

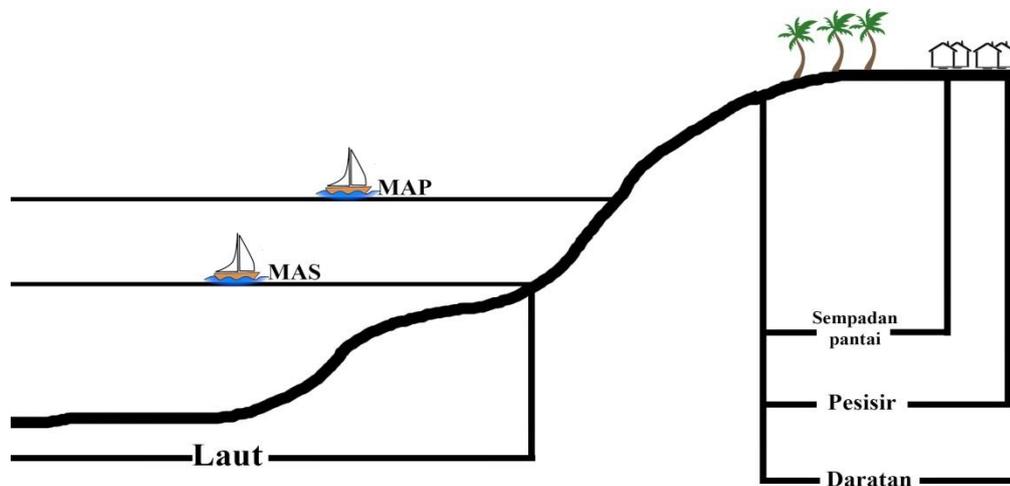
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian, Jenis – Jenis, dan Klasifikasi Pantai

2.1.1. Pengertian Pantai

Ada dua istilah tentang kepantaian dalam bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih dapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan dibawah permukaan laut dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bawah di bawahnya. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tepat dan berpindah dan sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100m dari titik pasang tertinggi ke arah daratan. (Bambang Triatmodjo, 1999). Untuk lebih jelasnya tentang definisi di atas, dapat dilihat dalam gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Batasan Pantai

(Bambang Triatmodjo, 1999)

2.1.2. Jenis – Jenis Pantai

Berdasarkan material penyusunnya, pantai dapat dibedakan menjadi (Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai) :

- a. **Pantai Batu (*rocky shore*)**, yaitu pantai yang tersusun dari material batuan induk yang keras seperti batuan beku atau sedimen yang keras.
- b. ***Beach***, yaitu pantai yang tersusun oleh material lepas. Pantai jenis ini dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu : ***Sandy beach*** (pantai berpasir) yaitu pantai yang tersusun oleh endapan pasir atau material kecil seperti poraminivera ataupun sedimen vulkanik. ***Cobble beach*** (pantai berbatu) yaitu pantai yang tersusun dari batuan lepas seperti kerakal.

- c. **Pantai Bervegetasi**, yaitu pantai yang ditumbuhi oleh vegetasi pantai seperti mangrove dan pantai seperti ini disebut juga dengan Pantai Mangrove.

Sedangkan berdasarkan proses pembentukannya, maka pantai dapat dibedakan menjadi (Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai) :

- a. Pantai hasil **proses erosi**, yaitu pantai yang terbentuk terutama melalui proses erosi yang bekerja di pantai. Termasuk dalam kategori ini adalah pantai batu (*rocky shore*).
- b. Pantai hasil **proses sedimentasi**, yaitu pantai terbentuk terutama karena proses sedimentasi yang bekerja di pantai. Termasuk katagori ini adalah *beach*. Baik *sandy beach* maupun *gravelly beach*.
- c. Pantai hasil **aktifitas organisme**, yaitu pantai yang terbentuk karena aktifitas organisme tumbuhan yang tumbuh di pantai. Termasuk katagori ini adalah pantai mangrove.

Kemudian, berdasarkan morfologinya, pantai dapat dibedakan menjadi :
(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

- a. **Pantai Bertebing (*cliffed coast*)**, yaitu pantai yang memiliki tebing vertical. Keberadaan tebing ini menunjukkan bahwa pantai dalam kondisi erosional. Tebing yang terbentuk dapat berupa tebing pada batuan induk, maupun endapan pasir.
- b. **Pantai Berlereng (*non-cliffed coast*)**, yaitu pantai dengan lereng pantai. Pantai berlereng ini biasanya merupakan pantai pasir.

2.1.3. Klasifikasi Pantai

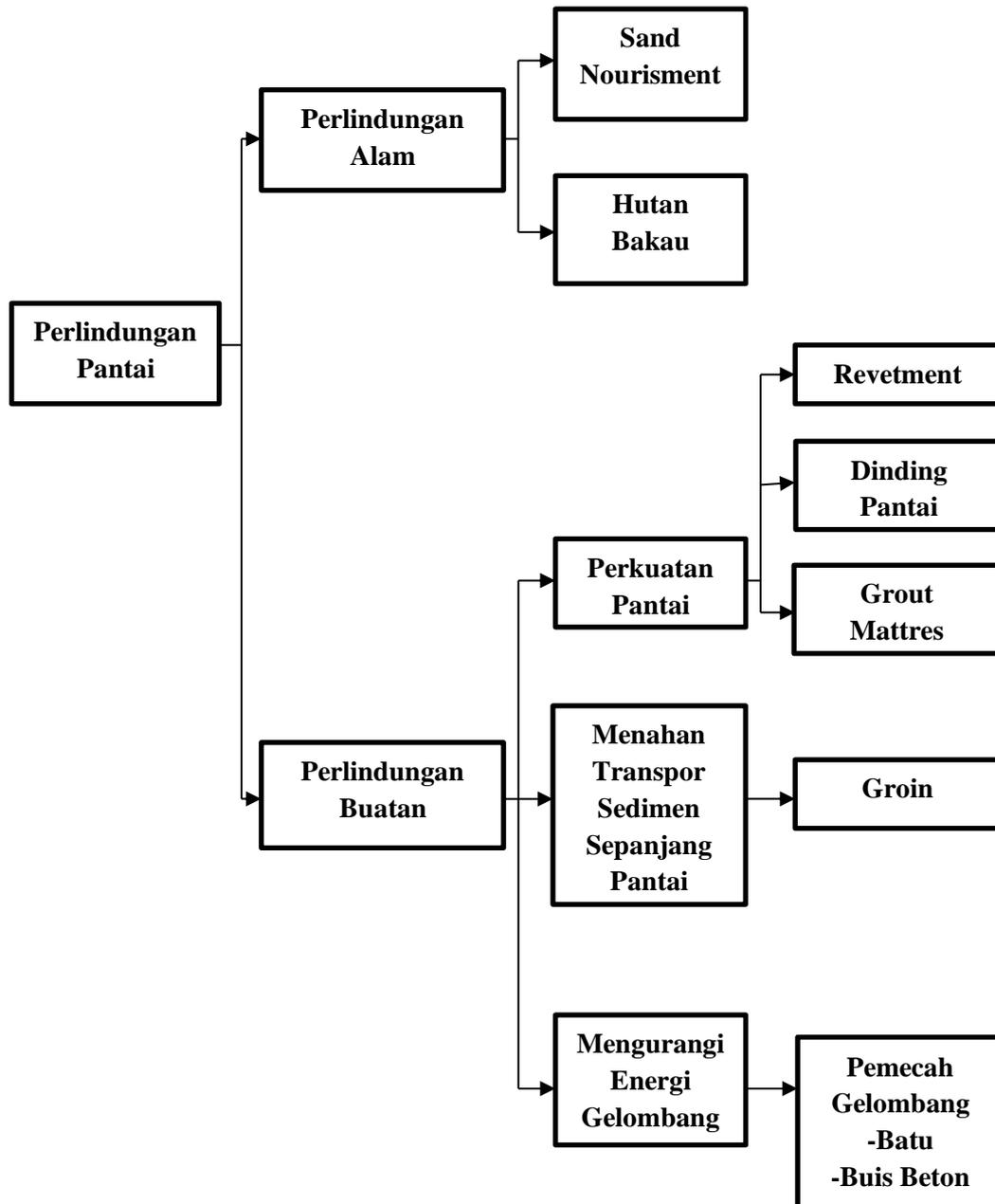
Masing – masing pantai memiliki perbedaan garis pantai antara satu dan lainnya, perbedaan ini disebabkan oleh gelombang dan arus di masing – masing lokasi. Menurut Johnson, pantai dapat diklasifikasikan sebagai berikut :
(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

