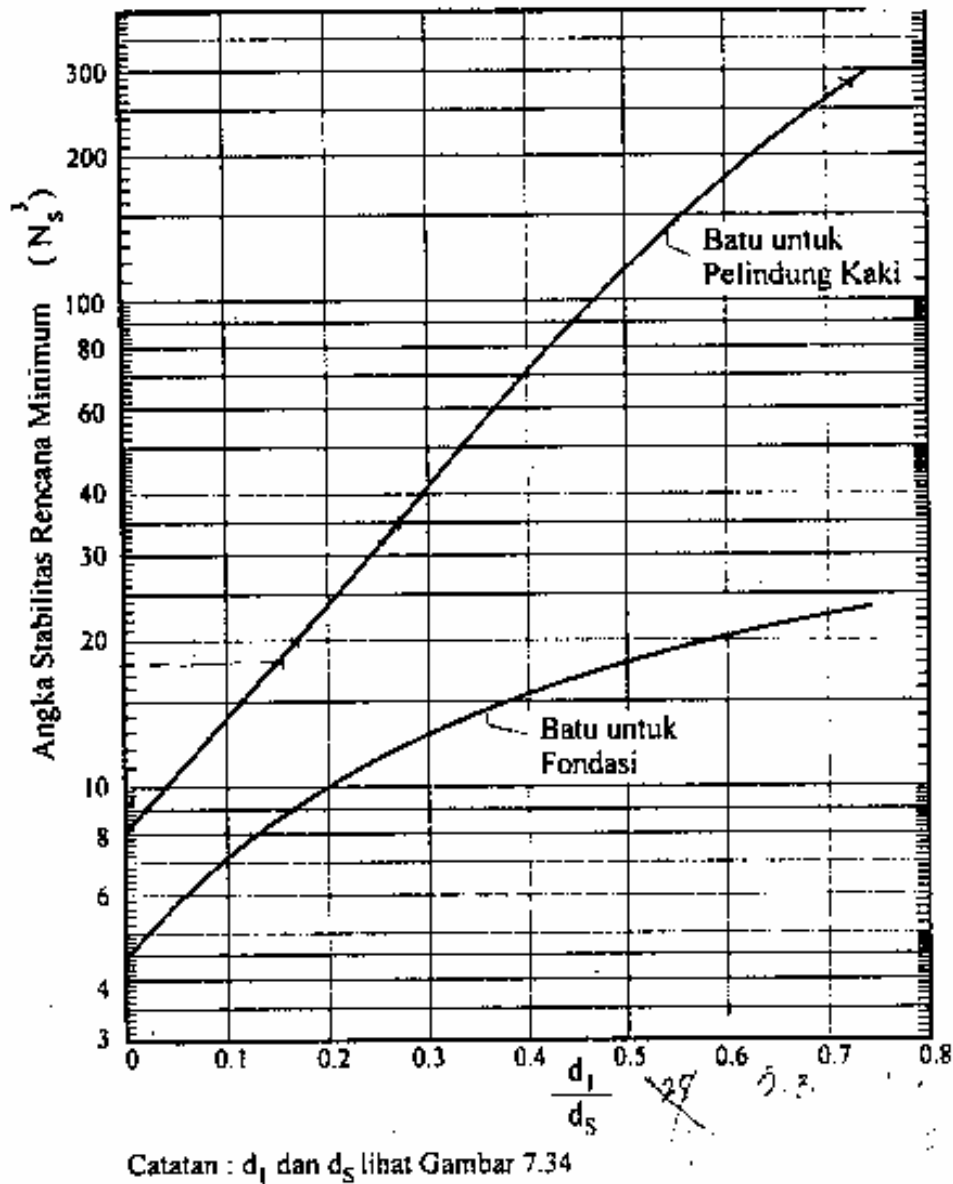
Gambar 2.41 fondasi (a) dan pelindung kaki (b) dari tumpukkan batu



Gambar 2.32 Pelindung kaki bangunan

Gambar 2.42 Pelindung kaki bangunan





Gambar 2.43 Angka stabilitas  $N_s$  untuk fondasi pelindung kaki

### 2.5.6 Penurunan (Setlemen)

Rumus

Dari hasil perhitungan dimensi bangunan groin, bangunan tersebut di bagi menjadi dua bagian:

$$S_c = Cc \frac{H}{e} \log \frac{p_o + \Delta p}{p_0}$$

dimana :

$C_c$  = koefisien gradasi

$H$  = tebal segmen tanah

$e$  = angka pori

$$e = G_s \times w / S$$

$G_s$  = berat jenis tanah

$z$  =  $H/2$

$S$  = derajat kejenuhan = 1

$w$  = kadar air

$p'_o$  = tegangan efektif awal =  $z \times \gamma'$

$\gamma'$  =  $\gamma_{sat} - \gamma_w$

$\Delta p_1$  = tegangan satu sisi bangunan =  $q \cdot I$

$I$  = faktor pengaruh beban akibat beban timbunan

faktor pengaruh akibat beban timbunan di peroleh dari gambar 2.45

Untuk menghitung penurunan tanah terhadap waktu, dihitung dengan rumus

$$t = TV * H^2 / CV$$

dimana :

