

STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG PADA PANTAI INDAH DI KELURAHAN POHE KOTA GORONTALO

Siti Nurfitri Ningsih

M.Ihsan Jasin, Fuad Halim

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: niningusman15@yahoo.com

ABSTRAK

Pantai Indah kelurahan pohe Gorontalo sangat berpotensi sebagai daerah wisata ini, berdasarkan pengamatan di lapangan ternyata telah mengalami perubahan fisik (kerusakan) pada daerah pesisir pantai. Kerusakan ini diakibatkan oleh proses dinamika pantai seperti abrasi yang berdampak buruk serta menimbulkan kekhawatiran bagi warga pesisir pantai tersebut. Oleh sebab itu dalam pengembangan dan pengamanan daerah pesisir serta perlindungan penduduk maka perlu mengetahui karakteristik gelombang yang terjadi di pantai tersebut.

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pendekatan teori dan analisis transformasi gelombang yang terjadi di kawasan pantai indah kelurahan pohe. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 10 tahun dari stasiun BMKG bandar udara jalaluddin Gorontalo untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan.

Dari hasil perhitungan gelombang di perairan pantai indah pohe didominasi oleh gelombang arah Selatan dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Agustus 2005 dengan $H = 1.1734$ m dan $T = 4,4884$ det. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.8981 sampai 1.0008 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0.9255 sampai 1,2738. Tinggi gelombang yang didapat dari hasil perhitungan berkisar pada 0.9210 sampai 1.4852 m pada kedalaman 0.5 m sampai 25 m.

Kata kunci: *Pantai indah pohe Gorontalo, karakteristik gelombang, refraksi, shoaling, gelombang pecah.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pantai merupakan daerah ditepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan surut terendah. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tepat dan dapat berubah atau berpindah. Pantai di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar sebagai daerah yang dimanfaatkan untuk kegiatan manusia. Peningkatan pemanfaatan daerah pantai diiringi oleh meningkatnya masalah terhadap pantai, seperti mundurnya garis pantai akibat erosi yang disebabkan oleh gelombang dan berdampak bagi pemukiman dipesisir pantai. Gelombang laut merupakan salah satu parameter laut yang dominan terhadap laju mundurnya garis pantai. Gelombang laut terjadi karena hembusan angin dipermukaan laut, perbedaan suhu air laut, perbedaan

kadar garam dan letusan gunung berapi yang berada dibawah atau permukaan laut. Proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula antara lain disebabkan oleh gelombang dan arus, serta tidak adanya keseimbangan sedimen yang masuk dan keluar. Pada dasarnya pantai memiliki kemampuan alami untuk menstabilkan profil pantai itu sendiri apabila terjadi serangan gelombang, akan tetapi jika pantai tersebut tidak dapat menstabilkan profil secara alami maka diperlukan penanganan lebih.

Daerah pantai indah pohe yang terletak di kelurahan Pohe, kota selatan Gorontalo. Daerah ini merupakan pusat aktifitas penduduk kota yang sebagian besar bermatapencarian sebagai nelayan. Daerah pantai sepanjang ± 741 meter ini memiliki permasalahan. Masalah utama dari pantai ini adalah terjadi kerusakan akibat gelombang tinggi pada bulan bulan tertentu yang

menyebabkan mundurnya garis pantai. Sehubungan dengan kondisi tersebut, maka diperlukan informasi tentang karakteristik gelombang yang dapat digunakan untuk menangani mundurnya garis pantai indah di kelurahan pohe kota Gorontalo.