- a. Pantai yang Tenggelam (*Shoreline of Submergence*), *Shoreline of submergence* merupakan jenis pantai yang terjadi apabila permukaan air mencapai atau menggenangi permukaan daratan yang mengalami penenggelaman. Disebut pantai tenggelam karena permukaan air berada jauh di bawah permukaan air sekarang. Untuk mengetahui apakah laut mengalami penenggelaman atau tidak dapat dilihat dari keadaan pantainya. Naik turunnya permukaan air laut selama periode glasial pada jaman pleistosen menyebabkan maju mundurnya permukaan air laut yang sangat besar.
- b. Pantai yang Terangkat (*Shoreline of Emergence*), pantai ini terjadi akibat adanya pengangkatan daratan atau adanya penurunan permukaan air laut. Pengangkatan pantai ini dapat diketahui dari gejala – gejala yang terdapat di lapangan dengan sifat yang khas, yaitu : terdapatnya bagian atau lubang daratan yang terangkat, terdapatnya teras – teras gelombang, terdapatnya gisik (*beaches*), terdapatnya laut terbuka, dan garis pantai yang lurus.
- c. Pantai yang Netral (*Neutral Shoreline*), jenis pantai ini terjadi di luar proses penenggelaman dan pengangkatan, misalnya pantai yang terjadi pada delta,

plain hanyutan, terumbu karang, gunung api, gumuk – gumuk pasir, dan jenis pantai yang merupakan hasil dari sesar (patahan).

2.1.4. Gambaran Umum Penanganan Kerusakan Pantai

Pemecahan masalah erosi/abrasi dan sedimentasi (akresi) di wilayah pantai merupakan dua hal yang harus dicarikan akar permasalahannya. Erosi pantai dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar dengan rusaknya kawasan pemukiman dan fasilitas – fasilitas yang ada pada daerah tersebut. Untuk menanggulangi erosi pantai, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari penyebab terjadinya erosi/abrasi pantai. Dengan mengetahui penyebabnya, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya, yang biasanya dengan membuat bangunan pelindung pantai atau menambah suplai sedimen. Gambar 2.2. menunjukkan kerangka penanggulangan erosi/abrasi pantai beserta jenis – jenis bangunan pelindung pantai.



Gambar 2.2. Kerangka penanggulangan kerusakan pantai beserta jenis – jenis bangunan pelindung pantai

(Sumber : bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

2.2. Pengertian dan Jenis bangunan Pelindung Pantai

Erosi pantai dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar dengan rusaknya kawasan pemukiman dan fasilitas – fasilitas yang ada di daerah tersebut. Untuk menanggulangi erosi pantai, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari penyebab terjadinya erosi. Dengan mengetahui penyebabnya, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya yang biasanya adalah dengan membuat bangunan pelindung pantai atau menambah suplai sedimen. Alam pada umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai secara ilmiah yang efektif (Nur Yuwono, 1992).

Apabila tidak ada lindungan alamiah pantai, atau sudah tidak efektif karena rusak/punah, maka dapat dibuat perlindungan buatan. Ada lima pendekatan dalam perencanaan perlindungan buatan pada pantai, yaitu :

1. Mengubah laju angkutan sedimen sejajar pantai (dengan bangunan groin).
2. Mengurangi energi gelombang yang mengenai pantai (dengan bangunan breakwater).
3. Memperkuat tebing pantai sehingga tahan terhadap gempuran gelombang (dengan bangunan revetment atau *sea wall*).
4. Menambah suplai sedimen ke pantai (dengan cara “*sand by passing*” atau “*beach nourishment*”).
5. Melakukan penghijauan daerah pantai (dengan pohon bakau, api – api, atau nipah).

Surf Zone merupakan lokasi terjadinya angkutan sedimen di daerah pantai. Maju mundurnya posisi garis pantai sangat tergantung pada laju dan arah angkutan sedimen di *surf zone*. Untuk mengurangi energi gelombang dan intensitas arus sejajar pantai akibat induksi gelombang, diperlukan suatu bangunan pemecah gelombang. Berkurangnya laju angkutan sedimen di surf zone mengakibatkan garis pantai menjadi cukup stabil.

Di ruas pantai Tegal Besar telah dibangun bangunan pengaman pantai berupa seawall dari pasangan batu sepanjang kurang lebih 200 meter. Bangunan pengaman pantai tersebut dibangun untuk melindungi kompleks tempat peribadatan dan villa milik pribadi diareal belakang dari seawall. Kondisi bangunan ini masih cukup baik sehingga penanganan yang ada harus diperhatikan sebagai salah satu pemecahan permasalahan dan di sarankan untuk penanganan di buatkan revetment.

2.2.1 Revetment

Revetment adalah bangunan berupa dinding penahan gempuran gelombang yang ditempatkan di sepanjang kawasan yang akan dilindungi. Penggunaan revetment dimaksudkan untuk memperkuat tepi pantai agar tidak terjadi pengikisan pantai akibat gempuran gelombang. Tetapi bila dinding penahan tidak direncanakan dengan baik, dapat mengakibatkan kerusakan yang terjadi menjadi relatif cepat. Karena itu pada bagian dasar perlu dirancang suatu struktur penahan erosi yang cukup baik (Sub Direktorat rawa dan Pantai, 1997).

Revetment memiliki 2 jenis yaitu tipe masif (kaku) dan tipe tidak masif atau fleksibel. Masing – masing tipe memiliki kelebihan dan kekurangan, yang dapat dilihat pada tabel berikut :

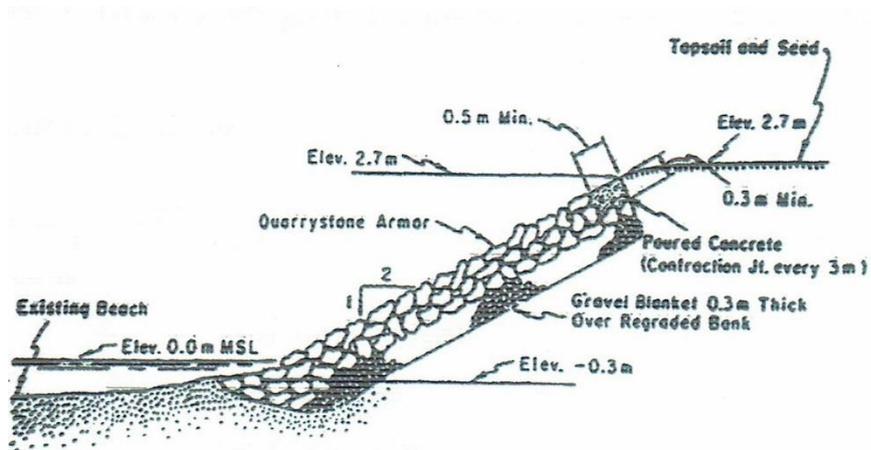
Jenis Tembok	Keuntungan	Kerugian
Tipe Masif (kaku)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan bangunan Relatif sedikit 2. Bangunan terlihat rapi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak fleksibel 2. Pada pelaksanaan memerlukan pengawasan yang seksama 3. Bila terjadi kerusakan, sulit untuk diperbaiki
Tipe Tidak Masif (fleksibel)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bangunan yang fleksibel 2. Bila terjadi kerusakan mudah untuk diperbaiki 3. Pengawasan dalam pelaksanaan relatif mudah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memerlukan banyak material 2. Kurang terlihat rapi

Sumber : Pedoman perencanaan teknis tanggul & tembok laut, DIRBINTEK, 2004

Jenis – jenis Revetment :

1. *Quarystone Revetment*

Struktur ini termasuk struktur fleksibel dengan bahan material batu alam. Struktur yang fleksibel ini juga dapat memberikan perlindungan yang baik sekali dan dapat tahan terhadap konsolidasi minor atau penurunan tanpa menyebabkan struktur runtuh.

