

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Pantai

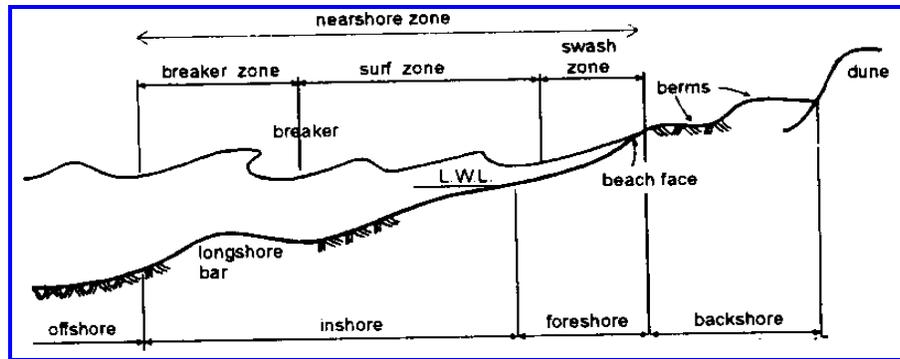
Menurut Priyono (1996), pantai didefinisikan sebagai wilayah yang terbentang dari tempat terjadinya perubahan fisiografi seperti tebing pantai dune (tempat di mana tumbuh-tumbuhan permanen) sampai ke suatu tempat di perairan (laut) dimana sedimen dasar tidak dipengaruhi oleh gelombang permukaan.

Kennet (1982) menyatakan bahwa pantai sebagai daerah paling dinamis dari semua lingkungan laut yang terpengaruh oleh proses gelombang yang secara konstan memungkinkan terjadinya perubahan dan ini tergantung pada gelombang individu dan perbedaan pasang, musim maupun tahunan, selain parameter utama dari gelombang berupa tinggi dan sudut datang gelombang terhadap morfologi dari pantai yang bersangkutan.

Menurut Komar (1976; 1998) dan Triatmodjo (1999) morfologi pantai dan dasar laut dekat pantai dibagi menjadi empat kelompok yang berurutan dari darat ke laut sebagai berikut :

1. **Backshore** merupakan bagian dari pantai yang tidak terendam air laut kecuali bila terjadi gelombang badai
2. **Foreshore** merupakan bagian pantai yang dibatasi oleh *beach face* atau muka pantai pada saat surut terendah hingga *uprush* pada saat air pasang tinggi.
3. **Inshore** merupakan daerah dimana terjadinya gelombang pecah, memanjang dari surut terendah sampai ke garis gelombang pecah.
4. **Offshore** yaitu bagian laut yang terjauh dari pantai (lepas pantai), yaitu daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut.

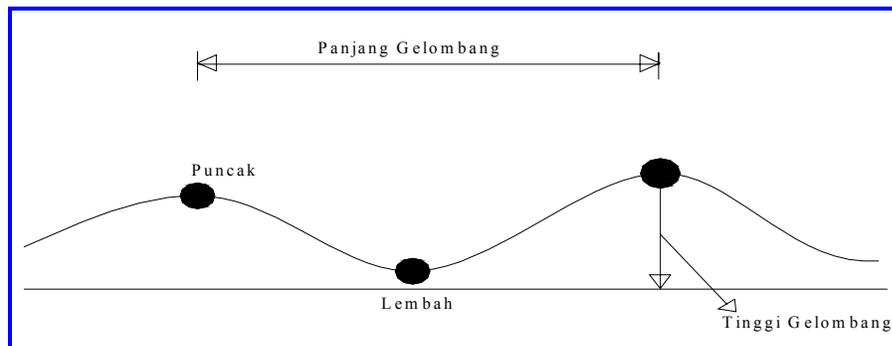
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar II.1 berikut :



Gambar II.1 Definisi dan karakteristik gelombang di daerah pantai (Triatmodjo,1999)

2.2 Gelombang

Menurut Romimohtarto dan Juwana (1999), gelombang laut yang timbul diakibatkan angin diatas permukaan laut dan bisa juga oleh tekanan tangensial pada partikel air. Pada saat gelombang bergerak di air, jarak antara dua titik serupa yang berurutan, yakni antara satu puncak dengan puncak yang berikutnya atau antara satu lembah dengan lembah yang berikutnya dinamakan panjang gelombang. Jarak tegak antara titik puncak dan titik lembah dinamakan tinggi gelombang. Waktu yang digunakan untuk menempuh jarak dari satu titik serupa dari satu gelombang ke titik serupa gelombang berikutnya dinamakan periode gelombang (Gambar II.2)



Gambar II.2 Diagram komponen dasar gelombang (Romimohtarto dan Juwana,1999)

Ada beberapa teori yang menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan dari alam. Teori yang paling sederhana adalah teori gelombang linier. Menurut teori gelombang linier, gelombang berdasarkan kedalaman relatifnya di bagi menjadi tiga yaitu *deep water*, *transitional*, *shallow water*, klasifikasi dari gelombang tersebut di tunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi gelombang menurut teori Gelombang Linier

Klasifikasi	d/L	$2\pi d/L$	$\tan h (2\pi d/L)$
<i>Depp Water</i>	$>1/2$	$>\pi$	≈ 1
<i>Transitional</i>	$1/25 \text{ s/d } 1/2$	$1/4 \text{ s/d } \pi$	$\tan h (2\pi d/L)$
<i>Shallow Water</i>	$<1/25$	$<1/4$	$\approx 2\pi d/L$

Sumber : Departemen Of The Army, hal:2-9, 1984

Sedangkan persamaan dari profil gelombang, cepat rambat gelombang, dan panjang gelombang berdasarkan kedalaman relatifnya diberikan pada tabel 2.2.

2.3 Deformasi Gelombang

Menurut Triatmodjo (1999), apabila suatu deret gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi dan gelombang pecah.

Refraksi terjadi dikarenakan adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Difraksi terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik didekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil. Difraksi terjadi apabila suatu deret gelombang terhalang oleh rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau.

Refraksi dan pengaruh pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi dan gelombang pecah akan menentukan tinggi gelombang dan pola (bentuk) garis puncak gelombang di suatu tempat di daerah pantai.

Refraksi dan Wave Shoaling

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*Wave Shoaling*) dapat menentukan tinggi gelombang disuatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. (Triatmodjo, 1999)

➤ Koefisien Refraksi

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}} \quad (\text{Triatmodjo, hal : 72, 1999})$$

Dimana pada hukum Snell berlaku apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, yaitu:

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_o} \right) \sin \alpha_o \quad (\text{Triatmodjo, hal : 72, 1999})$$

- Dengan :
- K_r : Koefisien Refraksi
 - α : Sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang ditinjau
 - α_o : Sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai
 - C : Kecepatan rambat gelombang
 - C_o : Kecepatan rambat gelombang di laut dalam

➤ Koefisien *Shoaling*

$$K_s = \sqrt{\frac{noLo}{nL}} \quad (\text{Triatmodjo, hal : 70, 1999})$$

Dengan : K_s : Koefisien Pendangkalan (*Shoaling*)
 L : Panjang Gelombang
 Lo : Panjang Gelombang di laut dalam

➤ Tinggi Gelombang

Tinggi gelombang akibat pengaruh refraksi gelombang dan pendangkalan (*wave shoaling*), diberikan oleh rumus :

$$H = K_s \times K_r \times H_o \quad (\text{Triatmodjo, hal : 70, 1999})$$

Dengan : H_o : Tinggi gelombang laut dalam
 K_s : Koefisien Pendangkalan (*Shoaling*)
 K_r : Koefisien Refraksi

Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah terlindung di belakangnya. Perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang disebut koefisien Refraksi K' , dapat dijelaskan sebagai berikut :

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

Dengan : H_A = Tinggi gelombang di belakang rintangan
 H_P = Tinggi gelombang di ujung pemecah gelombang
 K = Koefisien Refraksi

Gelombang Laut Dalam Ekuivalen

Analisis transformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen, yaitu tinggi gelombang di laut dalam apabila gelombang tidak mengalami refraksi. Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberikan oleh bentuk:

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

Dengan : $H'o$: tinggi gelombang laut dalam ekivalen

H_o : tinggi gelombang laut dalam

K' : koefisien difraksi

Kr : koefisien refraksi

Refleksi gelombang

Gelombang datang yang mengenai atau membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan bisa menyerap energi gelombang yang lebih banyak dibanding dengan bangunan yang tegak dan masif.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi H_r dan tinggi gelombang datang H_i :

$$X = H_r / H_i \quad (\text{Triatmodjo, hal. 91, 1999})$$

Koefisien refleksi beberapa tipe bangunan diberikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.3 Koefisien refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0.7 - 1.0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0.5 - 0.7
Tumpukan batu sisi miring	0.3 - 0.6
Tumpukkan blok beton	0.3 - 0.5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lobang)	0.05 - 0.2

Gelombang Pecah

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

$$\frac{H_o}{L_o} = \frac{1}{7} = 0.142 \quad (\text{Triatmodjo, hal. 94, 1999})$$

Kedalaman gelombang pecah (d_b) dan tinggi gelombang pecah diberi notasi H_b . Munk (1949, dalam CERC) memberikan persamaan untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah sebagai berikut :

$$\frac{Hb}{Ho'} = \frac{1}{3.3(Ho'/Lo)^{1/3}} \quad ; \quad \frac{db}{Hb} = 1.28 \quad (\text{Triatmodjo, hal. 94, 1999})$$

Parameter Hb/Ho' disebut dengan indeks tinggi gelombang pecah. Gambar II.5 menunjukkan hubungan antara Hb/Ho' dan Ho/Lo' untuk berbagai kemiringan dasar laut, sedangkan Gambar II.6 menunjukkan hubungan antara db/Hb dan Hb/gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar. Grafik yang diberikan pada gambar II.5 dapat dituliskan dalam rumus berikut:

$$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - (aHb/gT^2)} \quad (\text{Triatmodjo, hal. 95, 1999})$$

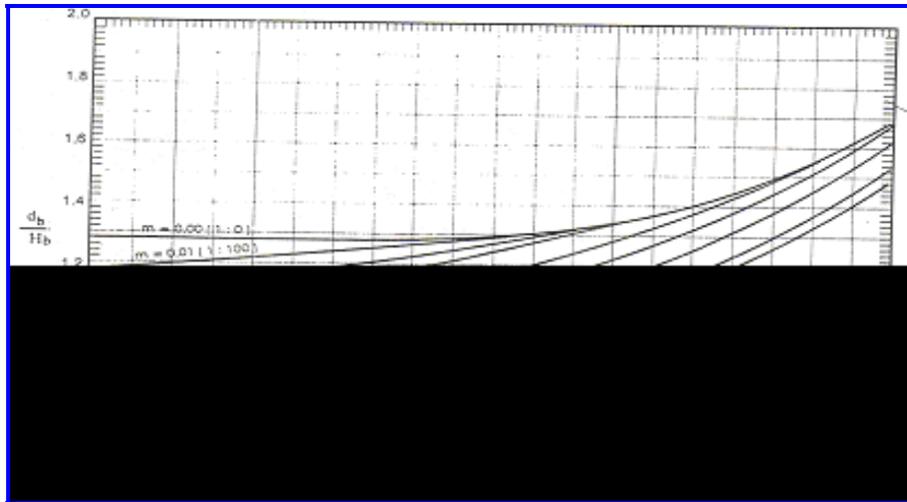
Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43.75(1 - e^{-19m})$$

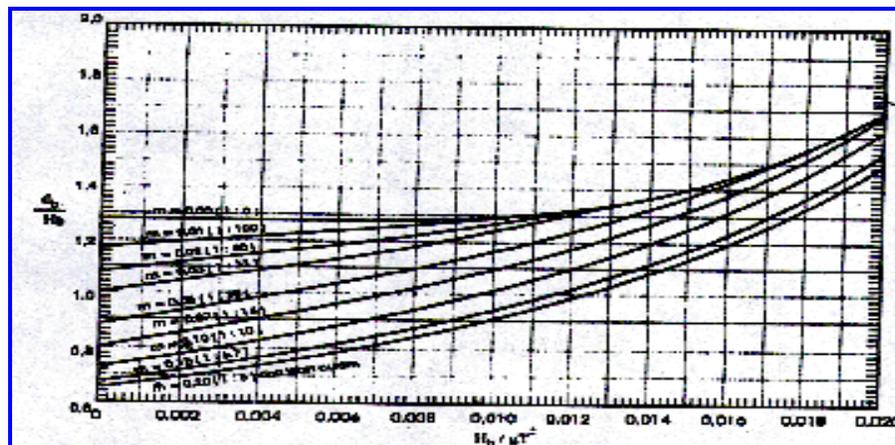
$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (\text{Triatmodjo, hal. 95, 1999})$$

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi:

1. *Spilling* : terjadi apabila gelombang dengan kemiringan yang kecil menuju ke pantai yang datar, gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi berangsur – angsur.
2. *Plunging* : apabila kemiringan gelombang dan dasar laut bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan masa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan.
3. *Surging* : terjadi pada pantai dengan kemiringan yang cukup besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang, daerah gelombang pecah sangat sempit dan energi di pantulkan kembali ke laut dalam.



Gambar II.3 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah



Gambar II.4 .Penentuan kedalaman gelombang pecah

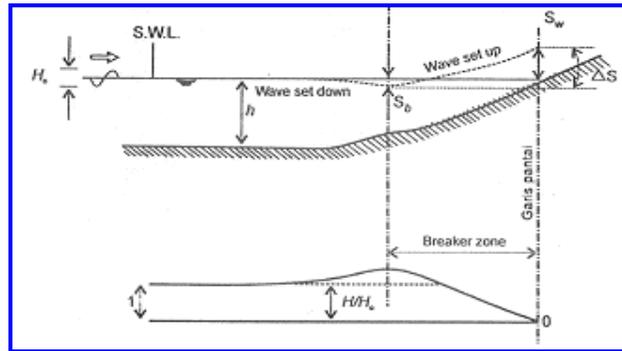
2.4 Fluktuasi Muka Air Laut

Elevasi muka air laut merupakan parameter penting dalam perencanaan bangunan pantai. Fluktuasi muka air laut dapat disebabkan oleh kenaikan muka air karena gelombang (*Wave Set Up*), kenaikan muka air karena angin (*Wind set-up*) dan pasang surut.