Rumusan Masalah

Berdasarkan survey lapangan yang dilakukan di pantai indah terlihat bahwa telah terjadi kerusakan pada pantai. Karakteristik gelombang di pantai merupakan faktor yang sangat penting dalam mengembangkan atau melindungi suatu daerah pantai. Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu diketahui karakteristik dari gelombang khususnya pada daerah pantai indah

Batasan Masalah

Pada penulisan skripsi ini masalah dibatasi pada :

1. Analisis hanya dilakukan di pantai Indah dikelurahan pohe kecamatan Hulonthalangi kota Gorontalo dengan panjang ± 741 m, dengan daerah penelitian yang ditinjau 100 m.
2. Karakteristik gelombang yang ditinjau adalah tinggi gelombang, periode gelombang, refraksi gelombang, *shoaling* dan gelombang pecah.
3. Analisa gelombang yang digunakan adalah teori gelombang amplitudo kecil (*Airy*).
4. Tinggi dan periode gelombang laut dalam diperoleh dengan metode *hindcasting*, dan menggunakan data angin 10 tahun terakhir.
5. Gelombang yang dihitung adalah gelombang yang diakibatkan oleh angin.
6. Mengabaikan faktor –faktor bencana alam tertentu seperti tsunami dan lain lain.
7. Masalah dibatasi pada tidak adanya pengaruh dari sungai.
8. Studi hanya untuk mengetahui karakteristik gelombang yang terjadi di pantai indah pohe.

Tujuan Penelitian.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh karakteristik gelombang berupa tinggi gelombang, periode

gelombang, proses transformasi gelombang di pantai indah pohe gorontalo.

2. Mempelajari fenomena gelombang yang terjadi di wilayah pantai indah pohe Gorontalo, yang menyebabkan mundurnya garis pantai tersebut

Manfaat Penelitian

1. Memperoleh pengetahuan dalam mengkaji atau meneliti tentang gelombang dan upaya dalam menanggulangi mundurnya garis pantai.
2. Sebagai masukan/informasi kepada masyarakat di sekitar pesisir pantai tentang resiko yang dapat terjadi akibat gelombang pada bulan bulan tertentu.

LANDASAN TEORI

Gelombang

Gelombang dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitan seperti angin (gelombang angin), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari (gelombang pasang-surut), gempa (vulkanik atau tektonik) didasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal. (Triatmodjo, 1999). Energi gelombang akan membangkitkan arus dan mempengaruhi pergerakan sedimen dalam arah tegak lurus pantai (cross-shore) dan sejajar pantai (longshore).

Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin dimasa lampau. *Hindcasting* gelombang akan menghasilkan perkiraan tinggi (H) dan periode (T) gelombang akibat adanya angin dengan besar, arah, dan durasi tertentu.

Fetch

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Daerah *fetch* adalah daerah dengan kecepatan angin konstan. Sedangkan jarak *fetch* merupakan jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup (Hutabarat dan Evans, 1984)

Arah *fetch* bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

F_{eff} : *Fetch* efektif

F : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*.

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

Estimasi Angin Permukaan Untuk Peramalan Gelombang

Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* (U_A), sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang. Prosedur untuk mendapatkan *Wind Stress Factor* (U_A) adalah dengan melakukan koreksi – koreksi terhadap data angin yang kita miliki sebagai berikut :

❖ Koreksi Elevasi

Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 meter. Jika data angin didapat dari pengukuran pada elevasi yang lain (misalnya y meter), maka dapat dikonversi dengan persamaan :

$$U_{(10)} = U(y) \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana : $U_{(10)}$ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m.

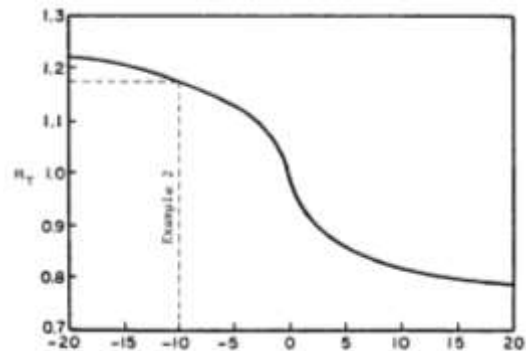
y = Ketinggian pengukuran angin ($y < 20$ m)

❖ Koreksi Stabilitas

Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut. Besarnya koreksi dilambangkan dengan R_T , dimana :

$$U = R_T \times U_{10} \dots \dots \dots (3)$$

Jika tidak terdapat perbedaan data temperature, maka $R_T = 1.1$ (SPM'88, hal 3-30)