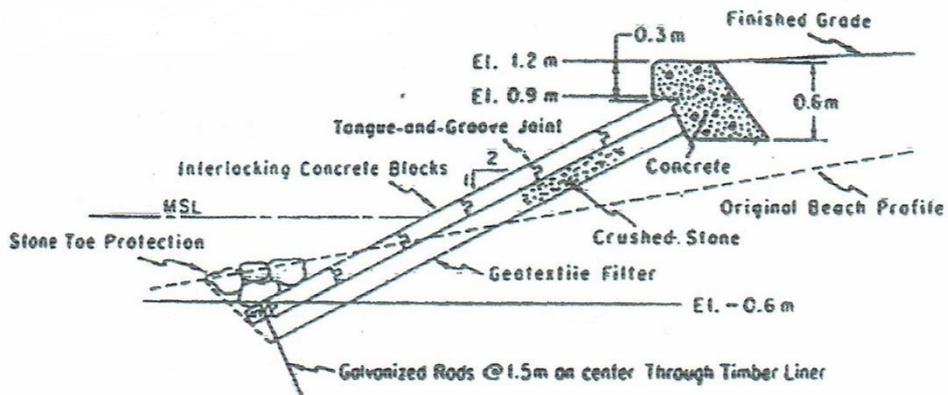


Gambar 2.3 Quarrystone revetment

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

2. *Interlocking Concrete-Block Revetment*

Struktur ini termasuk struktur fleksibel dengan bahan material blok beton. Struktur ini juga dapat memberikan perlindungan yang baik sekali terhadap gelombang. Stabilitas sambungan pada blok beton sangat tergantung pada *interlocking* sambungannya.



Gambar 2.4 Interlocking Concrete-Block Revetment

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

Secara garis besar, perhitungan struktur revetment sebagai salah satu bangunan pengaman pantai adalah sebagai berikut : (Sumber : Bambang Triatmojo, 1999, Teknik Pantai).

1. Berat Lapis Pelindung

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1) 3 \cot \theta} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana,

- W = berat minimum batu
- γ_r = berat jenis batu
- γ_a = berat jenis air laut
- H = tinggi gelombang rencana
- θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
- K_D = koefisien stabilitas batu

2. Tebal Lapis Pelindung

$$t = 2d_e = 2 \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

- t = tebal lapis pelindung
- d_e = diameter equivalen
- W = berat butir batu lapis pelindung
- γ_r = berat jenis batu

3. Lebar Mercu

$$B = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana,

- B = lebar puncak
- n = jumlah butir batu ($n_{\text{minimum}} = 3$)
- k_{Δ} = koefisien lapis
- W = berat butir batu pelindung (kg)
- γ_r = berat jenis batu

4. Berat *Toe Protection*

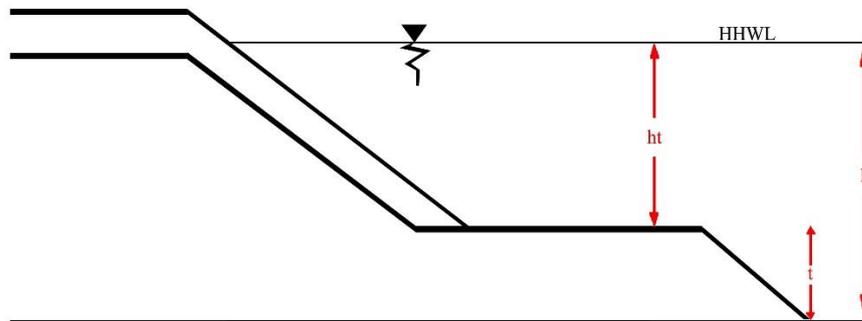
$$W_t = \frac{\gamma_r H^3}{N_s^3 (S_r - 1)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana,

- W_t = berat rerata butir batu

- y_r = berat jenis batu
- y_a = berat jenis air laut
- S_r = perbandingan berat jenis batu dan berat jenis air laut
- N_s = angka stabilitas rencana untuk pondasi dan toe protection

5. Tinggi Toe Protection



Gambar 2.5 Revetment rencana

(Nur Yuwono, Teknik Pantai)

$$t = h - ht \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana,

t = tinggi *toe protection*

h = kedalaman dasar laut terhadap *Higest high water level* (HHWL)

ht = kedalaman toe protection terhadap HHWL

6. Lebar *Toe Protection*

$$B = 2 \times h \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana,

B = lebar toe protection

h = kedalaman dasar laut terhadap HHWL

Tabel 2.1 Koefisien stabilitas K_D untuk berbagai jenis butir

Lapis Lindung	n	Penem- patan	Lengan Bangunan		Ujung (kepala) bangunan		Kemi- ringan
			K_D		K_D		
			Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	Cot θ
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	* ²
Bersudut kasar	1	Acak	* ¹	2,9	* ¹	2,3	* ²
					1,9	3,2	1,5
Bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,6	2,8	2,0
					1,3	2,3	3,0
Bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	* ²
Bersudut kasar	2	Khusus * ³	5,8	7,0	5,3	6,4	* ²
Paralelepipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5-24,0	-	-	
Tetrapod					5,0	6,0	1,5
dan	2	Acak	7,0	8,0	4,5	5,5	2,0
Quadripod					3,5	4,0	3,0
					8,3	9,0	1,5
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
					7,0	14,0	3,0
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	* ²
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	* ²
Tribar	1	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	* ²
Batu pecah (KRR) (graded angular)	-	Acak	2,2	2,5	-	-	

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

Tabel 2.2 Koefisien lapis

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

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

2.3 Pengolahan Data dan Analisis Data

Pengolahan serta analisis data meliputi analisis data angin, data gelombang, serta data pasang surut. Pengolahan dan analisis data ini bertujuan untuk menentukan tinggi gelombang rencana yang akan digunakan untuk

mendesain bangunan pelindung pantai. Masing – masing pengolahan dan analisis data tersebut antara lain :

2.3.1 Analisis Data Angin dan Peramalan Gelombang

Angin yang berhembus di atas permukaan perairan akan membangkitkan gelombang laut, peristiwa tersebut merupakan transfer/perpindahan energy dari udara yang bergerak ke permukaan air, karena itu data angin dapat dipakai untuk memperkirakan tinggi dan arah gelombang yang terjadi di lokasi yang dikaji. Hal ini menyebabkan data angin sangat diperlukan sebagai masukan dalam peramalan gelombang yang akan diuraikan lebih lanjut dalam manual pekerjaan perencanaan perlindungan pantai ini.

Menurut Bambang Triatmodjo, 1999, angin berhembus ke permukaan ini akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang awalnya tenang akan terganggu dan menimbulkan riak gelombang kecil ke permukaan air.

Apabila kecepatan angin tersebut bertambah, riak gelombang tersebut menjadi semakin besar dan apabila angin berhembus terakhirnya akan timbul gelombang. Semakin lama semakin kuat angin yang berhembus, semakin besar pula gelombang yang akan terbentuk. Tinggi gelombang dan periode gelombang yang akan terjadi dipengaruhi kecepatan angin (U), lama angin berhembus (td), dan panjang fetch (F). Panjang fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk berada di bawah pengaruh angin. Apabila panjang fetch pendek,

energy yang ditransfer angin belum cukup besar, sehingga tinggi gelombang yang terjadi belum cukup besar pula.

1. Kecepatan Angin

Menurut Bambang Triatmodjo, 1999, kecepatan angin biasanya dicatat untuk harga-harga ekstrim saja. Kecepatan angin ekstrim hanya terjadi dalam periode pendek yang biasanya kurang dari dua menit. Oleh karena itu, pengukuran angin ekstrim yang terjadi dalam waktu singkat tidak digunakan sebagai kecepatan angin di dalam pembangkitan gelombang. Dalam pembangkitan gelombang hasil pengukuran angin tersebut harus dimodifikasikan menjadi kecepatan rata-rata 10, 25, dan 50 menit sesuai keperluan.

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 meter. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan anginnya perlu dikoreksi dengan rumus :

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

U_A = kecepatan angin terkoreksi (m/dt)

U = kecepatan angin (m/dt)

Biasanya pengukuran kecepatan angin dilakukan di daratan, padahal di dalam persamaan pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data yang ada di atas permukaan air laut. Untuk keperluan peramalan gelombang, maka perlu dipilih tinggi dan periode gelombang yang mewakili suatu seri

pencatatan gelombang yaitu H_{33} atau disebut tinggi gelombang signifikan (H_s).
 untuk menentukan tinggi gelombang dapat dilakukan dengan cara yang sama.