2.4.1 Kenaikan 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 di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik di mana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai, turunnya muka air disebut *wave set-down*, sedangkan

naiknya muka air disebut dengan *wave set-up*, seperti diperlihatkan pada gambar II.5 berikut :



Gambar II.5 *Wave set-up* dan *set down*

Wave set-up dapat dihitung dengan menggunakan teori *Longuer-Higgins* dan *Stewart*. Besar *wave set-down* di daerah gelombang pecah diberikan sebagai berikut :

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

- Dengan :
- S_b : *set-down* didaerah gelombang
 - T : periode gelombang
 - H_o : tinggi gelombang laut dalam ekivalen
 - d_b : kedalaman gelombang pecah
 - g : percepatan gravitasi

Wave set-up di pantai diberikan oleh bentuk berikut:

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

2.4.2 Kenaikan Muka Air Karena Angin (*Wind set-up*)

Angin dengan kecepatan besar di atas permukaan laut bisa membangkitkan fluktuasi muka air laut yang besar di sepanjang pantai jika badai tersebut cukup kuat dan daerah pantai dangkal dan luas.

Kenaikan elevasi muka air karena badai dapat dihitung:

$$\Delta h = \frac{Fi}{2} ; \Delta h = Fc \frac{V^2}{2gd} \quad (\text{Triatmodjo, hal. 109, 1999})$$

- Dengan :
- Δh : kenaikan elevasi muka air karena badai (m)
 - F : Panjang fetch (m)
 - I : Kemiringan muka air
 - c : Konstanta = $3,3 \times 10^{-6}$
 - V : Kecepatan angin (m/d)
 - d : Kedalaman air (m)
 - g : Percepatan gravitasi (m/d^2)

2.4.3 Pasang Surut

Kedalaman air di pantai selalu berubah sepanjang waktu, mula-mula muka air rendah, menjadi lebih tinggi dan mencapai maksimum. Kemudian muka air turun kembali sampai elevasi yang terendah, dan kemudian naik kembali. Perubahan elevasi muka air laut sebagai fungsi waktu disebut pasang surut, sehingga diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut sebagai berikut : (Triatmodjo, hal. 115, 1999)

- ❖ Muka air tertinggi (*Highest High Water Level*, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati
- ❖ Muka air tinggi rata-rata (*Mean High Water Level*, MHWL) adalah rata-rata muka air tertinggi yang dicapai selama pengukuran minimal 15 hari
- ❖ Muka air rata-rata (*Mean Water Level*, MWL) adalah muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata.
- ❖ Muka air terendah (*Lowest Low Water Level*, LLWL) adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati
- ❖ Muka air rendah rata-rata (*Mean Low Water Level*, MLWL) adalah rata-rata muka air terendah yang dicapai selama pengukuran minimal 15 hari

2.5 Design Water Level (DWL)

Untuk menentukan kedalaman rencana bangunan (d_s) diperlukan suatu kondisi muka air yang memberikan gelombang terbesar atau Run up tertinggi. d_s dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$d_s = (HHWL - BL) + \text{stormsurge/wind set-up} + SLR$$

(Triatmodjo, hal III-11, 1992)

Dimana : d_s = kedalaman kaki bangunan pantai

Tugas Akhir

Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Penanganan Masalah Abrasi di Pantai Sari, Kota Pekalongan

WEVI LISTARJYANI / L2A001157

WAODE MURNIATI SADIJA / L2A001161

- HHWL = Highest High Water Level (muka air pasang tertinggi)
 BL = Bottom Level (elevasi dasar pantai di depan bangunan)
 SLR = *Sea level rise* (kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh perubahan cuaca misalnya efek rumah kaca)

2.6. Konversi Kecepatan Angin

Data angin diperoleh dari pencatatan di permukaan laut dengan menggunakan kapal yang sedang berlayar atau pengukuran di darat. Pengukuran data angin di permukaan laut adalah yang paling sesuai untuk peramalan gelombang. Hubungan antara angin di atas laut dengan angin di darat terdekat diberikan oleh persamaan berikut :

$$R_L = U_W / U_L \quad (\text{Triatmodjo, hal. 154, 1999})$$

Dengan : U_L : Kecepatan angin yang diukur di darat (m/dt)

U_W : Kecepatan angin di laut (m/dt)

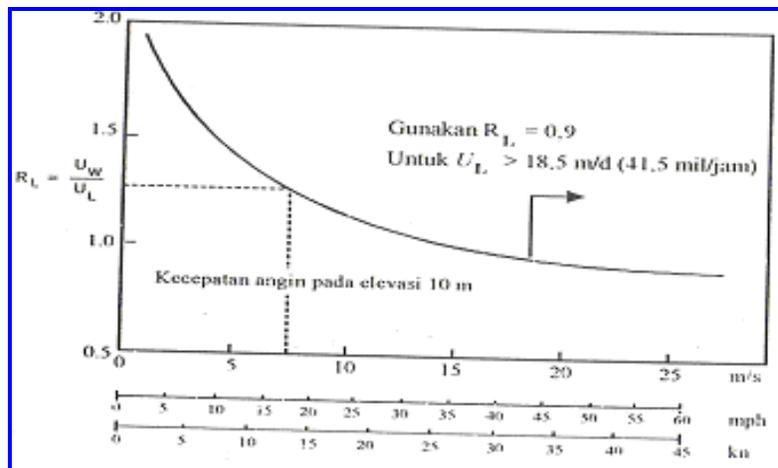
R_L : Tabel koreksi hubungan kecepatan angin di darat dan di laut.

Kecepatan angin yang didapat, dikonversi pada faktor tegangan angin, dimana U kecepatan angin dalam m/dt, dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

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

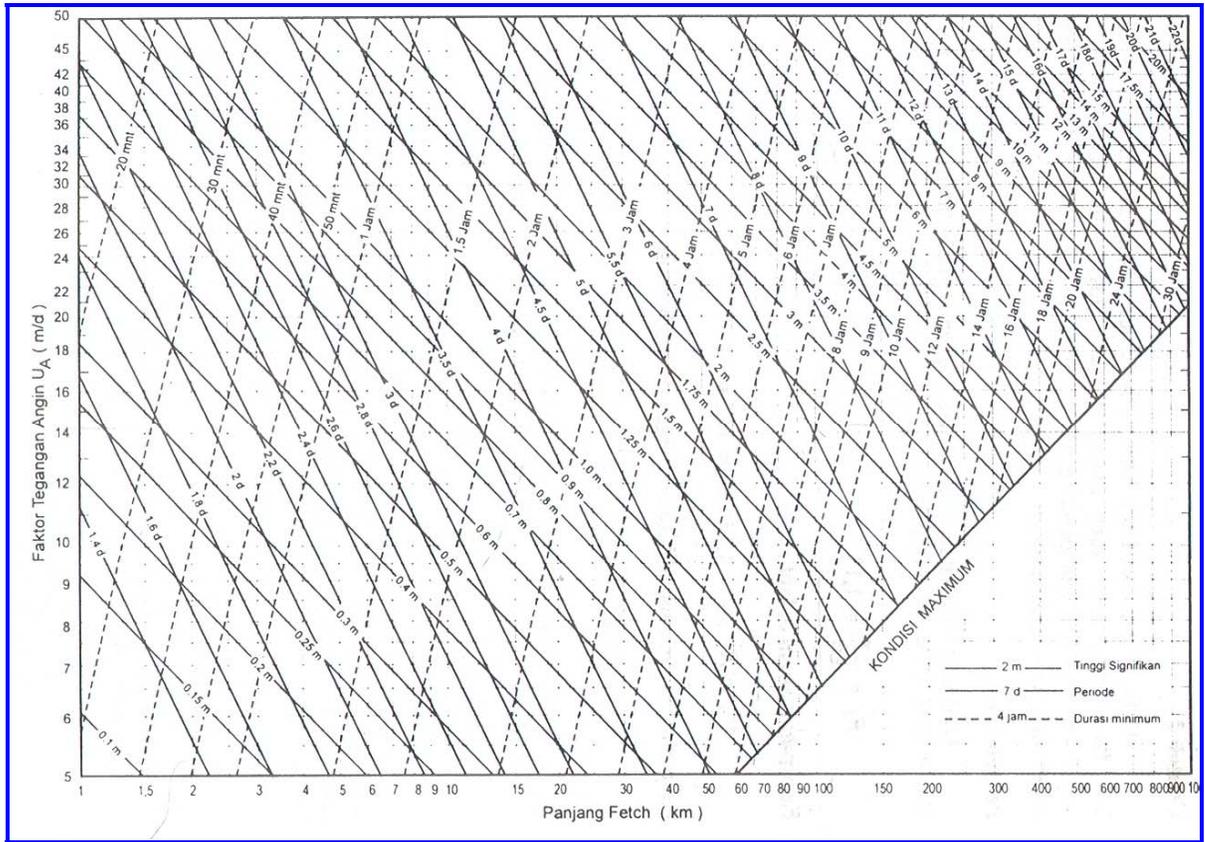
Dimana U adalah kecepatan angin dalam m/dt