$t$  = lama (waktu) terjadinya penurunan, tahun, bulan, dan lain-lain

$Tv$  = time factor

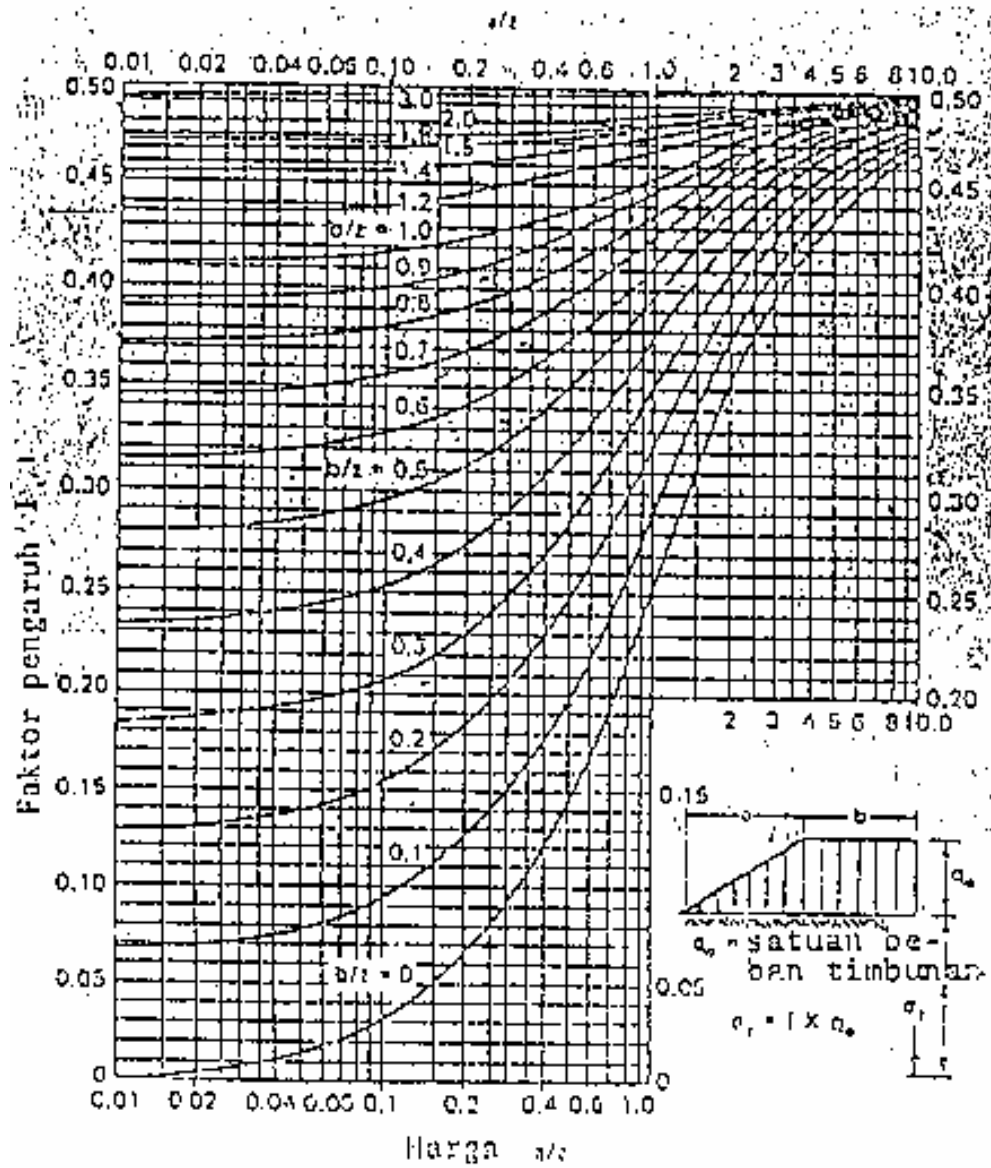
$H$  = tebal lapisan tanah = 20 m

$CV$  = koefisien konsolidasi ( $\text{cm}^2/\text{det}$ )

$Tv$  =  $1.781 - 0.933 \log (100 - U\%)$

Tabel 2.7 Time Vactor ( $Tv$ ) terhadap derajat konsolidasi

U%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
$Tv$	0.008	0.031	0.071	0.126	0.197	0.287	0.403	0.567	0.484	1.2



gambar 2.44 faktor pengaruh akibat beban timbunan

## 2.6. 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 maupun dengan adanya struktur pada pantai untuk jangka waktu tertentu

Nama GENESIS merupakan akronim dari ( **GENE**ralized model for simulating **SI**mulating **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* )

### 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.

Jika data yang digunakan adalah data cuaca maka untuk merubah kedalaman gelombang dipergunakan program yaitu RCPWAVE. Program ini digunakan untuk mentransformasikan data angin menjadi data gelombang ( Tinggi gelombang , periode gelombang dan arah gelombang. ) sehingga dapat menjadi data masukan perhitungan di dalam program GENESIS .

### B. INPUT DATA GENESIS

#### START MENU

\* INPUT FILE START.DAT TO GENESIS (Workbook) VERSION 2.0 \*

A----- MODEL SETUP -----A

A.1 RUN TITLE

BALONGAN

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

### 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  $\frac{1}{2}$  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 interfal data setiap  $\frac{1}{2}$  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 penosisannya 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 gros 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 konter 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 B.9

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  $D_b$  ) 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 ). Juka 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----- SEAWALL -----H

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

Diguakan 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 fils 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 :

$$Q_{(+)} = \frac{1}{2}(Q_g + Q_n) \quad (2.46)$$

$$Q_{(-)} = \frac{1}{2}(Q_g - Q_n) \quad (2.47)$$

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

C<sub>g</sub> = Kecepatan group Gelombang ( Berdasarkan teori gelombang Linear )

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

ρ<sub>s</sub> = Masa jenis Pasir

ρ = Masa jenis Air

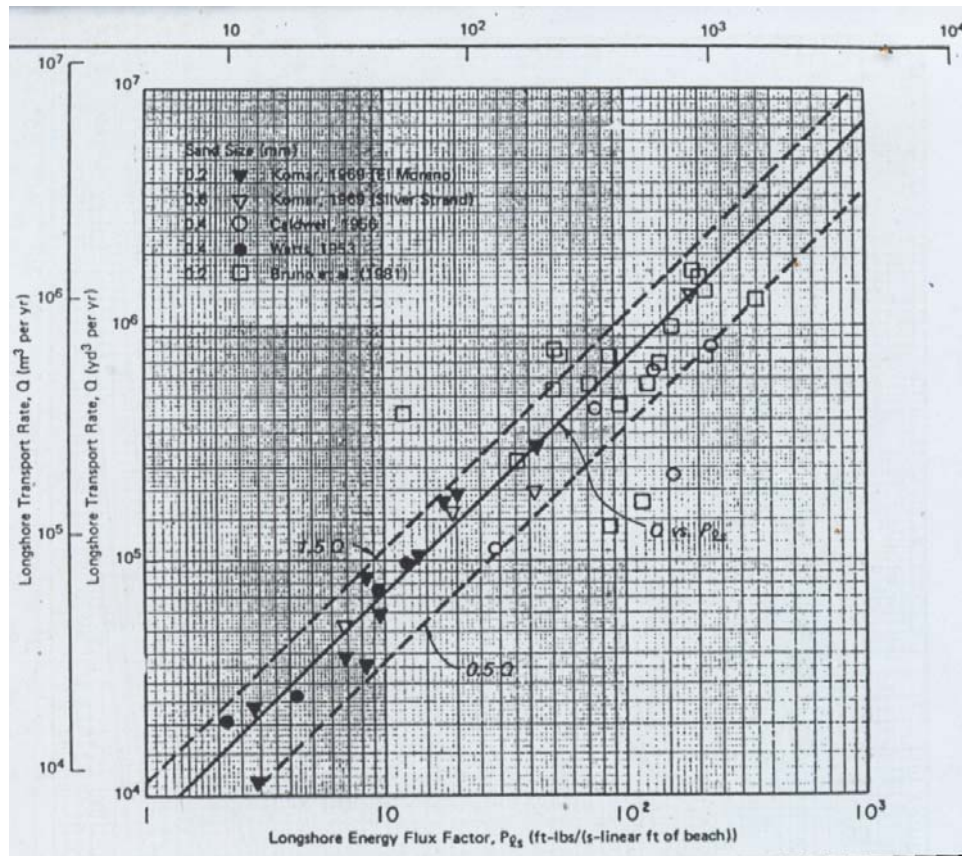
θ<sub>b</sub> = angle breaking wave makes with the local shoreline.