2. Gelombang Signifikan

Dalam menentukan tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s), digunakan analisis spektrum gelombang *Pierson* dan *Moskowits* yang diturunkan berdasarkan kondisi FDS (*Fully Developed Sea*). Menurut Nur Yuwono, 1982, dengan menentukan kecepatan angin rata – rata di atas permukaan laut, untuk menentukan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan, dapat digunakan rumus di bawah ini :

$$H_s = 0,0056 \cdot U_A^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

$$T_s = 0,33 \cdot U_A \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

H_s = Tinggi gelombang signifikan (m)

T_s = periode gelombang signifikan (dt)

U_A = Kecepatan angin terkoreksi (m/dt)

3. Fetch

Fetch adalah jarak seret gelombang. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukkan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah

angin. Di dalam tinjauan pembangkit gelombang laut, fetch dibatasi dalam bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam daerah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin, digunakan persamaan :

$$F_{eff} = \frac{\sum xi .cos \alpha}{\sum cos \alpha} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

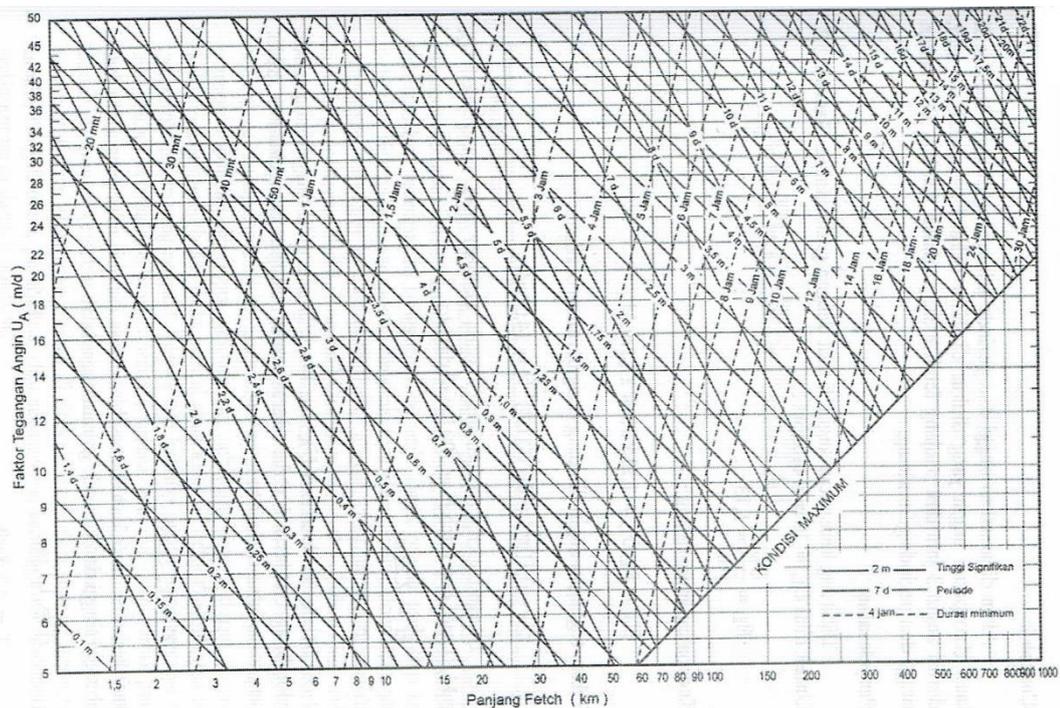
F_{eff} = Fetch efektif yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch.

ξ = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch.

α = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 5° sampai sudut sebesar 45° pada kedua sisi dari arah angin.

4. Peramalan Gelombang Di Laut Dalam

Peramalan gelombang berdasarkan data angin sebagai pembangkit utama gelombang dan daerah pembentukan gelombang (fetch). Dari data angin fetch gelombang akan didapatkan jenis, tinggi dan periode gelombang yang ada di daerah pantai, dengan demikian dapat dilakukan peramalan gelombang dengan menggunakan grafik peramalan gelombang yang dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Grafik Peramalan Gelombang
(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

5. Pemilihan Tinggi Gelombang Rencana

Menurut Nur Yuwono, 1992, pemilihan kondisi gelombang untuk rencana analisis stabilitas bangunan pantai, perlu diperhatikan apakah bangunan pantai tersebut mengalami serangan gelombang pecah, tidak pecah, telah pecah dan bentuk serta prioritas bangunan pantai tersebut. Apabila karakteristik gelombang telah ditentukan, langkah berikutnya adalah menentukan apakah tinggi gelombang pada lokasi bangunan dipengaruhi dan dibatasi oleh kedalaman air.

Tinggi gelombang rencana tergantung pada jenis konstruksi yang akan dibangun. Adapun beberapa pedoman untuk menentukan tinggi gelombang rencana untuk beberapa keperluan :

1. Konstruksi Kaku

Misalnya : menara bor lepas pantai, tinggi gelombang rencana yang dipakai adalah H maksimum.

2. Konstruksi Fleksibel

Misalnya : *rubble mound breakwater*, tinggi gelombang rencana yang dipakai adalah H signifikan.

3. Konstruksi Semi Kaku

Misalnya : dinding pantai (*Sea Wall*), tinggi gelombang rencana yang dipakai adalah H_{10} .

4. Proses Yang Terjadi di Pantai

Misalnya : peramalan angkutan sedimen, tinggi gelombang rencana yang dipakai adalah H signifikan atau H tahunan.

6. Kala Ulang Gelombang Rencana

Penentuan kala ulang gelombang rencana biasanya didasarkan pada jenis konstruksi yang akan dibangun dan nilai daerah yang akan dilindungi. Makin tinggi nilai daerah yang akan dilindungi, makin besar pula kala ulang gelombang rencana yang dipilih. Sebagai pedoman kala ulang gelombang rencana dapat dipakai tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pedoman pemilihan jenis gelombang dan kala ulang gelombang.

No	Jenis Bangunan	Jenis Gelombang
1	Konstruksi Fleksibel (<i>Fleksible Structure</i>)	Hs
2	Konstruksi Semi Kaku (<i>Semi Rigid Structure</i>)	$H_{0,1} \cdot H_{0,01}$
3	Konstruksi Kaku (<i>Fixed Rigid Structure</i>)	$H_{0,1} \cdot H_{max}$

(Nur Yuwono, 1992)

Untuk menentukan kala ulang gelombang rencana dipergunakan analisa harga – harga ekstrim tinggi gelombang. Biasanya diambil tinggi gelombang tertinggi setiap tahunnya. Dalam menentukan kala ulang gelombang rencana, digunakan metode analisis statistik antara lain :

a. Metode Gumbel

$$\overline{Hs} = \frac{\sum \overline{Hs}}{N} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sum (Hs - \overline{Hs})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$H_t = Hs + \frac{\sigma_H}{H_n} (Y_t - Y_n) \dots\dots\dots (2.13)$$

b. Metode Fisher-Tippet Type 1

Distribusi *Fisher-Tippet Type 1*

$$P(H_S \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{N_T+0,12} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$H_{sr} = A \cdot y_r + B \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{L \cdot T_r} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.16)$$

c. Metode Weibull

$$P(H_S \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T+0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Y_r = \{ \ln(LT_r) \}^{\frac{1}{k}} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$L = \frac{N_T}{K} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

$P(H_S \leq H_{sm})$ = probabilitas dari tinggi gelombang representative ke m yang tidak dilampaui

H_{sm} = tinggi gelombang urutan ke-m

m = nomor urut tinggi gelombang signifikan

k = parameter bentuk

N_T = jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

H_{sr} = tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r = periode ulang (tahun)

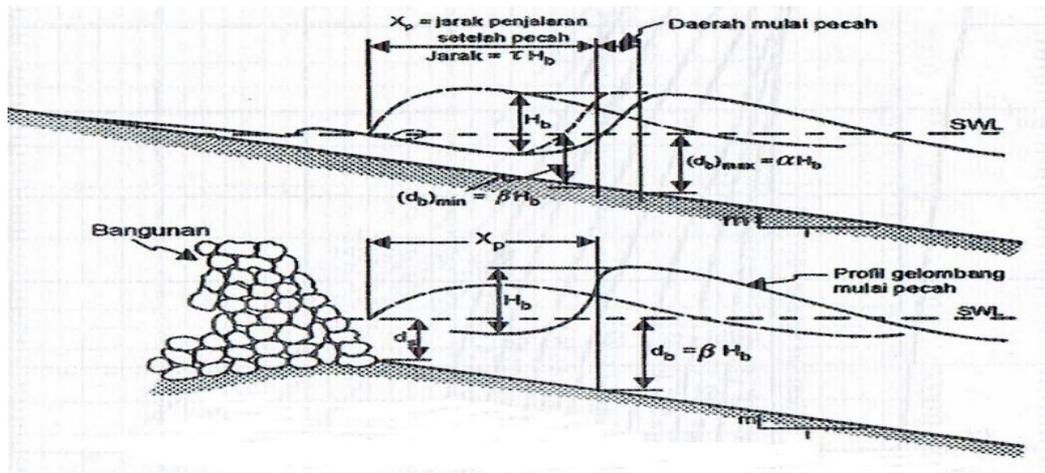
K = panjang data (tahun)

L = rerata jumlah kejadian per tahun

Dari ketiga metode analisis statistik tersebut, digunakan metode yang menghasilkan koefisien korelasi yang mendekati nilai 1 (*goodness of fit*).

7. Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut. Di laut dalam profil gelombang adalah Sinusoidal, semakin menuju ke perairan lebih dangkal puncak gelombangnya semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur – angsur sementara tinggi gelombang bertambah. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya pecah pada kedalaman tertentu, yaitu disebut dengan kedalaman gelombang pecah. (Bambang Triatmodjo, 1999)



Gambar 2.7 Proses Gelombang Pecah

(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

Pada gambar 2.8 adalah grafik yang dibuat oleh *Galvin* yaitu pedoman tinggi gelombang pecah yang memberikan hubungan antara $\frac{db}{H_b}$ berubah dengan kemiringan m dan kemiringan gelombang datang $\frac{H_b}{gT^2}$. Sedangkan pada gambar 2.8 adalah grafik hubungan antara $\frac{H_b}{H'_{t0}}$ dan $\frac{H'_{t0}}{gT^2}$. Gambar 2.8 dan gambar 2.9 disarankan untuk digunakan dalam perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah. Menurut Triatmodj, 1999, gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

1. *Spilling*

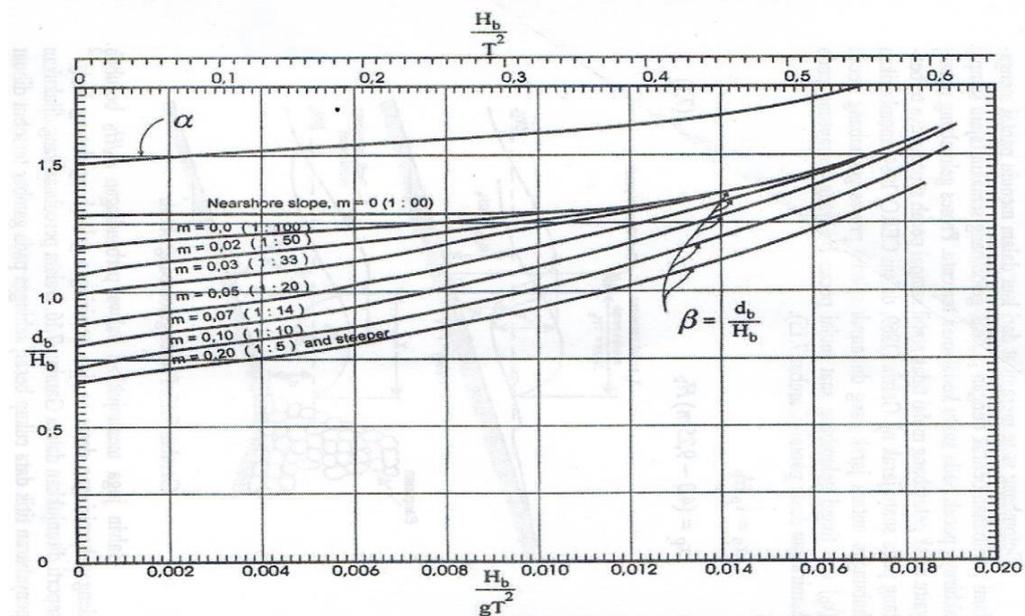
Spilling biasanya terjadi apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil). Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi secara berangsur – angsur. Buih terjadi pada puncak gelombang selama mengalami pecah dan meninggalkan suatu lapis tipis buih pada jarak yang cukup jauh.

2. *Plunging*

Apabila kemiringan gelombang dan dasar bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan. Energi gelombang pecah dihancurkan dalam turbulensi, sebagian kecil dipantulkan pantai ke laut, dan tidak banyak gelombang baru terjadi pada air yang lebih dangkal.

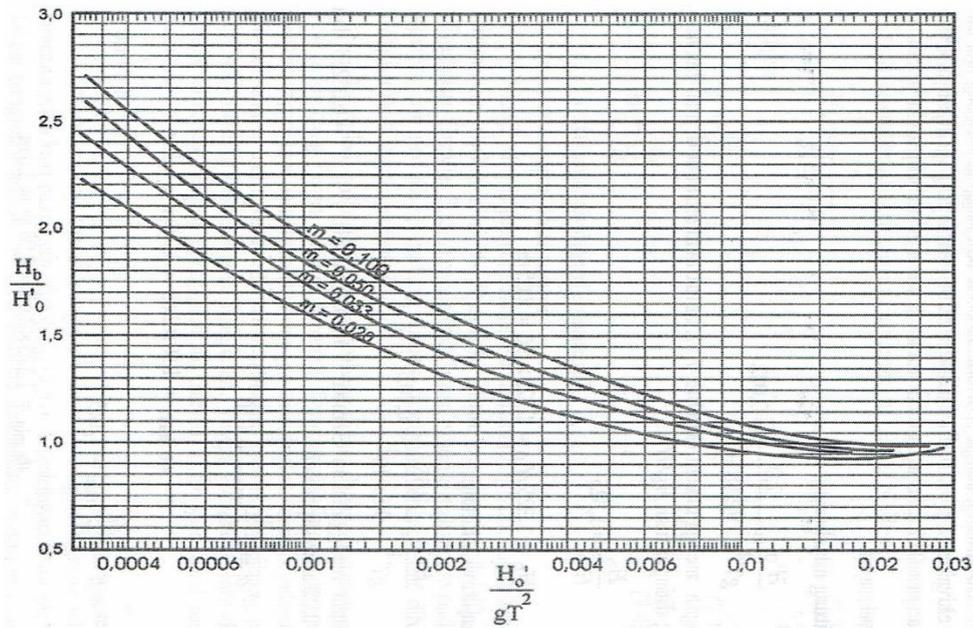
3. *Surging*

Surging terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang. Daerah gelombang pecah sangat sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe *surging* ini mirib *plunging*, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.



Gambar 2.8 Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah

(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)



Gambar 2.9 Grafik Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

8. Gelombang Pecah Rencana

Tinggi gelombang pecah rencana H_b tergantung pada kedalaman air pada suatu jarak didepan kaki bangunan dimana gelombang pertama kali mulai pecah. Kedalaman tersebut berubah dengan pasang surut. Tinggi gelombang pecah rencana mempunyai bentuk sebagai berikut :

$$H_b = \frac{ds}{\beta - m \tau_p} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

$$\beta = \frac{d_b}{H_b} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\tau = \frac{x_p}{H_b} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan :

H_b = Tinggi gelombang pecah.

d_b = Kedalaman gelombang pecah.