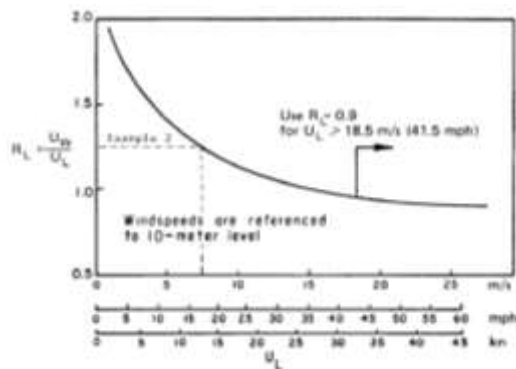
Gambar 1. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat.

Sumber : SPM' 84

❖ Koreksi Lokasi Pengamatan

Jika data angin yang dimiliki adalah data angin pengukuran di darat, perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan di laut. Faktor koreksi dilambangkan dengan R_L , yang nilainya disajikan Gambar 2. Di dalam gambar tersebut, U_w adalah kecepatan angin di atas laut, sedangkan U_L adalah kecepatan angin di darat. Apabila data kecepatan angin disuatu perairan memerlukan penyesuaian atau koreksi terhadap elevasi, koreksi stabilitas dan efek lokasi maka dapat digunakan persamaan:

$$U = R_T \times R_L \times U_{10} \dots \dots \dots (4)$$



Gambar 2. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat

Sumber : SPM'84

Pembentukan Gelombang di Laut Dalam

Peramalan gelombang di laut dalam dilakukan dengan metode SMB (Sverdrup Munk Bretschneider).

- ◆ Penentuan *fetch limited* dari gelombang bergunan untuk membatasi durasi minimum dari t_{fetch} .

Open Water

$$t_{fetch} = 68.8 \frac{F^{\frac{2}{3}}}{g^{\frac{2}{3}} U_A^{\frac{2}{3}}} \dots\dots\dots(5)$$

Restricted Fetch

$$t_{fetch} = 51.09 \frac{F^{0.72}}{g^{0.28} \hat{U}_A^{0.44}} \dots\dots\dots(6)$$

- ◆ Karakter pembentukan gelombang untuk *open water*

Duration Limited

$$H = 0.0000851 \left(\frac{U_A^2}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{\frac{5}{7}} \dots\dots\dots(7)$$

$$T = 0.072 \left(\frac{U_A}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{0.411} \dots\dots\dots(8)$$

Fetch Limited

$$H = 0.0016 \left(\frac{U_A^2}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(9)$$

$$T = 0.2857 \left(\frac{U_A}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(10)$$

- ◆ Karakter pembentukan gelombang untuk *restricted fetch*

Duration Limited

$$H = 0.000103 \left(\frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{0.69} \dots\dots\dots(11)$$

$$T = 0.082 \left(\frac{\hat{U}_A}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{0.39} \dots\dots\dots(12)$$

Fetch Limited

$$H = 0.0015 \left(\frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(13)$$

$$T = 0.3704 \left(\frac{\hat{U}_A}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{0.28} \dots\dots\dots(14)$$

Setelah mendapatkan nilai H dan T, cek kondisi pembangkitan gelombang.

Kondisi gelombang *fully developed* apabila memnuhi ketentuan – ketentuan berikut ini :

$$\frac{gH}{U_A^2} \geq 2.433 \cdot 10^{-4} \dots\dots\dots(15)$$

$$\frac{gT}{U_A} \geq 8.134 \dots\dots\dots(16)$$

$$\frac{gT}{U_A} \geq 7.15 \cdot 10^4 \dots\dots\dots(17)$$

- ◆ Apabila kondisi *fully developed*

Open water

$$H_{fd} = 0.2433 \left(\frac{U_{(10)}^2}{g} \right) \dots\dots\dots(18)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left(\frac{U_{(10)}}{g} \right) \dots\dots\dots(19)$$