K<sub>1</sub> = Koefisien pendekatan untuk hubungan antara nilai transport dan longshore energi flux diambil dari gambar (2.37)

K<sub>2</sub> = Adalah koefisien perbandingan antara kemiringan pantai dengan ketinggian gelombang pecah ( diambil 0.39 ) dari spm 1984 figure 4-37

tan β = Kemiringan dasar pantai sepanjang area ( Surf Zone ) sampai dengan longshore sand transport





Gambar 2.45 kurva Koefisien pendekatan hubungan antara nilai transport dan longshore energi flux

#### D. GROIN.

GENESIS dapat memperhitungkan pengaruh adanya *Groin*, *Breakwater*, *seawalls* dan *Beach fills* terhadap kondisi garis pantai.

Struktur groin dibagi menjadi 2 bagian yaitu difracting dan non difracting. Nondifracting groin biasanya memiliki panjang yang relatif lebih pendek jika dibandingkan dengan difracting groin. Program Genesis juga memungkinkan pengguna untuk memasukkan nilai permeabilitas groin yang pada akhirnya akan mempengaruhi kondisi seimen yang lolos dan yang tertahan oleh groin. Permeabilitas groin juga dapat disesuaikan dan digunakan sebagai faktor kalibrasi sehingga didapatkan prototype groin yang sesuai dengan perubahan garis pantai yang di kehendaki.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi transport sedimen yang dapat dilewatkan oleh groin adalah lokasi breaking line groin dihitung relatif terhadap seaward sampai dengan akhir dari struktur groin. Kondisi asumsi terjadinya longshore transport adalah pada kedalaman 1.6 kali dari kedalaman gelombang pecah, dengan ketinggian gelombang signifikan berdasarkan dari hasil perhitungan ( Hallermeier 1983 ). jika kedalaman breaking line lebih besar dari kedalaman ujung groin, maka beberapa material angkutan sedimen akan dilewatkan di sekitar ujung groin. Besarnya angkutan sedimen dihitung dengan mengasumsikan bahwa besarnya longshore transport adalah sama. Sehingga besarnya pasir yang dilewatkan pada ujung groin dapat dihitung dengan menggunakan rasio perbandingan antara panjang groin dan posisi terjadinya longshore transport terhadap posisi garis pantai.

### **E. BREAKWATERS**

Didalam melakukan perhitungan terhadap struktur breakwater program GENESIS mengasumsikan struktur breakwater sebagai *diffracting* struktur dengan perambatan gelombang di sekitar ujung dari breakwater. Setiap ujung breakwater di asumsikan sebagai " *energi window* " sehingga perhitungan longshore transport dihitung terhadap setiap titik garis pantai dengan berdasarkan pada perambatan energi gelombang yang melewati dua " *energi window* " dimana salah satunya didefinisikan sebagai perambatan energi gelombang di ujung-ujung breakwater.

Program GENESIS menggunakan acuan yang diberikan oleh ( Hanson dan Kraus , 1990 ) didalam perhitungan tombolo dan salient, dimana untuk perhitungannya digunakan pertimbangan-pertimbangan berdasar pada variasi cuaca, panjang breakwater, koefisien transmisi gelombang dan jarak break water terhadap garis pantai.

### **F. SEAWALLS DAN BULKHEAD**

GENESIS juga mampu memprediksi perubahan garis pantai di sekitar seawalls dan Bulkheads. Pada area pantai yang terjadi abrasi tetapi telah dipasang seawalls atau bulkhead, perhitungan abrasi akan tertahan setelah garis pantai mencapai posisi dibangunnya seawalls dan bulkhead. Kemudian posisi titik awal terjadinya updrift pada seawalls dianggap sebagai acuan garis pantai baru, dimana nilai longshore transport dianggap konstan seperti permulaan ( sebelum dibangunnya struktur perkuatan dinding).

## G. SKEMA PERHITUNGAN STABILISASI GARIS PANTAI.

GENESIS memiliki beberapa fitur yang dapat membantu didalam melakukan pemilihan terhadap beberapa alternatif bangunan pengaman pantai. Seperti misalnya didalam pembuatan groin, GENESIS dapat meramalkan kondisi garis pantai jika digunakan beberapa alternatif pembuatan groin dengan kombinasi jarak dan panjang groin. Atau pada perhitungan struktur Breakwater GENESIS dapat meramalkan efek yang akan terjadi terhadap garis pantai dengan melakukan perhitungan terhadap beberapa alternatif layout (panjang,spacing,dan jarak breakwater terhadap posisi pantai ). Hal ini dapat sangat membantu didalam pemilihan layout suatu bangunan pengaman pantai, sehingga didapatkan response perubahan garis pantai yang diinginkan.

### 2.7 S.M.S

Untuk pemodelan hidrodinamika dan sedimentasi pada analisis data ini adalah menggunakan perangkat lunak program simulasi yaitu Surface-Water Modelling System(SMS). SMS adalah proses pra dan pasca untuk pemodelan untuk elemen hingga dan elemen beda hingga. Program inti dari SMS adalah program pemodelan hidrodinamika yang dapat menghitung elevasi muka air dan kecepatan aliran untuk seautu masalah aliran.