Hubungan antara angin di atas laut dengan angin di atas darat yang diberikan oleh persamaan diatas dapat dilihat pada grafik dalam gambar II.6 berikut :



Gambar II.6 Hubungan antara angin di atas laut dan di darat

Dari data angin (U_A) dan perhitungan fetch dapat dihitung tinggi dan periode gelombang dengan menggunakan tabel peramalan gelombang seperti yang ditunjukkan pada gambar II.7 berikut :



Gambar II.7 Grafik peramalan gelombang

2.7 Fetch

Fetch adalah panjang daerah di mana angin dapat berhembus dengan kecepatan dan arah konstan (Triatmodjo, hal. 109, 1999). Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Di dalam pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin.

Fetch rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut:

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

Dengan : F_{eff} : Fetch rerata efektif

- X_i : Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch
- a : Deviasi pada kedua sisi arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6^0 sampai 42^0 pada kedua sisi dari arah angin.

2.8 Sedimen

Pethick (1984) mendefinisikan sedimen secara umum sebagai sekelompok rombakan material (batuan, mineral dan bahan organik) yang mempunyai ukuran butir tertentu. Sedimen pantai berasal dari tiga sumber yaitu erosi sungai, erosi pantai, dan erosi dasar laut, yang pada kenyataannya justru sungai yang memberikan suplai yang relatif besar ($\pm 90\%$) terhadap transport sedimen yang terjadi di pantai.

- Transport Sedimen sepanjang pantai diberikan dalam persamaan berikut :

$$Q_s = K P_1^n$$

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

- Dimana :
- Q_s : Angkutan sedimen sepanjang pantai (m^3 / hari)
 - P_1 : Komponen fluks energi gelombang pada saat pecah (Nm/d/m)
 - r : Rapat massa air laut (kg/m^3)
 - H_b : Tinggi gelombang pecah (m)
 - C_b : Cepat rambat gelombang pecah (m/d) = $\sqrt{gd_b}$
 - a_b : Sudut datang gelombang pecah
 - K, n : Konstanta

- CERC (1984) memberikan hubungan sebagai berikut :

$$Q_s = 1290 P_1 \quad \text{untuk satuan } m^3/\text{tahun}$$

$$Q_s = 3,534 P_1 \quad \text{untuk satuan } m^3/\text{hari}$$

- Prediksi transport sedimen dengan menggunakan data ramalan gelombang dan sudut datangnya diberikan oleh rumus :

$$Q_a = 2.03 \times 10^6 f H_o F_a \quad (\text{SPM Vol 1, Hal 4-103,1984})$$

$$F_a = [(\cos \alpha)^{1/4} \sin 2\alpha]$$

Dimana : Q_a : Pergerakan Sedimen (m^3 /tahun)

f : Frekwensi gelombang (%)

H_o : Tinggi gelombang signifikan di laut dalam (m)

Tugas Akhir

Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Penanganan Masalah Abrasi di Pantai Sari, Kota Pekalongan

WEVI LISTARJAYANI / L2A001157

WAODE MURNIATI SADIJA / L2A001161

α : Sudut datang gelombang di laut dalam.

- Prediksi transport sedimen tergantung pada komponen flux energi pada area *breaking line*. Diberikan dengan persamaan :

$$Q = \frac{K}{(\rho_s - \rho)ga'} P_1 \quad (\text{SPM Vol 1, Hal 4-96,1984})$$

Dimana : Q : Angkutan sediment sepanjang pantai ($m^3/hari$)

K : koefisien empiris dimensi (0.39)

S : berat jenis sedimen

ρ : berat jenis air

g : percepatan gravitasi

a' : porositas

- Rumus Empiris Transport sedimen (Triatmodjo, hal.188, 1999) :

Tabel 2.4 Rumus Transport Sedimen Sepanjang Pantai

No	Nama	Rumus
1	Caldwell	$Q_s = 1.200 P_1^{0.8}$
2	Savage	$Q_s = 0.219 P_1$
3	Ijima,Sato,Aono,Ishii	$Q_s = 0.130 P_1^{0.54}$
4	Tanaka	$Q_s = 0.120 P_1$
5	Komar,Inman	$Q_s = 0.778 P_1$
6	Das	$Q_s = 0.325 P_1$
7	CERC	$Q_s = 0.401 P_1$

Q_s ($m^3/hari$) P_1 (ton m/hari/m)

2.8.1 Ukuran Partikel Sedimen

Salley (1988) mengklasifikasikan sedimen pantai berdasarkan ukuran butir, yang disajikan dalam Tabel 2.5 berikut :

Tabel 2.5 Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Ukuran Butir

No.	Nama	Diameter (mm)	No.	Nama	Diameter (mm)
1	Kerakal	> 64	6	Pasir sedang	0.25 – 0.5
2	Kerikil	4 – 64	7	Pasir halus	0.125 – 0.25
3	Gravel	2 – 4	8	Pasir sangat halus	0.0625 – 0.125
4	Pasir sangat kasar	1 – 2	9	Lanau	0.0039 – 0.0625
5	Pasir kasar	0.5 – 1	10	Lempung	<0.0039

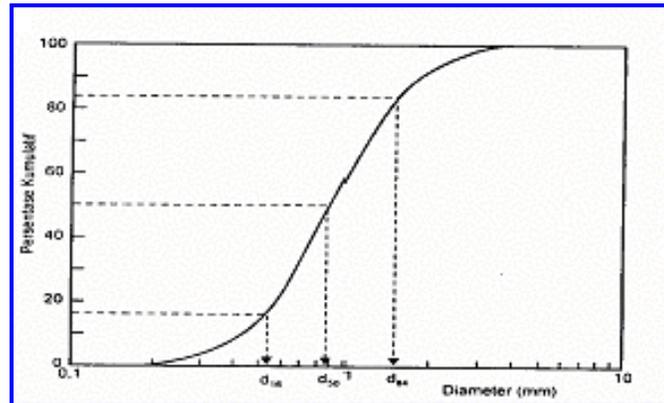
Tugas Akhir

Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Penanganan Masalah Abrasi di Pantai Sari, Kota Pekalongan