Restricted fetch

$$H_{fd} = 0.2433 \left(\frac{\hat{U}_{10}^2}{g} \right) \dots\dots\dots(20)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left(\frac{\hat{U}_{(10)}}{g} \right) \dots\dots\dots(21)$$

Sehingga :

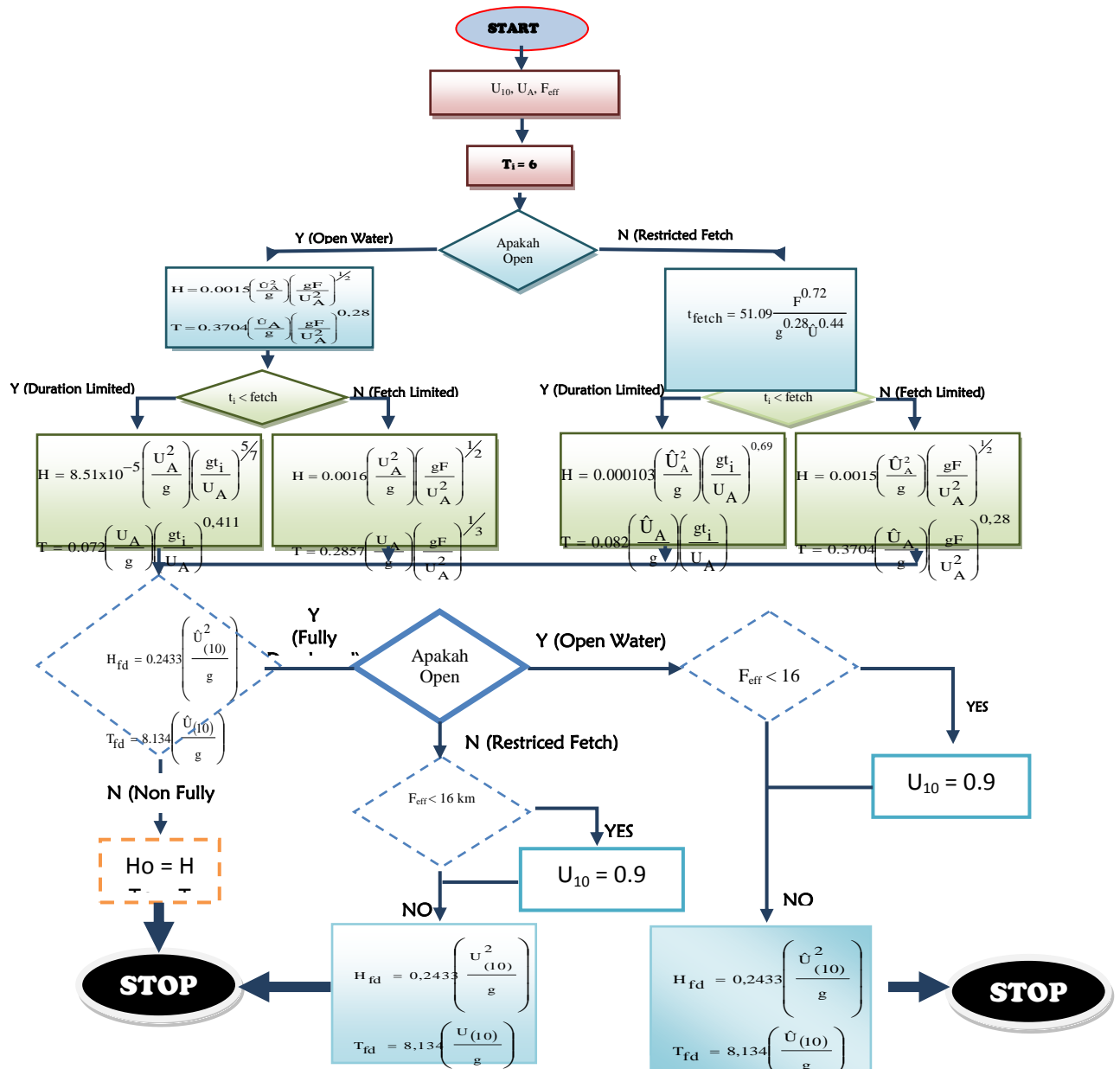
$$H_o = H_{fd} \dots\dots\dots(22)$$

$$T_o = T_{fd} \dots\dots\dots(23)$$

- ◆ Apabila kondisi gelombang *non fully developed* maka :