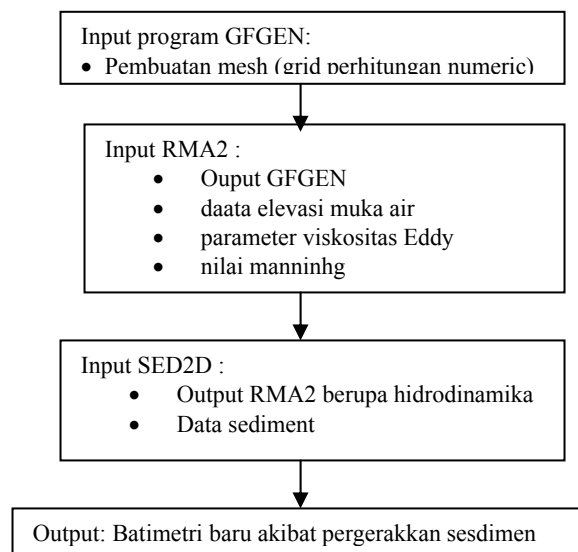
SMS sangat cocok untuk perhitungan numerik mesh (grid) yang besar dan kompleks (sampai beberapa ribu elemen). Mesh elemen serta kondisi batas yang diperlukan untuk perhitungan dapat dibuat secara interaktif dan disimpan dalam file-file yang spesifik. File-file tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan hidrodinamika. File-file solusi perhitungan memberikan informasi elevasi muka air, kecepatan aliran, konsentrasi sediment, atau data fungsional lain di setiap node dari mesh yang dapat dibaca untuk plot vector, kontur berwarna, atau kurva yang berubah terhadap waktu sehingga terbentuk animasi dinamis.

Dalam program SMS terdapat beberapa modul program penting untuk membuat simulasi. Terkait dengan pekerjaan ini modul yang digunakan adalah:

1. **GFGEN** (*Geometri file Generation*) adalah file untuk membuat geometri dan file mesh elemen hingga untuk menjadi masukkan system pemodelan SMS. Program ini melakukan pemeriksaan rutin mesh dan menyusun kembali mesh. Program GFGEN ini hanya membutuhkan file geometri ASCII sebagai input.

2. **RMA2** (*Resources Management Associates-2*) adalah program inti dari SMS. RMA2 adalah program elemen hingga dua dimensi untuk menyelesaikan masalah hidrodinamika. RMA2 dapat digunakan untuk menghitung elevasi muka air dan kecepatan aliran pada titik-titik node dalam suatu mesh elemen hingga yang mewakili badan air di daerah studi, seperti sungai, kolam, muara atau pelabuhan.
3. **SED-2D** adalah program pemodelan numeric 2-dimensi, yang dirata-ratakan dalam arah vertikal (kedalaman), untuk mensimulasi proses transportasi sedimen dalam saluran terbuka, seperti sungai, estuari dan perairan teluk. SED-2D dapat memprediksi dengan cukup akurat untuk pergerakan sediment yang berupa pasir maupun lempung dengan asumsi kecepatan dan arah aliran dapat dianggap seragam pada seluruh kedalaman.

Dalam simulasi hidrodinamika dan sedimentasi ada beberapa tahapan pekerjaan yang perlu dilakukan yaitu :



Gambar 2.46 Tahapan pekerjaan simulasi

### 2.7.1 GFGEN

GFGEN merupakan langkah pertama yang dilakukan dalam pemodelan hidrodinamika dan pemodelan sedimentasi adalah dengan membuat geometri an elemen dari lokasi yang dimodelkan

**2.7.2 RMA-2**

Tujuan simulasi hidrodinamika adalah : untuk mendapatkan besaran kecepatan dan arah arus yang akan berguna dalam menentukan sifat dinamika perairan lokal. Pemodelan yang digunakan adalah untuk model numerik RMA2 yang merupakan model numerik elemen hingga (*finite element*) yang diintegrasikan dalam arah vertikal, sehingga dapat dianggap sebagai masalah dua dimensi (2-D).

RMA2 mampu menghitung perubahan elevasi permukaan perairan dan komponen kecepatan arus horizontal untuk aliran permukaan bebas sub-kritis dalam medan aliran 2-dimensi.

**1) Dasar Teori**

Pada dasarnya **RMA-2** menyelesaikan masalah aliran turbulen persamaan Reynolds yang diturunkan dari persamaan Navier-Stokes. Pengaruh kekasaran diperhitungkan dengan koefisien Manning atau Chezy, sementara karakteristik turbulensi diperhitungkan dengan memasukkan koefisien kekentalan turbulen (*eddy viscosity*).

Sebagai persamaan pengatur, **RMA-2** menggunakan persamaan konservasi massa dan momentum yang diintegrasikan terhadap kedalaman :

Persamaan konservasi massa :

$$\frac{\partial d}{\partial t} + d \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial d}{\partial x} + \frac{\partial d}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots(2.50)$$

Persamaan konservasi momentum:

**Arah x**

$$d \frac{\partial u}{\partial t} + du \frac{\partial u}{\partial x} + dv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{d}{\rho} (E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}) + gd \left( \frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial d}{\partial x} \right) + \frac{g u n^2}{(1.486 h^{1/6})^2} + (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta V_a^2 \cos \Psi - 2d \omega v \sin \phi = 0 \dots\dots\dots(2.51)$$

**arah y**

$$d \frac{\partial v}{\partial t} + du \frac{\partial v}{\partial x} + dv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{d}{\rho} (E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}) + gd \left( \frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial d}{\partial y} \right)$$

$$+ \frac{g v n^2}{(1.486 h^{1/6})^2} + (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta V_a^2 \sin \Psi - 2 d \omega v \sin \phi = 0 \dots\dots\dots (2.52)$$

dimana:

- d = Kedalaman perairan
- t = waktu
- u,v = komponen kecepatan dalam arah x dan y.
- $\rho$  = kerapatan fluida
- g = percepatan grafitasi
- E = koefisien kekentalan turbulen,  
xx, dalam arah normal terhadap bidang x.  
yy, dalam arah normal terhadap bidang y.  
xy dan yx, masing-masing berimpit dengan bidang x dan y.
- a = elevasi dasar perairan
- n = koefisien kekasaran Manning.
- $\zeta$  = koefisien tegangan geser angin emperis
- $V_a$  = Kecepatan angin
- $\Psi$  = arah angin
- $\omega$  = kecepatan rotasi bumi
- $\Phi$  = posisi lintang geografis

Persamaan konservasi massa dan momentum tersebut di atas diselesaikan dengan Metode elemen hingga dengan menggunakan Metode sisa bebobot (weighted residuals) Galerkin.

## 2) Kondisi Batas Pemodelan

Ada dua macam kondisi batas yang dapat diaplikasikan pada modul **RMA2** ini, yaitu perubahan debit (kecepatan aliran) dan perubahan elevasi muka air (pasang surut). Pada umumnya debit digunakan pada batas dimana air mengalir masuk ke model dan perubahan elevasi muka air digunakan pada batas sisi berlawanan model. Kondisi batas dapat diberi pada deretan node batas.

### A. Debit (*flow rate*)

Debit sungai kedudukannya dalam hidrologi sebagai aliran yang mempunyai peran penting dalam pola arus yang terjadi pada kawasan perairan, yang selanjutnya

mempunyai peranan khusus dalam transfer sediment dari hulu ke hilir. Oleh karena itu data yang digunakan adalah debit sungai rata-rata atau debit sungai harian bila tersedia.