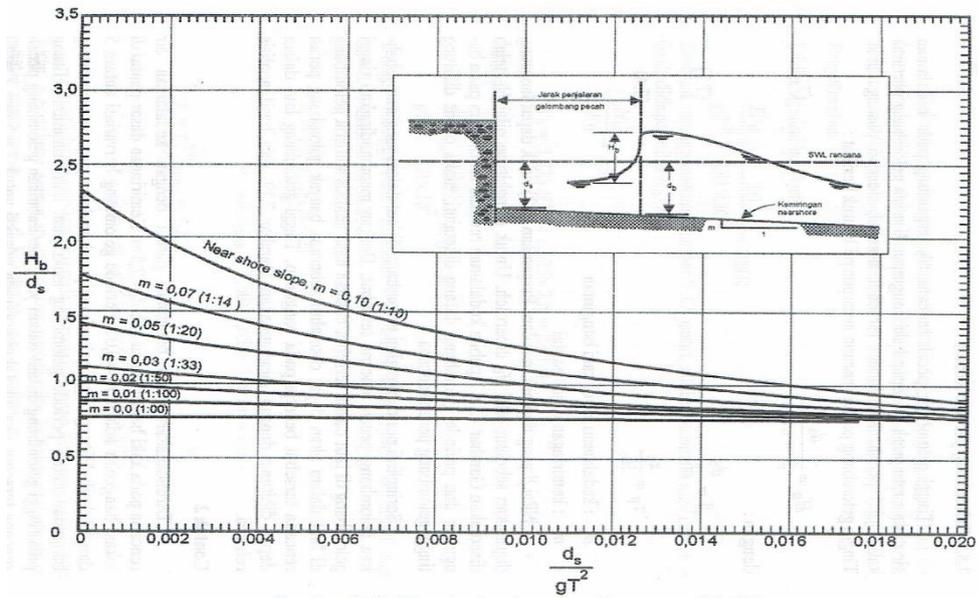
d_s = Kedalaman air di kaki bangunan.

m = Kemiringan dasar pantai.

τ_p = 4,0 – 9,25 m.

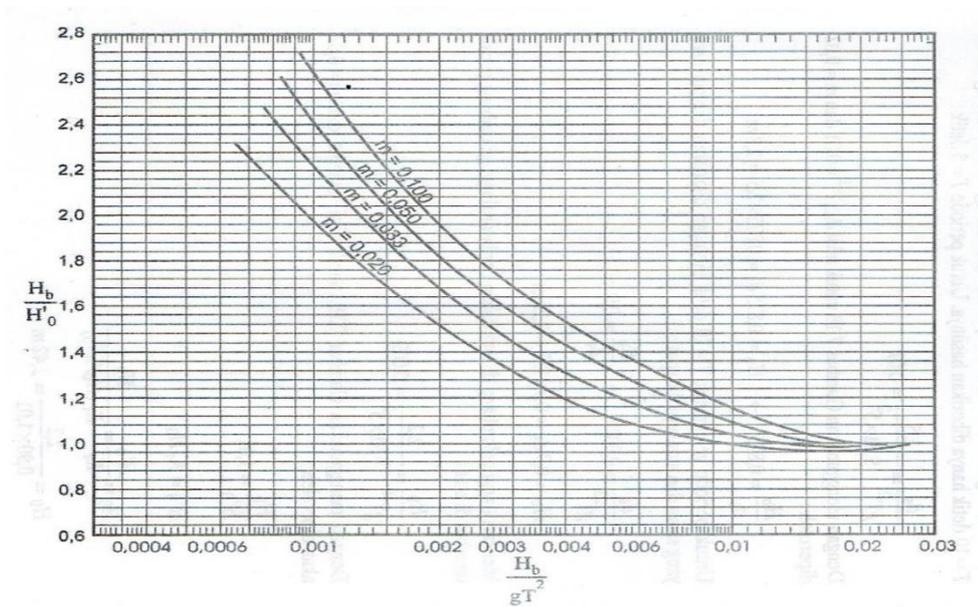
Nilai β yang digunakan dalam persamaan (2.19) tidak dapat langsung digunakan sebelum nilai H_b diperoleh. Untuk menghitung nilai H_b telah disediakan gambar 2.8. Apabila kedalaman rencana maksimum pada bangunan dan periode gelombang datang diketahui, maka dapat dihitung tinggi gelombang rencana.

Seringkali gelombang di laut dalam yang menyebabkan gelombang pecah rencana tersebut. Dengan membandingkan tinggi gelombang di laut dalam tersebut dengan hasil analisis statistik gelombang di laut dalam akan dapat diketahui seberapa banyak gelombang pecah rencana tersebut bekerja pada bangunan. Tinggi gelombang laut dalam dapat dihitung dengan menggunakan gambar 2.9.



Gambar 2.10 Tinggi Gelombang Pecah Rencana di Kaki Bangunan

(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)



Gambar 2.11 Hubungan Antara $\frac{H_b}{H'o}$ dan $\frac{H'o}{gT^2}$

(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

9. Run-Up dan Run-Down

Run-up dan run-down sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai. Run-up biasa dipergunakan untuk menentukan mercu bangunan pantai. Sedangkan run-down dipergunakan untuk menghitung stabilitas rip-rap atau *revetment*. Rumus yang digunakan untuk menentukan run-up ataupun run-down pada permukaan halus yang kedap air adalah sebagai berikut (Nur Yuwono, 1992).

Run-up :

$$\frac{Ru}{H} = Ir \quad \text{untuk : } Ir < 2.5$$

$$\frac{Ru}{H} = -0.3 Ir + 3.275 \quad \text{untuk : } 4.25 > Ir > 3.275$$

$$\frac{Ru}{H} = 2 \quad \text{untuk ; } Ir > 4.25$$

Run-down :

$$\frac{Rd}{H} = -0.45 Ir + 0.225 \quad \text{untuk : } Ir < 4.25$$

$$\frac{Rd}{H} = -1.7 \quad \text{untuk : } Ir > 4.25$$

Dimana :

$$Ir = \frac{tg\theta}{\left(\frac{Hb}{Lo}\right)^{0.5}} : \text{Angka Irribaren} \dots\dots\dots (2.23)$$

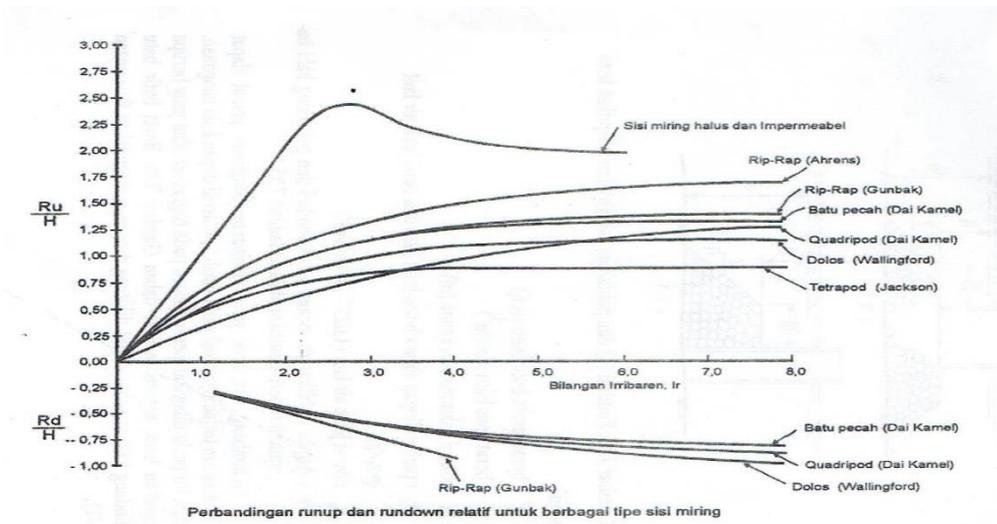
Dengan :

Ir = Bilangan Irribaren.

θ = Sudut kemiringan sisi bangunan.

Hb = Tinggi gelombang di lokasi bangunan.

Lo = Panjang gelombang di laut dalam.



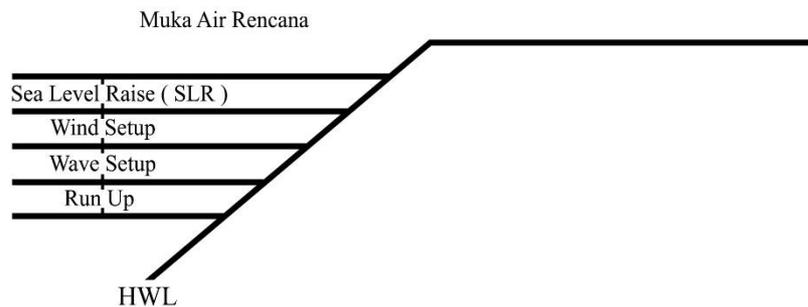
Gambar 2.12 Grafik Run-up Gelombang
(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

Rumus diatas digunakan apabila dinding halus dan kedap air (*permeable*), untuk dinding kasar dan dapat dilalui air (*impermeable*) angka diatas dikalikan dengan factor 0.5 sampai 0.8.