$$H_o = H \dots\dots\dots(24)$$

$$T_o = T \dots\dots\dots(25)$$



Gambar 3. Bagan Hindcasting Gelombang

Transformasi Gelombang

Proses Refraksi

Pengaruh perubahan kedalaman laut akan menyebabkan refraksi. Di laut dalam, daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, gelombang menjaral tanpa dipengaruhi dasar laut.

Koefisien refraksi adalah :

$$Kr = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}} \dots \dots \dots (26)$$

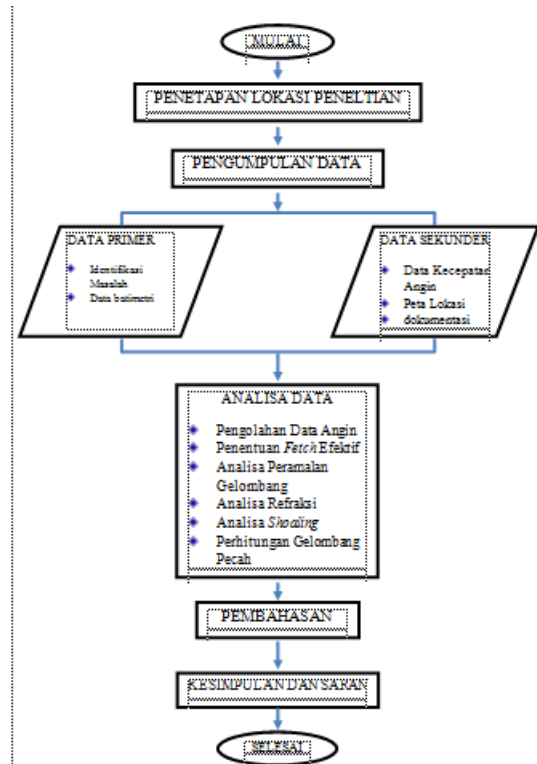
Pendangkalan Gelombang (Wave Shoaling)

Koefisien pendangkalan K_s merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air.

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o \times C_o}{n1 \times L1}} \dots \dots \dots (27)$$

METODOLOGI PENELITIAN

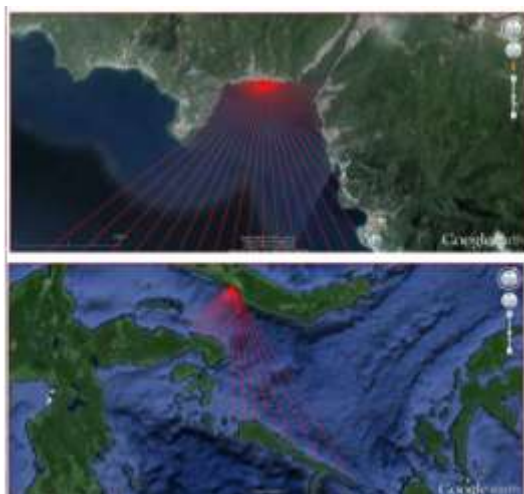
Tahapan pelaksanaan studi :



ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Perhitungan Fetch Efektif



Gambar 4. Fetch Arah Tenggara, Selatan, Barat laut
Sumber : Autocad

Perhitungan Fetch :

Arah Selatan :

- Panjang garis *fetch* untuk sudut 0° adalah 6,154 cm dengan skala 1:154236,79 ft. 1 ft = 0,0003048 km. Untuk mendapatkan jarak sebenarnya maka dilakukan perhitungan jarak sebenarnya.

$$\begin{aligned}
 (F) &= \text{Jarak pada peta} \times \text{Skala} \\
 &= (6,514 \text{ cm} * 154236,79) \times \\
 & \quad 0,0003048 \text{ km} \\
 &= 289,322 \text{ km}
 \end{aligned}$$

- Nilai dari cosines 0° adalah 1, maka :
 $F_{\text{cos}}(\alpha) = 289,322 \times 1 = 289,322 \text{ km}$

Dengan mengetahui panjang *fetch* didapat F_{eff}

$$\begin{aligned}
 F_{\text{eff}} &= \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \\
 &= 230,5338 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan ini dibuat dalam bentuk tabulasi dengan bantuan Microsoft Excel.