### **B. Elevasi Muka Air (*tidal*)**

Pada umumnya, kondisi batas adalah elevasi muka air pada batas terluar. Kondisi batas tidak boleh ditempatkan dekat lokasi yang ditinjau. Kondisi batas harus ditempatkan pada tempat dimana data akurat tersedia tapi cukup jauh dengan lokasi yang ditinjau. Jarak dari lokasi yang ditinjau harus cukup jauh secara fisik dan numerik. Secara fisik dapat berarti jarak yang ber-kilometer sedangkan secara numerik dapat berarti sekurang-kurangnya 20 elemen jauhnya.

### **3) Sifat Material**

Selain kondisi batas diatas diperlukan informasi sifat material untuk setiap material dalam mesh elemen hingga, dimana setiap elemen diberi suatu pengenal (ID) material berupa indeks dari suatu daftar sifat material. Sifat material tersebut ikut termasuk dalam kondisi file batas. Setiap material mempunyai lima koefisien yang menentukan sifat material yaitu empat koefisien pertukaran turbulen ( $\epsilon$ ) dan satu koefisien kekasaran Manning ( $n$ ). Kelima koefisien material tersebut dapat dimasukkan secara keseluruhan *mesh* atau berbeda-beda untuk bagian yang berbeda dalam *mesh*.

#### **❖ Koefisien Pertukaran Turbulen**

Koefisien pertukaran turbulen juga dikenal sebagai ‘viskositas Eddy’. SMS memerlukan empat nilai koefisien pertukaran turbulen, yaitu masing-masing :

- i. Koefisien pertukaran turbulen normal pada sumbu x ( $\epsilon_{xx}$ )
- ii. Koefisien pertukaran turbulen tangensial pada sumbu x ( $\epsilon_{xy}$ )
- iii. Koefisien pertukaran turbulen normal pada sumbu y ( $\epsilon_{yx}$ )
- iv. Koefisien pertukaran turbulen tangensial pada sumbu y ( $\epsilon_{yy}$ )

Namun umumnya keempat koefisien pertukaran turbulen memiliki nilai yang sama. Aturan umum yang berlaku adalah untuk mengambil nilai koefisien serendah mungkin tanpa menyebabkan adanya gangguan stabilitas. Koefisien pertukaran turbulen yang terlalu tinggi akan menghasilkan solusi yang stabil tapi akan menghasilkan distribusi aliran, perpisahan aliran dan arus *eddy* yang tidak sesuai. Sebaliknya koefisien pertukaran turbulen yang terlalu rendah akan membuat perhitungan tidak stabil sehingga membuat simulasi tidak mampu menemukan solusinya. Tabel 2.8 menunjukkan nilai-

nilai koefisien pertukaran turbulen yang dapat digunakan secara praktis. Tabel tersebut hanya untuk sebagai petunjuk dalam memberi nilai awal.

Tabel 2.8 koefisien pertukaran Turbulen (Brigham Young University, 1992)

No	Kondisi	Nilai $\epsilon$ (N.sec/m <sup>2</sup> )
1.	Sungai dangkal (aliran lambat)	240 – 1200
2.	Sungai dangkal (aliran cepat)	1200 - 2400
3.	Muara dalam (elemen kecil)	2400 – 4800
4.	Muara dalam (elemen besar)	9500 - 14400
5	Rawa basah dan kering oleh pasut	4800 - 9500
6.	Perpisahan aliran sekitar struktur	0 – 240

#### ❖ Koefisien Kekasaran (n)

Koefisien kekasaran Manning ditetapkan berdasarkan sifat fisik dari material dasar dan pertimbangan geometris tertentu. Tidak ada cara yang baku untuk memilih nilai n. Memilih suatu nilai n sebenarnya berarti memperkirakan hambatan aliran pada saluran tertentu yang tidak dapat diperhitungkan secara eksak. Untuk itu dibutuhkan sedikit latihan penentuan teknis dan pengalaman. Pemberian nilai n pada kasus muara sungai dan pantai sering dilakukan dengan asumsi bahwa kekasaran pada perairan terbuka adalah fungsi dari kedalaman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien kekasaran Manning adalah sebagai berikut (Van te Chow, 1992):

- ❖ Kekasaran permukaan
- ❖ Tetumbuhan dan hambatan
- ❖ Ketidakteraturan saluran
- ❖ Trase saluran
- ❖ Pengendapan dan penggerusan
- ❖ Ukuran dan bentuk saluran
- ❖ Taraf air dan debit
- ❖ Perubahan musiman
- ❖ Endapan layang dan endapan dasar



Tabel 2.9 adalah tabel yang diusulkan oleh Chow (1959) dan survei geologi Amerika (1989) sebagai petunjuk untuk memberi nilai-nilai kekasaran Manning untuk berbagai kasus sungai dan muara sungai dalam menggunakan praktis.

Tabel 2.9 Koefisien kekasaran Manning (Brigham young University, 1992)

No	Kondisi	Nilai n
1	Sungai dangkal tanpa penghalang tiba-tiba	0.025 – 0.035
2.	Sungai dalam	0.018 – 0.025
3	Muara dangkal tanpa tumbuhan	0.020 – 0.030
4.	Muara dalam	0.015 – 0.020
5.	Tumbuhan tebal pada wetland	0.05 – 0.10

#### 4) Output

Output pertama dari hasil simulasi adalah berupa tinggi muka air dari MSL berupa grafik data elevasi muka air. Output kedua adalah arah dan besar arus yang membentuk pola pergerakan arus di lokasi yang dimodelkan.

#### 5) Pasca Proses RMA2

Setelah menjalankan RMA-2, hasilnya dapat dilihat dengan mudah lewat SMS. SMS dapat menampilkan vektor kecepatan dan kontur berwarna dari besaran vektor dan elevasi muka air. Untuk solusi dinamis, dapat dibuat animasi secara bertahap yang berubah terhadap waktu. Setelah mendapatkan solusi hidrodinamika, perlu diperiksa apakah hasil yang dikeluarkan masuk akal atau tidak. Jika hasilnya kurang memuaskan, mesh dapat diperkecil (dipertajam) atau diperhalus atau merubah koefisien-koefisien masukkan RMA-2 dijalankan lagi untuk mendapatkan solusi baru.

Umumnya setelah pemodelan keadaan awal telah 'disahkan' kebenarannya, SMS digunakan lagi untuk merubah mesh sehingga model mewakili kondisi dengan struktur baru. RMA-2 dapat digunakan lagi untuk mensimulasi pengaruh dari keberadaan struktur baru ataupun batimetri baru.