WEVI LISTARJAYANI / L2A001157

WAODE MURNIATI SADIA / L2A001161

Distribusi ukuran butir dianalisis dengan saringan dan dipresentasikan dalam bentuk kurva presentase berat kumulatif seperti gambar II.8 di bawah ini :



Gambar II.8 Distribusi Ukuran Butir (Triatmodjo, 1999)

2.8.2 Kecepatan Endap Sedimen

Kecepatan endap penting dalam mempelajari mekanisme transpor sedimen, terutama sedimen suspensi. Koesoemadinata (1980) mengklasifikasikan sedimen berdasarkan kecepatan endap yang disajikan dalam Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Klasifikasi Ukuran Butir Berdasarkan Kecepatan Pengendapan

No.	Nama	Kecepatan Pengendapan (mikron/det)
1	Pasir sangat halus	>3840
2	Lanau kasar	960 – 3860
3	Lanau sedang	240 – 960
4	Lanau halus	60 – 240
5	Lanau sangat halus	15 – 60
6	Lempung kasar	3.75 – 15
7	Lempung sedang	0.9375 – 3.75
8	Lempung Halus	<0.9375

2.8.3 Transport sedimen

Sedimen bergerak di sungai sebagai sedimen tersuspensi (*suspended sedimen*) dalam air yang mengalir dan sebagian muatan dasar (*bed load*) yang bergeser atau menggelinding sepanjang dasar saluran. Istilah yang ketiga yaitu loncatan (*saltation*) digunakan untuk menjelaskan gerakan partikel yang kelihatannya meloncat di sepanjang dasar saluran (Siebold dan Berger, 1993)

Proses tersebut tidak berdiri sendiri, karena material yang tampak sebagai muatan dasar pada suatu tempat mungkin tersuspensi dari tempat lain, perbedaan lain adalah antara muatan bahan dasar atau *bad material load*, yang diwakili oleh partikel-partikel dengan ukuran butir yang biasa dijumpai pada dasar sungai dan muatan hanyutan (*wash load*) yang terdiri dari partikel yang lebih kecil daripada di dasar sungai. Muatan hanyutan terdiri dari bahan halus yang hanyut ke dalam sungai pada waktu turun hujan dan yang berjalan melalui sistemnya tanpa mengendap kembali (Linsley *et al*, 1989)

Menurut Triatmodjo (1999), transport sedimen pantai dibedakan menjadi dua, yaitu transport sedimen menuju – meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dengan arah tegak lurus terhadap garis pantai dan transport sedimen sepanjang pantai (*longshore transport*).

Pada transport sedimen sepanjang pantai mempunyai dua komponen utama, yaitu transport sedimen dalam bentuk mata gergaji di garis pantai dan transport sedimen sepanjang pantai di *surf zone*. Sewaktu gelombang menuju pantai membentuk sudut terhadap garis pantai maka gelombang tersebut naik ke pantai dan juga membentuk sudut sehingga masa air yang naik akan turun kembali dalam arah tegak lurus pantai membentuk lintasan seperti mata gergaji yang disertai dengan terangkatnya sedimen dalam arah sepanjang pantai. Sedangkan komponen kedua merupakan transport sedimen yang diakibatkan oleh arus sepanjang pantai yang di bangkitkan oleh gelombang pecah di *surf zone*. Transport sedimen sepanjang pantai ini banyak menimbulkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan dan erosi pantai.

2.9 Perubahan Garis Pantai

Garis pantai (Komar, 1976; 1998; Triatmodjo, 1999) merupakan garis batasan pertemuan antara daratan dan air laut di mana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan kondisi pasang air laut dan erosi pantai yang terjadi.

Pada umumnya perubahan garis pantai yang terjadi adalah perubahan maju (akresi) dan perubahan mundur (abrasi). Garis pantai dikatakan mengalami akresi bila ada petunjuk mengenai adanya pengendapan atau deposisi secara kontinyu dan/atau mengalami pengangkatan atau *emerge*. Sedangkan garis pantai dikatakan mundur jika proses abrasi dan/atau penenggelaman atau *submerge* masih terus berlangsung (Bird, 1984)

2.9.1 Perubahan Garis Pantai Dengan Data Citra Landsat

Untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi dalam beberapa kurun waktu (*time series*) maka dilakukan tumpang susun (*overlay*) peta multitemporal. Dalam laporan ini digunakan peta Topografi 1963, Citra Landsat 1994 dan Citra Landsat 2002. *Overlay* antara peta dan citra landsat tersebut menggunakan perangkat lunak MapInfo dan ArcView sehingga akan memberikan gambaran daerah-daerah yang mengalami abrasi atau akresi berikut perhitungan luas penambahan atau pengurangan lahan yang terjadi.

2.9.2. Prediksi Perubahan Garis Pantai Dengan Menggunakan Program GENESIS

Prediksi perubahan garis pantai tanpa dan dengan bangunan pantai dimaksudkan untuk mengetahui/memprediksi perubahan garis pantai selama beberapa tahun ke depan dengan perlakuan tanpa dan dengan bangunan pelindung pantai serta mengetahui jenis bangunan pelindung pantai yang efektif dalam penanganan masalah abrasi. Prediksi ini dilakukan dengan menggunakan program **GENESIS** (*GENEralized Model For SImulating Shoreline Change*) dari US Army Corps Of Engineers (ASCE).

Metodologi analisis dari program simulasi **GENESIS** diuraikan sebagai berikut :

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 didapatkan tingkat angkutan sedimen 'kotor' (*gross*) $Q_g = Q_{lt} + Q_{rt}$, dan tingkat angkutan 'bersih' (*netto*), $|Q_n| = Q_{lt} - Q_{rt}$. Nilai Q_g digunakan untuk meramalkan tingkat pendangkalan pada suatu alur perairan terbuka. Q_n digunakan untuk desain alur yang dilindungi dan perkiraan erosi pantai, sedangkan Q_{lt} dan Q_{rt} untuk penumpukan sedimen di 'belakang' sebuah struktur pantai yang menahan pergerakan sedimen.

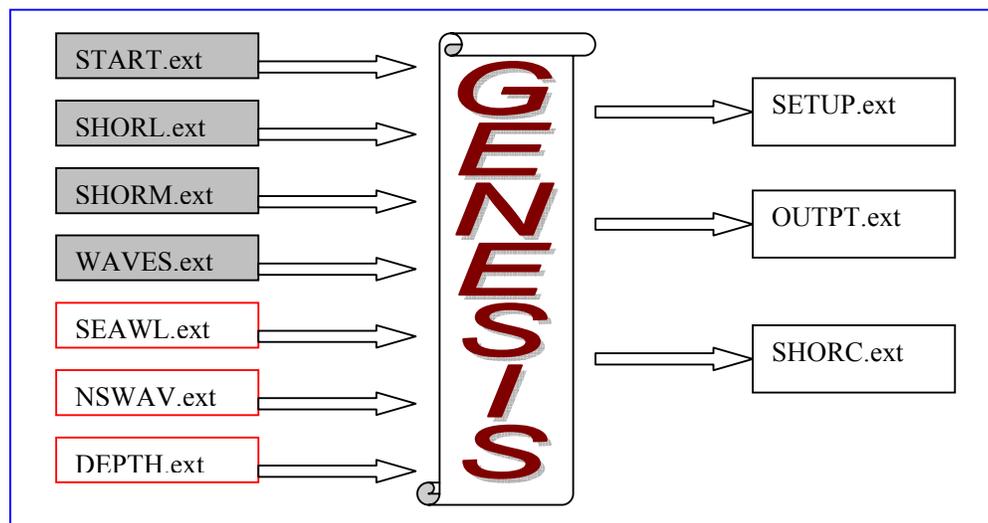
Data masukan yang dibutuhkan pada **GENESIS** adalah sebagai berikut :

1. Data posisi awal garis pantai berupa koordinat (x,y). *Fixed boundaries* dari garis pantai yang akan ditinjau adalah posisi dimana perubahan garis pantai tersebut dianggap tidak signifikan terhadap hasil simulasi. Atau terhadap sebuah struktur yang rigid (misalnya karang).