Analisa Angin

Data angin yang dianalisa adalah data angin maksimum harian dalam 10 tahun terakhir. Data angin diambil dari BMKG kota Gorontalo, yakni data angin pada tahun 2005-2014.

Data angin dinyatakan dalam satuan knot, 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5144 m/d.

Perhitungan faktor tegangan angin

Perhitungan untuk mendapatkan nilai U_A (perhitungan pada data angin tgl 2 agustus 2005) :

Tabel 1. Perhitungan Hindcasting Gelombang Maksimum Bulan Agustus 2005

Tanggal	Arah	Uz m/d	Uj m/d	R _h	U _h m/d	F _{FF}	t _h	Open Water/ Restricted Fetch	I _{max} d
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
1	S	5.2	4.73	1.40	7.29	230.534	21600	Open Water	62659.4010
2	S	9.8	9.00	1.09	10.79	230.534	21600	Open Water	54999.5203
3	S	3.1	2.84	1.61	5.03	230.534	21600	Open Water	70900.5316
4	S	1.5	1.42	1.85	2.89	230.534	21600	Open Water	85270.2058
5	S	1.0	0.95	1.95	2.03	230.534	21600	Open Water	95900.8288
6	S	2.1	1.89	1.72	3.58	230.534	21600	Open Water	79383.4418
7	S	2.6	2.37	1.66	4.32	230.534	21600	Open Water	74575.1043
8	S	1.5	1.42	1.85	2.89	230.534	21600	Open Water	85270.2058
9	S	2.1	1.89	1.72	3.58	230.534	21600	Open Water	79383.4418
10	S	1.5	1.42	1.85	2.89	230.534	21600	Open Water	85270.2058
11	S	0.5	0.47	2.00	1.04	230.534	21600	Open Water	119785.3996
12	S	0.5	0.47	2.00	1.04	230.534	21600	Open Water	119785.3996
13	S	1.0	0.95	1.95	2.03	230.534	21600	Open Water	95900.8288
14	S	2.1	1.89	1.72	3.58	230.534	21600	Open Water	79383.4418
15	S	1.5	1.42	1.85	2.89	230.534	21600	Open Water	85270.2058
16	S	1.0	0.95	1.95	2.03	230.534	21600	Open Water	95900.8288
17	S	1.0	0.95	1.95	2.03	230.534	21600	Open Water	95900.8288
18	S	1.0	0.95	1.95	2.03	230.534	21600	Open Water	95900.8288
19	S	0.5	0.47	2.00	1.04	230.534	21600	Open Water	119785.3996
20	S	3.1	2.84	1.61	5.03	230.534	21600	Open Water	70900.5316
21	S	3.6	3.31	1.54	5.61	230.534	21600	Open Water	68357.2885
22	S	2.6	2.37	1.66	4.32	230.534	21600	Open Water	74575.1043
23	S	4.6	4.26	1.46	6.84	230.534	21600	Open Water	63996.2635
24	S	5.2	4.73	1.40	7.29	230.534	21600	Open Water	62659.4010
25	S	0.5	0.47	2.00	1.04	230.534	21600	Open Water	119785.3996
26	S	1.0	0.95	1.95	2.03	230.534	21600	Open Water	95900.8288
27	S	5.2	4.73	1.40	7.29	230.534	21600	Open Water	62659.4010
28	S	4.1	3.79	1.49	6.21	230.534	21600	Open Water	66106.9136
29	S	2.1	1.89	1.72	3.58	230.534	21600	Open Water	79383.4418
30	S	1.0	0.95	1.95	2.03	230.534	21600	Open Water	95900.8288
31	S	0.5	0.47	2.00	1.04	230.534	21600	Open Water	119785.3996

Tabel 2. Tabel rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing – masing fetch berdasarkan Hindcasting Gelombang tahun 2005 – 2014.