#### 6) Stabilitas dan Akurasi

Pemodelan hidrodinamika dengan RMA-2 mungkin mengalami kesulitan untuk menghitung solusi atau mendapatkan solusi yang tidak masuk akal. Untuk itu faktor yang

mempengaruhi stabilitas model dan akurasi solusi perlu ditinjau untuk menghindari kesalahan solusi. Faktor-faktor tersebut mencakup hal-hal berikut:

**a. Desain Mesh**

Desain mesh merupakan aspek terpenting dalam pembentukan model numerik. Penting karena secara fisik membentuk daerah yang dimodelkan dan juga menentukan, apabila kepadatan mesh memadai, akan adanya kesalahan yang menentukan dalam perhitungan. Mesh harus memiliki resolusi yang memadai untuk membentuk permukaan fisik yang dimodelkan dan juga untuk memecahkan masalah kecepatan dan gradien kedalaman pada interior mesh.

Kepadatan elemen dapat ditingkatkan di lokasi tertentu secara lokal dimana celah aliran menyempit, dengan tetap memperhatikan kontinuitas elemen agar tidak terjadi kesalahan perhitungan numerik.

**b. Kemiringan Dasar Badan**

Masalah potensial yang lainnya adalah hubungan antara RMA-2 dengan kemiringan pada dasar dari badan air yang dimodelkan. Jika kemiringan dasar diukur dalam arah sejajar dengan garis aliran lebih dari 10:1, asumsi bahwa kemiringan landai dari persamaan dasar telah dilanggar dan solusi menjadi tidak akurat. Selain itu, perubahan kedalaman searah aliran dari node ke node harus dibuat kurang dari 20% dengan alasan stabilitas, walaupun kemiringan landai.

**c. Waktu Basah dan Waktu Kering**

RMA-2 dapat digunakan untuk memodelkan siklus waktu basah dan waktu kering yang terjadi pada suatu periode waktu. Suatu node dikatakan kering bila hasil perhitungan elevasi muak air berada dibawah elevasi node. Bila satu saja node yang termasuk dalam satu elemen dikategorikan kering, maka semua elemen tersebut termasuk elemen kering. Batasan kering dan basah yang dihitung oleh RMA-2 dapat ditayangkan dalam SMS. Waktu pembuatan mesh dimana waktu basah dan waktu kering diharapkan terjadi, elemen mesh tersebut harus dibangun dalam bentuk garis orthogonal dalam mesh tersebut kira-kira sejajar dengan perkiraan garis aliran. Dengan melakukan ini maka garis waktu basah dan kering dapat tetap mulus dan seragam. Bila batas basah dan kering sangat tidak beraturan, model dapat menjadi tidak stabil.

**2.7.3 SED-2D**

Sedimentasi dimodelakan dalam Modul SED-2D. Proses fisik yang dimodelakan dalam SED-2D meliputi empat perhitungan utama:

1. Konsentrasi sedimen layang menggunakan persamaan konveksi-difusi dengan suku sumber dasar (*bed source term*).
2. Tegangan geser dasar.
3. Kuantitas sumber/asal sedimen
4. Model dasar perairan

**1) Dasar Teori**

Prinsip-prinsip rumus yang digunakan dalam SED-2D diuraikan sebagai berikut.

**a. Persamaan Difusi-Konveksi**

Persamaan dasar difusi-konveksi yang diberi dalam Ariatthurai, MacArthur, dan Krone (1997) adalah

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \alpha_1 C + \alpha_2 \dots\dots\dots(2.53)$$

dimana:

- C = konsentrasi (kg/m<sup>3</sup>)
- t = waktu (detik)
- u = kecepatan aliran dalam arah x
- x = arah aliran utama (meter)
- v = kecepatan arah aliran dalam arah -y
- y = arah tegak lurus terhadap x (meter)
- D<sub>x</sub> = koefisien difusi efektif dalam arah x (m<sup>2</sup>/detik)
- D<sub>y</sub> = koefisien difusi efektif dalam arah y (m<sup>2</sup>/detik)
- α<sub>1</sub> = koefisien untuk suku sumber (1/detik)
- α<sub>2</sub> = bagian konsentrasi ekuilibriumdari suku sumber (kg/m<sup>2</sup>/detik)

Persamaan ini berikutnya menjadi bentuk elemen hingga menggunakan fungsi bentuk kuadratik, N,

$$\sum_{ne=1}^{NE} \int \int_{D_{ne}} \left( N_j \left\{ Q + u \frac{\partial C^*}{\partial t} + v \frac{\partial C^*}{\partial y} - \alpha_1 C^* \right\} + \frac{\partial N_j}{\partial x} D_x \frac{\partial C^*}{\partial x} + \frac{\partial N_j}{\partial y} D_y \frac{\partial C^*}{\partial y} \right) dx dy$$

$$+ \sum_{\xi} \int N_j q_i^s d\xi = 0 \dots\dots\dots(2.54)$$

dimana:

NE = konsentrasi (kg/m<sup>3</sup>)

N = fungsi bentuk keadrat

Q = (∂C\* / ∂t) + α<sub>2</sub>) untuk masalah transient

C\* = konsertasi perkiraan dalam sebuah elemen sebagaimana dievaluasi dari fungsi bentuk dan nilai C pada titik node

NL = jumlah total dari segmen batas

ξ = koordinat local

q<sub>i</sub><sup>s</sup> = fluk dari sumber batas

Persamaan transient dapat dinyatakan sebagai:

$$[T] \frac{\partial \{C\}}{\partial t} + [K] \{C\} \{F\} = 0 \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana setiap elemen dalam perhitungan mesh memberi suku berikut ini matrik keseluruhan (global) :

$$[T] = \int_D \int [N]^T [N] dx dy \dots\dots\dots(2.56)$$

$$K = - \int_D \int \left[ K_j \left\{ u \frac{\partial C^*}{\partial x} + v \frac{\partial C^*}{\partial y} - \alpha C^* \right\} + \frac{\partial N_j}{\partial x} D_x \frac{\partial C^*}{\partial x} + \frac{\partial N_j}{\partial y} D_y \frac{\partial C^*}{\partial y} \right] dx dy \dots\dots\dots(2.57)$$

(Koefisien matrik system keadaan steady) :

$$\{F\} = - \int_D \int [N]^T \{ \alpha_2 \} dx dy + \int_{\xi} [N]^T \{ q \} d\xi \dots\dots\dots(2.58)$$

Dengan menggunakan skema Crank-Nicholson, dengan θ sebagai koefisien implicit, memberi persamaan berikut ini, dimana n mengacu pada waktu sekarang, n+1 pada langkah waktu di depan, dan t adalah selang waktu perhitungan.