10. Elevasi Muka Air Laut Rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter sangat penting dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi tersebut merupakan penjumlahan beberapa parameter, yaitu : pasang surut, tsunami, *wave setup* dan pemanasan global. Dalam perencanaan ini parameter tsunami tidak dipakai karena kejadian tsunami belum tentu bersamaan dengan gelombang badai. Gempa yang menyebabkan terjadinya tsunami bias terjadi pada saat cuaca cerah. Sehingga penggabungan tsunami, *wave setup*, *wind setup*, dan pasang surut adalah kecil kemungkinan terjadi.

Sementara itu pasang surut mempunyai periode 12 atau 24 jam, yang berarti dalam satu hari bias terjadi satu atau dua kali air pasang. Kemungkinan terjadi air pasang dan gelombang besar adalah sangat besar. Dengan demikian pasang surut merupakan factor terpenting didalam menentukan elevasi muka air laut rencana tanpa memperhitungkan tsunami, (Bambang Triatmodjo, 1999).



Gambar 2.13 Elevasi Muka Air Laut Rencana
(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

a. Kenaikan Muka Air Laut 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*) di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai (*wave setup*).

1. Perhitungan Wave Setup (Bambang Triatmodjo, 1999)

$$S_w = 0.91 \left[1 - 2.82 \sqrt{\frac{Hb}{gT^2}} \right] Hb \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

S_w = Wave Setup (m).

Hb = Tinggi gelombang pecah (m).

g = 9.81 m/dt²

2. Perhitungan Wind Setup (Bambang Triatmodjo, 1999)

$$\Delta h = F \cdot c \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot d} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan :

Δh = Wind setup/kenaikan muka air akibat badai (m)

F = Panjang fetch (m)

c = Konstanta (3.5×10^{-6})

V = Kecepatan angin (m/dt)

d = Kedalaman air (m)

g = Percepatan gravitasi (m/dt²)

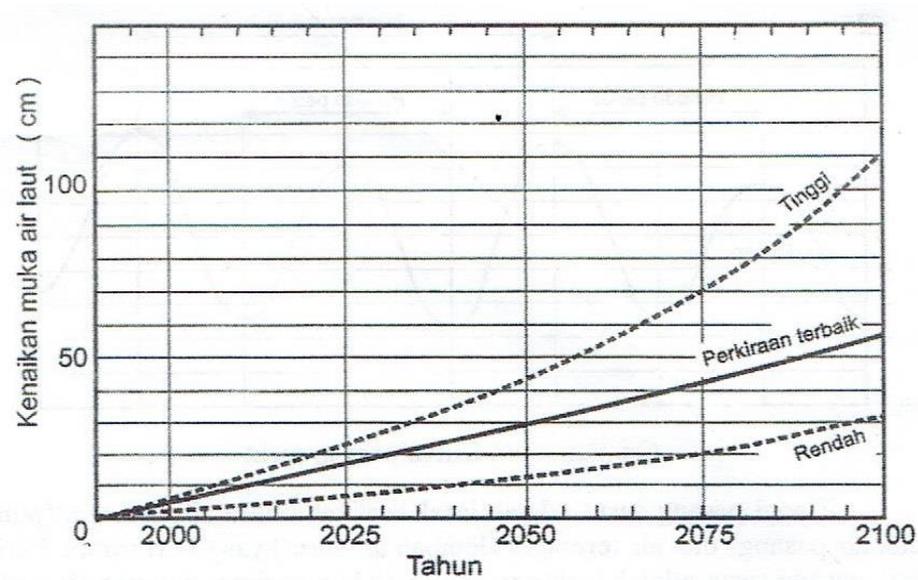
b. Kenaikan Muka Air Laut Karena Angin (Wind Set Up)

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

c. Perhitungan Pemanasan Global

Efek rumah kaca menyebabkan panas bumi sehingga dapat dihuni oleh kehidupan. Disebut efek rumah kaca karena kemiripannya dengan apa yang terjadi dalam sebuah rumah kaca ketika matahari bersinar. Sinar matahari yang masuk melalui atap dan dinding rumah kaca menghangatkan ruangan didalam sehingga suhu menjadi lebih tinggi dari pada diluar.

Dengan kata lain rumah kaca berfungsi sebagai perangkap panas. Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan muka air laut. Didalam perencanaan bangunan pantai, kenaikan muka air laut karena pemanasan global ini harus diperhitungkan. Gambar dibawah ini memberikan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai dengan 2100 yang disertai batas atas dan batas bawah.



Gambar 2.14 Perkiraan Kenaikan Permukaan Air Laut Akibat Pemanasan Global (SLR)

(Bambang Triatmodjo, 1999, Teknik Pantai)

a. Perhitungan Tinggi Muka Air Rencana (DWL)

$$DWL = HWL + S_w + \Delta h + \text{Pemanasan Global} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan :

DWL = Tinggi Muka Air Rencana (m)

S_w = Wave setup/kenaikan muka air laut akibat gelombang (m)

Δh = Wind setup/kenaikan muka air akibat badai (m)

HWL = Muka Air Tertinggi

2.3.2 Analisa Data Pasang Surut

Data pasang surut merupakan salah satu parameter yang penting bagi perencanaan struktur bangunan perlindungan pantai. Dengan mengetahui pola pergerakan muka air (pola pasang surut) pada suatu lokasi tertentu maka dapat ditentukan tinggi minimum struktur pelindung pantai yang harus direncanakan.

Beberapa definisi muka air laut berdasarkan data pasang surut yaitu :

1. MHHWL : *Mean Highest High Water Level*, tinggi rata – rata dari air tinggi yang terjadi pada pasang surut purnama atau bulan mati (*spring tides*).
2. MLLWL : *Mean Lowest Low Water Level*, tinggi rata – rata air rendah yang terjadi pada pasang surut purnama atau bulan mati (*spring tides*).
3. MHWL : *Mean High Water Level*, tinggi rata – rata dari air tinggi selama periode 19,6 tahun.
4. MLWL : *Mean Low Water Level*, tinggi arir rata – rata dari air rendah selama 18,6 tahun.
5. MSL : *Mean Sea Level*, tinggi rata – rata dari muka air laut pada setiap tahap pasang surut selama periode 18,6 tahun, biasanya ditentukan dari pembacaan jam – jaman.
6. HWL : *High Water Level (High Tide)*, elevasi maksimum yang dicapai oleh tiap air pasang.

7. HHWL : *Highest High Water Level*, air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati (*spring tides*).
8. LWL : *Low Water Level (Low Tide)*, elevasi minimum yang dicapai oleh tiap air surut.
9. LLWL : *Lowest Low Water Level*, air terendah pada saat pasang surut bulan purnama atau bulan mati (*spring tides*).

Dalam analisa ini akan dicari tiga nilai yaitu :

1. HWL (*High Water Level*)
2. MSL (*Mean Sea Level*)
3. LWL (*Low Water Level*)

2.3.3 Analisa Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di dasar pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen pantai dapat diklasifikasikan menjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan transpor sedimen panjang pantai (*longshore transport*). Transpor angkutan sedimen di daerah aliran pantai sangat menentukan efektifitas kegiatan maupun dalam mempertahankan kestabilan garis pantai. Hal ini sebaiknya ditinjau dari daerah *surf zone* dikarenakan di daerah ini pada umumnya sangat efektif terjadi interaksi antara gelombang, arus, angin, dan sedimen.

Transpor sedimen dibedakan menjadi 2 macam yaitu : transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore – offshore transport*) yang mempunyai arah rata –

rata tegak lurus garis pantai, sedangkan transpor sepanjang pantai (*longshore transport*) mempunyai arah rata – rata sejajar pantai.

1. Angkutan Sedimen Menuju – Meninggalkan Pantai

Angkutan menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata – rata tegak lurus garis pantai. Pengangkutan sedimen dibedakan menjadi dua, yaitu : *onshore transport* dan *offshore transport*. *Onshore transport* (S_{on}) adalah angkutan sedimen tegak lurus pantai dimana pergerakan sedimen adalah masuk ke arah pantai. Sedangkan *offshore transport* (S_{of}) angkutan sedimen tegak lurus pantai dimana pergerakan sedimen adalah menuju ke arah laut. Pada saat terjadi angkutan sedimen tegak lurus pantai dan diikuti dengan gelombang normal maka pantai berada dalam kondisi stabil dinamis.

2. Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai

Angkutan sedimen sepanjang pantai mempunyai arah rata – rata sejajar pantai. Angkutan sedimen sejajar pantai disebabkan oleh gelombang dan arus sejajar pantai. Hal ini disebabkan karena bergolaknya sedimen pada saat gelombang pecah, lalu bergerak terbawa arus dan komponen gelombang sejajar pantai. Angkutan sedimen ini mempengaruhi perubahan garis pantai.

Rumus yang digunakan untuk angkutan sedimen sepanjang pantai adalah rumus CERC yang memperhitungkan sifat – sifat sedimen dasar (Yuwono, 1992):

$$S = 0,44 \cdot 10^6 \cdot H_o^2 \cdot C_o \cdot K_{rbr}^2 \cdot \sin \alpha_{br} \cdot \cos \alpha_{br} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dengan :

S = Angkutan sedimen sepanjang pantai (m³/tahun)

K_{rbr}^2 = Koefisien refraksi di sisi luar breaker zone

H_o = Tinggi gelombang (m)

C_o = Kecepatan gelombang (m/det)

α_{br} = Sudut datang gelombang pecah

Sifat – sifat sedimen pantai dapat mempengaruhi laju transpor sedimen di sepanjang pantai. Faktor – faktor yang mempengaruhi laju sedimen antara lain :

- a. Karakteristik material sedimen (distribusi dan gradasi butir, kohesifitas faktor bentuk, ukuran, rapat massa, dan sebagainya).
- b. Karakteristik gelombang dan arus (arah dan kecepatan angin, posisi pembangkitan gelombang, pasang surut, dan kondisi topografi pantai yang bersangkutan).

Transpor sedimen sepanjang pantai, terbagi dalam 2 kondisi :

- a. Transpor sedimen dasar, yaitu angkutan sedimen dimana bahan sedimen bergerak menggelinding, menggeser atau meloncat di dasar atau dekat sekali di atas dasar.

- b. Transpor sedimen suspense, yaitu angkutan sedimen yang terjadi ketika bahan sedimen yang telah terangkat terbawa bersama – sama dengan massa air yang bergerak dan selalu terjaga di atas dasar oleh turbulensi air.

Meskipun pada kenyataannya sangat sulit diketahui kapan transpor sedimen dasar berakhir dan mulai disebut sebagai transpor sedimen suspensi, namun pengertian akan adanya mekanisme tersebut perlu diperhatikan untuk memahami sifat – sifat angkutan sedimen di pantai dalam hubungannya dengan permulaan gerak sedimen. Pada umumnya, di daerah pantai transpor sedimen dasar lebih besar dari pada transpor sedimen suspensi.

Pada dasarnya terdapat 4 metode dasar dalam memperkirakan transpor sedimen sepanjang pantai :

- a. Mengukur debit sedimen di lokasi yang ditinjau, cara ini adalah cara terbaik untuk memperkirakan transpor sedimen sepanjang pantai.
- b. Menghitung berdasarkan data yang memperlihatkan perubahan historis topografi daerah pantai yang bersangkutan. Beberapa indikatornya adalah : perubahan garis pantai, pola pendangkalan, dan laju pengendapan pada inlet dan endapan di sekitar *groin* atau *jetty*.
- c. Menggunakan kurva/rumus empiris yang menghubungkan komponen sepanjang pantai dari fluks energi gelombang (*Wave Energy Flux*) dengan laju angkutan sedimen sejajar pantai, sehingga diperoleh data gelombang lokal. Cara ini digunakan apabila 2 cara diatas tidak dapat diterapkan.

- d. Metode empiris berdasarkan pada tinggi gelombang pecah rerata tahunan dapat digunakan untuk memperkirakan transpor sedimen sepanjang pantai apabila ketiga metode di atas tidak bisa diterapkan.

2.3.4 Analisis Refraksi/Difraksi

1. Refraksi

Refraksi adalah peristiwa berubahnya arah perambatan dan tinggi gelombang akibat perubahan dasar laut. Pada perairan dalam, gelombang laut tidak merasakan pengaruh dasar laut karena jarak vertikal yang jauh antara permukaan laut tempat gelombang beraksi dan dasar laut.

Semakin dangkal perairan, pengaruh dasar laut semakin dirasakan oleh gelombang, pengaruh mana antara lain berbentuk refraksi. Jadi refraksi merupakan fenomena perairan dangkal.

Parameter – parameter yang penting dalam analisis refraksi gelombang adalah :

K_s = Koefisien pendangkalan

K_r = Koefisien refraksi

Sehingga tinggi gelombang yang terjadi pada perairan dangkal (H) dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

a. $H = K_o \cdot K_s \cdot K_r \dots\dots\dots (2.28)$

b. Sudut arah datang gelombang

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_o} \right) \cdot \sin \alpha_o \dots\dots\dots (2.29)$$

Dengan :

α = Sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontour dasar laut di titik yang ditinjau.

α_o = Sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai

C = Cepat rambat gelombang di kedalaman tertentu (m/dt)

C_o = Cepat rambat gelombang di laut dalam (m/dt)

c. Koefisien Pendangkalan

Koefisien pendangkalan K_s merupakan fungsi panjang gelombang, kedalaman air, sehingga dapat ditulis dengan persamaan :

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o \cdot L_o}{n \cdot L}} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dengan :

K_s = Koefisien Shaoling

n_o = Kelompok gelombang di laut. Nilai = 0.5

L_o = Panjang gelombang di laut dalam

L = Panjang gelombang di kedalaman tertentu

n = Tabel

d. Koefisien Refraksi

Analisis refraksi dapat dilakukan dengan cara analitis apabila garis kontour lurus dan saling sejajar dengan menggunakan hokum snell langsung.

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}} \dots\dots\dots (2.31)$$

Dengan :

Kr = Koefisien refraksi

α = Sudut antara garis puncak gelombang dengan garis kontour dasar laut di titik yang ditinjau

α_o = Sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai.

e. Tinggi Gelombang

$$H_o = K_s \cdot K_r \cdot H_s \dots\dots\dots (2.32)$$

Dengan :

H_o = Tinggi gelombang di kedalaman tertentu

H_s = Gelombang signifikan

K_s = Koefisien Shaoling

K_r = Koefisien refraksi

f. Tinggi Gelombang Laut Dalam Ekvivalen

$$H'_o = K_r \cdot H_o \dots\dots\dots (2.33)$$

Dengan :

H'_o = Tinggi gelombang ekivalen (m)

K_r = Koefisien refraksi

H_o = Tinggi gelombang di kedalaman tertentu (m)

2. Difraksi

Difraksi adalah peristiwa transmisi energi gelombang ke arah samping (lateral) dari arah perambatan gelombang mula – mula. Peristiwa ini terjadi apabila terdapat bangunan laut yang menghalangi perambatan gelombang. Pada bagian perairan yang terlindung oleh bangunan laut, tetap terbentuk gelombang akibat transmisi lateral tadi.

2.3.5 Kajian Kondisi Kerusakan

- a. Kegagalan seawall di muara sungai akibat tergerusnya pondasi bangunan oleh aliran sungai sehingga terbentuknya *sand spit* di mulut muara sungai. *Sand spit* yang terbentuk karena kondisi hidrodinamika yang terjadi di zona *breaker zone*. Dominan sedimen transpor adalah *longshore* sedimen transport (sejajar pantai) sehingga terjadi penutupan muara sungai. Saat kondisi banjir aliran sungai sejajar mencari alur baru dan menggerus bangunan eksisting yang ada.
- b. Penutupan muara sungai di seluruh ruas pantai Tegal Besar merupakan fenomena akibat dari sedimen transpor yang terjadi.
- c. Kemunduran yang terjadi di ruas pantai Tegal Besar terjadi dikarenakan adanya ketidakseimbangan antara pasokan sedimen dengan kapasitas angkutan sedimen, hal ini sebagai akibat adanya perubahan pengelolaan lingkungan oleh manusia, seperti penambangan pasir dan batu, bangunan tegak lurus pantai dan design bangunan pelindung yang kurang tepat.

- d. Hampir sebagian besar ruas pantai Tegal Besar mengalami erosi, sehingga membahayakan pemukiman nelayan yang berada di dekat pantai..
- e. Permasalahan pemanfaatan daerah sempadan pantai adalah pembangunan struktur yang menyalahi aturan sempadan pantai. Dalam dokumentasi terkait, pembangunan struktur di posisi sempadan sangat rawan oleh erosi. Daerah sempadan sangat rawan mengalami perubahan sehingga pembangunan *property* sangat tidak dianjurkan.