2. *Time series* data gelombang lepas pantai atau gelombang laut dalam, tinggi gelombang, periode dan arah rambat gelombang
3. Grid simulasi yang melingkupi garis pantai serta perairan dimana gelombang akan merambat. Jumlah grid pada arah sumbu x untuk program ini maksimal 100 buah.
4. Struktur bangunan pantai eksisting atau yang direncanakan dan data struktur-struktur laut lainnya yang berada pada perairan yang ditinjau.
5. Data-data lainnya seperti ukuran butiran (D50), parameter kalibrasi, posisi bangunan pantai dan *beach fill* akibat oleh masuknya sedimen dari sungai.

Dalam program **GENESIS** ini, dengan input/data-data masukan diatas akan menghasilkan output berupa perkiraan nilai *longshore transport rate* serta perubahan garis pantai akibat angkutan sedimen tersebut tanpa maupun dengan adanya struktur bangunan pantai untuk jangka waktu tertentu.

Secara rinci dapat dilihat pada gambar II.8 berikut :



Gambar II.9 Struktur *File Input* dan *Output* GENESIS

Untuk menjalankan Genesis, 4 jenis *file input* harus ada dalam bentuk dan jumlah data yang tepat seperti yang ditunjukkan pada gambar dengan bolder hitam (START.ext, SHORL.ext, SHORM.ext, WAVES.ext). Untuk *file-file* dengan bolder merah (SEAWL.ext, NSWAV.ext, DEPTH.ext) hanya dibutuhkan apabila ada bangunan pantai.

- ❖ *File Start* berisi perintah-perintah yang mengontrol simulasi perubahan garis pantai dan prinsip *interface* antara GENESIS dan *user*. Beberapa data penting dalam *file* ini antara lain data tanggal selama simulasi garis pantai berakhir (berapa tahun

- kedepan), nilai K_1 , K_2 (Koefisien kalibrasi transport sediment), kedalaman gelombang di laut lepas, diameter *grain size* efektif (D_{50}), dll.
- ❖ SHORL.ext terdiri dari posisi awal garis pantai yang direferensikan, sebagai garis tetap yang tidak mengalami perubahan dalam perhitungan
 - ❖ SHORM berupa posisi garis pantai yang bisa dibandingkan dengan posisi garis pantai awal, jika tidak ada maka dapat dibuat sama dengan data SHORL.
 - ❖ WAVE terdiri dari informasi gelombang berupa tinggi gelombang, periode dan arah rambat gelombang
 - ❖ SEAWL terdiri dari lokasi *seawall* yang dimodelkan. Jika tidak ada *seawall* pada file START, maka SEAWL tidak bisa membaca. Jadi SEAWL digunakan bila ada bangunan pantai yang akan dianalisa.
 - ❖ NSWAV terdiri dari arah dan tinggi gelombang dekat pantai pada masing – masing penghalang gelombang sepanjang pantai pada garis pantai yang sudah dikembangkan oleh *user*. Informasi dari NSWAV biasanya diberikan oleh model gelombang external
 - ❖ DEPTH terdiri dari kedalaman air sepanjang garis pantai yang akan menyebarkan gelombang pecah dari nilai yang sudah disediakan oleh NSWAV. DEPTH tidak akan bisa dibaca bila model gelombang eksternal tidak digunakan untuk mensuplai data gelombang.
 - ❖ File SETUP merupakan output yang berisi koordinat perubahan garis pantai dan jumlah angkutan sediment yang terjadi, yang dalam proses running akan memberikan peringatan (*warning message*) jika ada kesalahan selama simulasi.
 - ❖ OUTPT terdiri dari hasil umum simulasi, diantaranya grafik *Net Transport Rate*, *Shoreline Change*, dan *Shoreline Positions*
 - ❖ SHORC merupakan output berupa koordinat posisi garis pantai dalam jangka waktu tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya.

2.10 Bangunan Pelindung Pantai

Bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai yaitu :

- Memperkuat atau melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang
- Mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai
- Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai
- Reklamasi dengan menambah suplay sedimen ke pantai atau dengan cara lain

(Triatmodjo, Hal. 201, 1999)

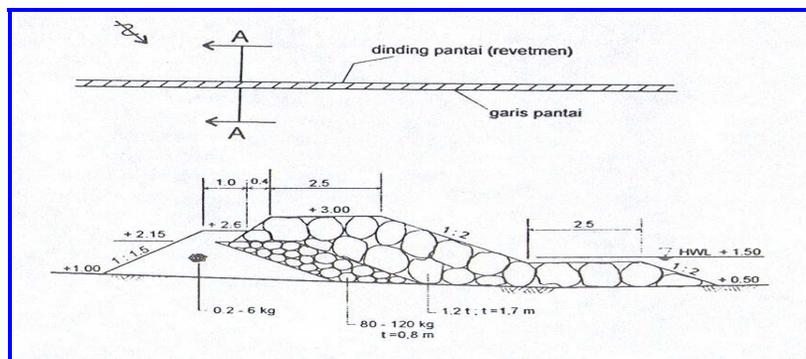
Bangunan pantai diklasifikasikan menjadi 3 kelompok :

1. Konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai, misalnya dinding pantai/revetment yang dibangun pada garis pantai atau di daratan yang digunakan untuk melindungi pantai langsung dari serangan gelombang.
2. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan tersambung ke pantai. Misalnya, groin dan jetty
3. Konstruksi yang dibangun di lepas pantai dan kira-kira sejajar garis pantai, misalnya pemecah gelombang (*breakwater*). (Triatmodjo, Hal.202, 1999).

2.10.1 Dinding Pantai/ Revetment

Dinding pantai/revetmet adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan.

Dalam perencanaan dinding pantai perlu diperhatikan kemungkinan terjadinya erosi di kaki bangunan. Kedalamam erosi yang terjadi tergantung pada bentuk sisi bangunan, kondisi gelombang dan sifat tanah dasar. (Triatmodjo, hal.205,207 ; 1999)



Gambar II.10 Revetmen (Dinding Pantai) dan penampang melintangnya

2.10.2 Groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai, dan berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi. (Triatmodjo, hal.213 ; 1999)

Kriteria perencanaan groin:

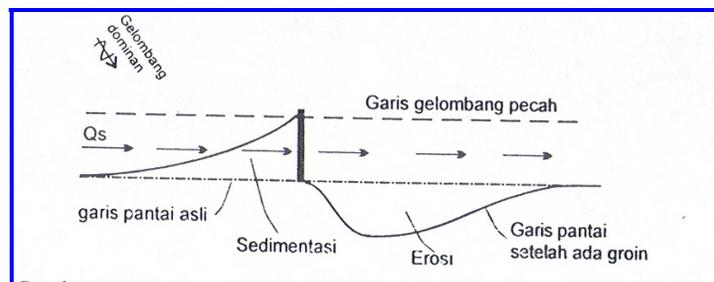
Panjang groin, 40%-60% dari lebar rerata surf zone.(Triatmodjo, hal 214, 1999)

Jarak antar groin, 1 sampai 3 kali panjang groin. (Triatmojo, hal 214, 1999)

Tinggi Groin, antara 50 cm – 60 cm diatas elevasi rencana. (Thorn dan Robert)

Elevasi puncak groin diambil di bawah HWL.