$$\left\{ \frac{[T]}{\Delta t} + \theta [K]^{n+1} \right\} \{C\}^{n+1} = \left\{ \frac{[T]}{\Delta t} - (1 - \theta) [K]^n \right\} \{C\}^n + \theta \{F\}^{n+1} + (1 - \theta) \{F\}^n \dots\dots\dots(2.59)$$

**b. Tegangan Geser Dasar**

Dalam RMA-2 terdapat beberapa pilihan untuk menghitung tegangan geser dasar menggunakan persamaan :

$$\tau_b = \rho(u^*)^2 \dots\dots\dots(2.60)$$

dimana:

$\rho$  = kerapatan air

$u^*$  = kecepatan geser

Dengan profil kecepatan logaritma dinding halus

$$\frac{u_{avg}}{u^*} = 5.75 \log \left[ 3.32 \frac{u^* D}{\nu} \right] \dots\dots\dots(2.61)$$

dimana dapat diterapkan untuk 15% bagian bawah lapisan batas jika

$$\frac{u^* D}{\nu} > 30$$

dimana :

$u_{avg}$  = kecepatan rata-rata aliran

$D$  = kedalaman air

$\nu$  = kekentalan kinematik dari air

Persamaan tegangan geser Manning

$$u^* = \frac{\sqrt{g u_{avg} n}}{\sqrt{CME D^{1/6}}} \dots\dots\dots(2.62)$$

dimana :

$g$  = percepatan akibat gaya tarik bumi

$n$  = koefisien kekasaran Manning.

$CME$  = koefisien ; 1.0 untuk SI dan 1.486 untuk Unit Inggris

Persamaan tipe A Jonson untuk tegangan geser permukaan akibat gelombang dan arus

$$u^* = \sqrt{\frac{1}{2} \left( \frac{f_w u_{om} + f_c}{u_{om} + u} \right) \left( u_{avg} + \frac{u_{om}}{2} \right)} \dots\dots\dots(2.63)$$

dimana :

$f_w$  = koefisien tegangan geser untk gelombang

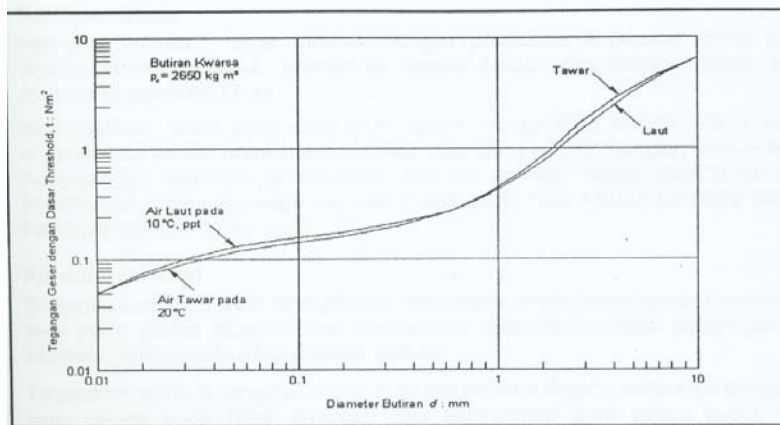
$u_{om}$  = kecepatan maksimum orbital dari gelombang

$f_c$  = koefisien tegangan geser untuk arus

Persamaan tipe ABijiker untuk tegangan geser total diakibatkan gelombang dan arus

$$u^* = \sqrt{\frac{1}{2} f_c u_{avg}^2 + \frac{1}{4} f_w u_{om}^2} \dots\dots\dots(2.65)$$

kurva hubungan tegangan geser dengan diameter butir ditampilkan pada Gambar 2.39



gambar 2.47 Tegangan geser dasar kritis untuk pergerakan butiran kwarsa dngn diameter d.

2) **Parameter Keseluruhan**

Langkah awal untuk mendefinisikan suatu masalah pergerakan sediment adalah menentukan parameter secara keseluruhan model. Semua bagian dari model yang tidak didefinisikan ulang lewat parameter local menggunakan nilai dari parameter keseluruhan ini. Pada parameter keseluruhan ini menentukan jenis dasar, koefisien difusi, konsentrasi awal dan kecepatan mengendap.

a. **Jenis Dasar**

**SED-2D** dapat mensimulasi dasar lempung atau pasir. Kondisi alamiah mungkin saja menyangkut keduanya pada waktu bersamaan. Jika kondisi lapangan menyangkut dua jenis dasar tersebut maka harus dimodelkannya masing-masing kemudian hasilnya digabungkan. Ukuran jenis dasar ditentukan oleh bentuk dari material dengan ketentuan seperti Tabel 2.10 di bawah ini

Tabel 2.10 Nilai faktor bentuk Wadell berdasarkan kebulatan

Klasifikasi Kebulatan	Nilai Faktor Bentuk Wadell
Very Angular	0.12 – 0.17
Angular	0.17 – 0.25
Sub -angular	0.25 – 0.35

Sub-rounded	0.35 - 0.49
Rounded	0.49 – 0.70
Well-rounded	0.70 – 1.00

**b. Koefisien Difusi**

Nilai-nilai koefisien difusi serupa dengan parameter Viskositas EDDY yang digunakan oleh RMA-2. Dianjurkan bahwa kedua nilai tersebut sama atau mendekati satu sama lain. Nilai koefisien difusi yang dianjurkan dalam manual SMS adalah antara 5-500 m<sup>2</sup>/detik. Dianjurkan untuk menggunakan nilai yang sekecil mungkin selama tidak mengganggu stabilitas perhitungan. Hal-hal tersebut dapat dicapai dengan pendekatan cara coba-coba dengan mengurangi nilai secara bertahap dalam batas perhitungan tetap stabil.

**c. Konsentrasi Awal**

Bagian konsentrasi awal mengizinkan pengguna untuk menetapkan konsentrasi awal pada model. Maksud dari konsentrasi awal disini adalah jumlah (kadar) sedimen layang pada simulasi dimulai.