1. diambil di bawah HWL.



Gambar II.11 Groin tunggal dan perubahan garis pantai yang ditimbulkannya

2.10.3 Jetty

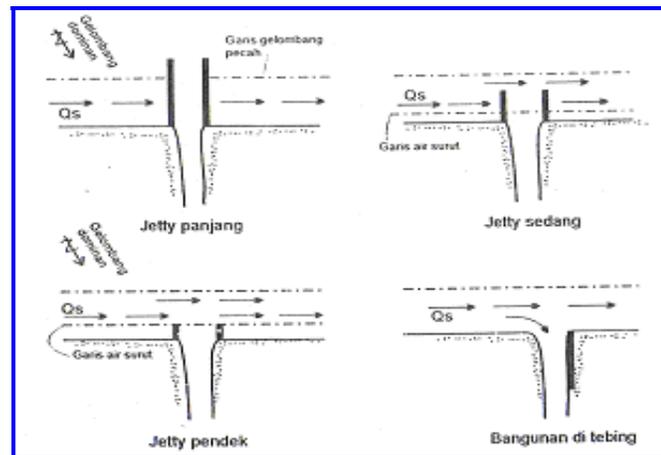
Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai. Selain untuk melindungi alur pelayaran, jetty juga dapat digunakan untuk mencegah pendangkalan di muara dalam kaitannya dengan pengendalian banjir. (Triatmodjo, Hal.221, 1999)

Jetty dibagi menjadi tiga jenis menurut fungsinya, yaitu:

1. Jetty panjang, apabila ujungnya berada diluar gelombang pecah, tipe ini efektif untuk mencegah masuknya sedimen ke muara, tetapi biaya konstruksi sangat mahal, sehingga bila fungsinya hanya untuk penanggulangan banjir pemakaian jetty tersebut sangat tidak ekonomis, kecuali daerah yang harus dilindungi terhadap banjir sangatlah penting.
2. Jetty sedang, dimana ujungnya berada antara muka air surut dan gelombang pecah, dapat menahan sebagian transpor sedimen sepanjang pantai, alur diujung jetty masih memungkinkan terjadinya endapan pasir.

3. Jetty pendek, dimana kaki ujung bangunan berada pada muka air surut, fungsi utama bangunan ini adalah menahan berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran pada alur yang telah ditetapkan untuk bisa mengerosi endapan, sehingga pada awal musim penghujan dimana debit besar (banjir) belum terjadi, muara sungai telah terbuka.

Gambar II.10 merupakan beberapa tipe jetty pelindung pantai.



Gambar II.12 Beberapa tipe jetty

2.10.4 Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. Ada 2 tipe pemecah gelombang yaitu pemecah gelombang sambung pantai untuk perlindungan perairan pelabuhan dan pemecah gelombang lepas pantai yang digunakan untuk perlindungan pantai terhadap erosi. (Triatmodjo, 224,1999)

Pemecah Gelombang Lepas Pantai (*Offshore Breakwater*)

Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibangun sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai, direncanakan untuk melindungi pantai dari serangan gelombang. Gambar II.4 menunjukkan pengaruh bangunan pemecah gelombang lepas pantai terhadap perubahan garis pantai. (Triatmodjo, 224,1999)

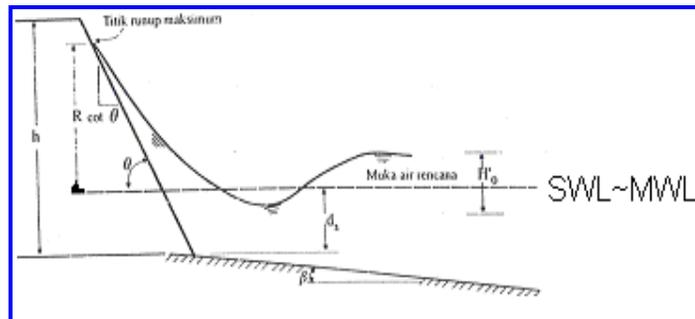
$$t = n k\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

$$N = A n k\Delta \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} \quad (\text{Triatmodjo, hal.138, 1996})$$

- Dimana :
- t : tebal lapis pelindung
 - n : Jumlah lapis batu dalam lapis pelindung
 - kΔ : Koefisien lapis
 - A : Luas permukaan
 - P : Porositas rerata dari lapis pelindung (%)
 - N : Jumlah butis batu untuk satu satuan luas permukaan A
 - γ_r : Berat jenis batu

❖ Runup Gelombang

Perencanaan elevasi bangunan tergantung pada runup dan limpasan yang diijinkan. Runup tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan dan karakteristik gelombang.



Gambar II.14 Runup Gelombang

Nilai *Runup* dapat diketahui dari grafik *Runup* Gelombang dengan terlebih dahulu menghitung bilangan Iribaren:

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

- Dengan :
- I_r : Bilangan Iribaren
 - θ : Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
 - H : Tinggi gelombang di lokasi bangunan
 - L_o : Panjang gelombang di laut dalam

Grafik tersebut dapat digunakan untuk menghitung *run down* (Rd) yaitu turunnya permukaan air karena gelombang pada sisi pemecah gelombang.

2.10.5 Tembok Laut (*Sea Wall*)

Tembok laut digunakan untuk melindungi pantai atau tebing dari gempuran gelombang sehingga tidak terjadi erosi atau abrasi. Kriteria perencanaan tembok laut :

- Lebar mercu, Lebar mercu tembok laut minimal 3x diameter equivalen batu lapis lindung. Bila digunakan untuk jalan maka lebar mercu diambil 3.0 s/d 6.0 meter.

- Elevasi mercu

$$El_{\text{mercu}} = DWL + R_U + F_b \quad (\text{Juwono, hal 14, 2004})$$

Dengan : El_{mercu} : Elevasi mercu tembok laut (m)

R_U : Runup gelombang (m)

F_b : Tinggi jagaan (1.0 s/d 1.5 m)

DWL : *Design water level*

- Berat lapis pelindung

$$W = \frac{\gamma_b H^3}{K_D \Delta^3 \text{Cot}(\theta)} \quad (\text{Juwono, hal 15, 2004})$$

$$\Delta = (\gamma_b - \gamma_a) / \gamma_a$$

Dengan : W : Berat minimum batu (tf)

H : Tinggi gelombang rencana (m)

K_D : Koefisien stabilitas batu lindung

θ : Sudut lereng tembok laut

γ_b : Berat satuan batu lapis lindung (tf/m³)

γ_a : Berat satuan air laut (tf/m³)

- Tebal lapis lindung

$$t = 2 d_e = 2 \left[\frac{W}{\gamma_b} \right]^{1/3} \quad (\text{Juwono, hal 16, 2004})$$

Dengan : t : Tebal lapis lindung (m)

d_e : Diameter equivalen (m)

W : Berat lapis lindung (tf)

γ_b : Berat satuan batu lapis lindung (tf/m³)

- *Toe protection*

Tebal *toe protection* = $l_t - 2t$, dan berat batu lapis lindung digunakan kira-kira $\frac{1}{2}$ dari yang digunakan pada dinding tembok laut. (Yuwono, hal 17, 2004)

Berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan diberikan dengan persamaan :

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)} \quad (\text{Triatmodjo, hal.268, 1999})$$

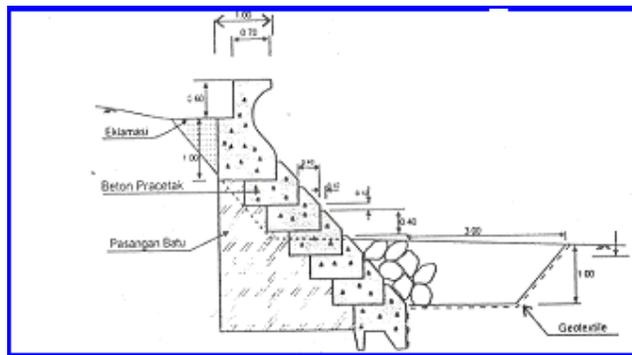
Dengan : W : Berat rerata butir batu (ton)

γ_r : Berat jenis batu (ton/m³)

S_r : Perbandingan berat jenis batu dan berat jenis air laut = γ_r / γ_a

γ_a : Berat jenis air laut (1.025-1.03 ton/m³)

N_s : Angka stabilitas rencana untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan.



Gambar II.15 Tembok Laut

2.11 Tinjauan Pondasi

Tanah sebagai dasar berdirinya suatu pekerjaan konstruksi memerlukan tinjauan khusus. Dalam perencanaan dan pemilihan jenis pondasi suatu struktur bangunan tergantung dari jenis dan kondisi tanah dasarnya.

Dalam perencanaan pondasi, hal utama yang harus diperhatikan adalah : (L.D Wesley, hal 105, 1977) :

- Daya dukung tanah, apakah tanah yang bersangkutan cukup kuat untuk menahan beban pondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat menggeser (*shear failure*), yang tergantung pada kekuatan geser tanah. Sehingga kapasitas daya dukung lebih besar daripada beban luar yang ditransfer lewat sistem pondasi (tegangan kontak)
- Penurunan yang terjadi, tergantung pada jenis tanah. Penurunan (deformasi) yang terjadi harus lebih kecil dari deformasi ijin.

Pondasi merupakan konstruksi dasar bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah. Pondasi dapat dibedakan menjadi 2 jenis:

- Pondasi dangkal (*Shallow Type Foundation*), misalnya *Rock Mound Type* pada pemecah gelombang.
- Pondasi dalam (*Deep Type Foundation*), misalnya tiang pancang dan turap.

a. Pondasi Dangkal

Terzaghi mendefinisikan pondasi dangkal sebagai berikut :

- Apabila kedalaman pondasi lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi ($DF \leq B$).
- Penyebaran tegangan pada struktur pondasi ke tanah di bawahnya yang berupa lapisan penyangga (*Bearing stratum*) lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi

Pondasi dangkal pada umumnya merupakan pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi dimana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dan berkualitas baik yang mampu mendukung suatu struktur pada permukaan tanah.

Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal

Rumus Terzaghi untuk kapasitas pondasi dangkal :

$$q_{ult} = c N_c + \gamma D N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \quad (\text{Wesley, L.D. Hal 106. 1977})$$

Dimana : q_{ult} : Daya Dukung Keseimbangan (*ultimate bearing capacity*)

B : Lebar Pondasi

D : Dalam Pondasi

γ : Berat Isi Tanah

c : Kohesi

N_c, N_q, N_γ : Faktor-faktor kapasitas daya dukung Terzaghi.

Faktor kapasitas daya dukung Terzaghi merupakan fungsi sudut geser dalam (fungsi ϕ), harga N_c, N_q, N_γ yang bisa didapat dari cara analitis, tabel dan grafis. Cara analitis didapat dari rumus :

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45^\circ + \phi/2)}$$

$$a = e (0.75\pi - \phi/2) \tan \phi$$

$$N_c = (N_q - 1) \cotg \phi$$

$$N_{\gamma} = \frac{\tan \phi}{2} \left\{ \frac{Kp\gamma}{\cos^2 \phi} - 1 \right\} \quad (\text{Rekayasa Pondasi II. Hal 15. 1997})$$

Nilai c dan ϕ didapat dari percobaan *Direct Shear Test*, dan nilai γ dari percobaan *Soil Test*.

b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam seringkali diidentikkan sebagai pondasi tiang yaitu suatu struktur pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi dengan tumpuan pondasi.

Pondasi tiang digunakan bila lapisan-lapisan bagian atas tanah begitu lunak, sehingga tidak cukup kuat untuk memikul bangunan dengan memakai pondasi langsung atau pondasi plat.

Pondasi tiang dapat di bedakan menjadi 2, yaitu:

- Tiang yang tertahan pada ujung (*Poin Bearing Piles*)
- Tiang yang tertahan oleh pelekatan antara tiang dengan tanah (*Friction Piles*)

Penentuan jenis pondasi yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan pantai ini tergantung dari letak lapisan tanah keras yang dapat diketahui dari data tanah.

✚ Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal

$$Q_a = \frac{pA}{3} + \frac{fO}{5} \quad (\text{Wesley, L.D. Hal 121. 1977})$$

Dimana : Q_a : Daya Dukung Keseimbangan
 p : Nilai Konus
 f : Jumlah hambatan pelekat (*friction*)
 A : Luas Tiang
 O : Keliling Tiang
 3 dan 5: Faktor keamanan (*Safety Factor*)

Nilai P dan f diambil dari percobaan sondir

✚ Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Dalam grup

$$Q_t = c N_c A + 2 (B + Y) L c \quad (\text{Wesley, L.D. Hal 124. 1977})$$

Dimana : Q_t : Daya Dukung Grup
 c : Kekuatan Geser Tanah
 N_c : Faktor Daya Dukung
 B : Lebar Grup

Tugas Akhir

Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Penanganan Masalah Abrasi di Pantai Sari, Kota Pekalongan

WATI LISTARJYANI / L2A001157

WAODE MURNIATI SADIJA / L2A001161

- Y : Panjang Grup
A : Luas Grup = BxY
L : Kedalaman Tiang

Daya dukung yang diperbolehkan, $(Q_{ta}) = Q_t / 3$ (faktor keamanan)

Daya dukung juga dapat di hitung dengan rumus:

$$Q_{ta} = n Q_a \quad (\text{Wesley,L.D. Hal 124. 1977})$$

- Dimana : Q_a : Beban yang diperbolehkan di atas satu tiang sendiri
n : Jumlah Tiang Dalam Kelompok

➤ Jarak Antar Tiang Pancang Dalam Grup

Pada umumnya S bervariasi antara : - Jarak Minimum $S = 2D$

- Jarak Maksimum $S = 6D$

Tergantung pada fungsi file : - Sebagai *Friction pile* minimum $S = 3D$

- Sebagai *Poin Bearing Piles* minimum $S = 2.5D$

Tergantung dari klasifikasi tanah :

- Terletak pada lapisan tanah liat keras, minimum $S = 3.5D$
- Di daerah lapis padat, minimum $S = 2D$

Dimana D merupakan Diameter tiang. (Rekayasa Pondasi II. Hal 77. 1997)