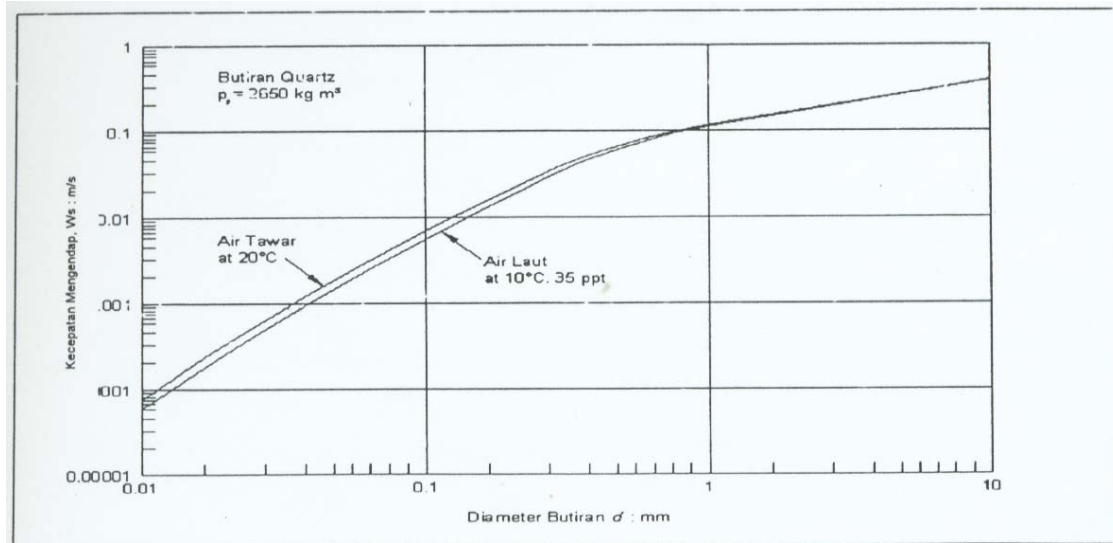
Tergantung pada lamanya simulasi, konsentrasi awal dapat mempunyai pengaruh yang berarti pada hasil simulasi. Jika konsentrasi awal terlalu tinggi, nilai pengendapan akan tinggi untuk beberapa langkah waktu pertama. Simulasi harus cukup panjang untuk dapat mengatasi penyimpangan/kesalahan awal ini. Jika konsentrasi awal terlalu rendah, model akan menggerus dasarnya sampai konsentrasi ekuilibrium tercapai. Hal yang baik adalah menggunakan data lapangan untuk memperkirakan konsentrasi awal aktual.

**d. Kecepatan Mengendap**

Kecepatan mengendap secara prinsip merupakan fungsi dari ukuran, bentuk, jenis, dan konsentrasi sediment. Dan juga terpengaruh oleh kerapatan, kekentalan dan slinitas fluida.

Walaupun secara teoritis kecepatan mengendap adalah fungsi dari berbagai parameter, untuk pasir quartz, kecepatan mengendap bisa didapatkan sebagai fungsi dari diameter butiran dari kurva yang diperlihatkan pada gambar 2.38

Yang menunjukkan kurva hubungan antara kecepatan mengendap dengan diameter butiran pasir pada air laut.



Gambar 2.48 Kurva kecepatan mengendap butiran kwarsa.

### 3) Parameter Lokal

Kondisi yang ditentukan dalam parameter keseluruhan berlaku untuk seluruh mesh. Tapi dengan menggunakan dialog parameter lokal, pengguna SMS dapat menentukan parameter-parameter kepada suatu objek atau grup, yang dapat berupa node, kumpulan node (*nodestring*), elemen ataupun material. Untuk membedakan suatu wilayah tertentu dengan wilayah keseluruhan diatur dalam parameter lokal, sedangkan pada wilayah yang lain yang tidak ditentukan parameter lokalnya mengacu pada parameter keseluruhan.

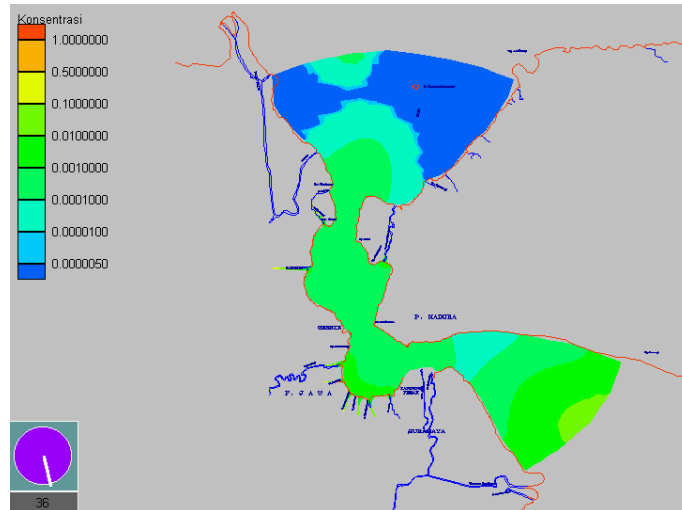
### 4) Model Kontrol SED-2D

Dalam model kontrol SED-2D, ada empat parameter pengatur yang membantu mengatur bagaimana model numeric berjalan, yaitu *Time Control*, *Crank-Nicholson Theta*, *Hydrolic Bed Shear stress* dan *fluid Density*.

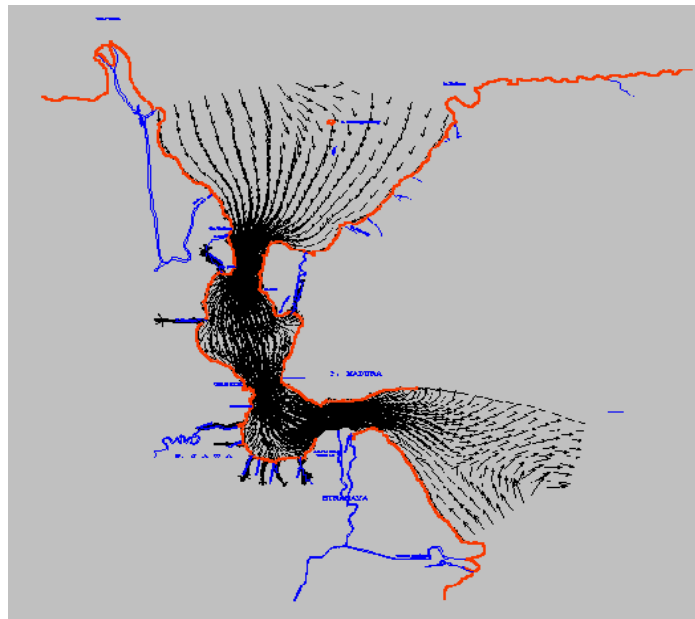
### Hasil Pemodelan

Pemodelan sedimentasi dan pemodelan arus pada program SMS ini ditampilkan pada gambar 2.49 dan 2.50





Gambar 2.49 Contoh hasil pemodelan sedimentasi



Gambar 2.50 Contoh hasil pemodelan arus