No.	Bulan	H&T	Arah Datang Gelombang					Max Tiap Bulan	
			B	BD	S	TG	T	Dominan	H.T
1	Januari	H (m)	1.1734	0.0000	0.7092	0.0000	0.0000	B	1.1734
		T (det)	4.4884	0.0000	3.5639	0.0000	0.0000		4.4884
2	Februari	H (m)	0.5067	0.0000	1.1734	0.0000	0.0000	S	1.1734
		T (det)	3.0554	0.0000	4.4884	0.0000	0.0000		4.4884
3	Maret	H (m)	0.9644	0.0000	1.1734	0.0000	0.0000	S	1.1734
		T (det)	4.1027	0.0000	4.4884	0.0000	0.0000		4.4884
4	April	H (m)	0.7723	0.0000	0.6536	0.6536	0.0000	B	0.7723
		T (det)	3.7059	0.0000	3.4333	3.4333	0.0000		3.7059
5	Mei	H (m)	0.0000	0.0000	1.0944	1.0944	0.5766	TG	1.0944
		T (det)	0.0000	0.0000	4.3475	4.2501	3.2416		4.3475
6	Juni	H (m)	1.0894	0.0000	1.0324	1.1733	0.0000	TG	1.1733
		T (det)	4.3383	0.0000	4.2329	4.4882	0.0000		4.4882
7	Juli	H (m)	0.0000	1.0416	1.0416	1.0894	0.0000	TG	1.0894
		T (det)	0.0000	4.2501	4.2501	4.3383	0.0000		4.3383
8	Agustus	H (m)	0.0000	0.0000	1.1733	1.0944	0.0000	S	1.1733
		T (det)	0.0000	0.0000	4.4882	4.3475	0.0000		4.4882
9	September	H (m)	0.0000	0.0000	1.0944	1.0324	0.0000	S	1.0944
		T (det)	0.0000	0.0000	4.3475	4.2329	0.0000		4.3475
10	Oktober	H (m)	0.0000	0.0000	1.1733	1.0944	0.0000	S	1.1733
		T (det)	0.0000	0.0000	4.4882	4.3475	0.0000		4.4882
11	November	H (m)	1.0324	0.4400	1.0324	0.7091	0.0000	BS	1.0324
		T (det)	4.2329	2.8641	4.2329	3.5638	0.0000		4.2329
12	Desember	H (m)	1.0894	0.0000	0.7091	0.0000	0.0000	B	1.0894
		T (det)	4.3383	0.0000	3.5638	0.0000	0.0000		4.3383
Max Tiap Arah		H (m)	1.1734	1.0416	1.1734	1.1733	0.5766	S	1.1734
		T (det)	4.4884	4.2501	4.4884	4.4882	3.2416		4.4884

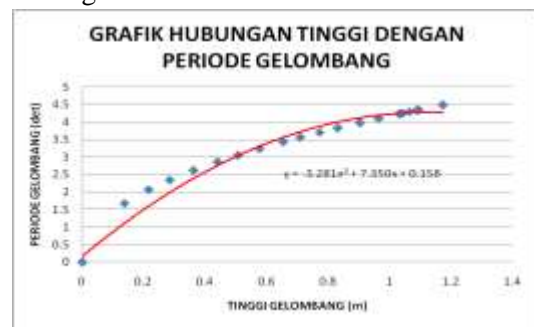
Tabel 1 Lanjutan

Kondisi Gelombang	H _h (l)	T _h (l)	gH	gT	g _h	Fully/Non fully Developed	H _h	T _h
	m	d	U _h ²	U _h	U _h		m	d
[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
Duration Limited	0.709	3.564	0.131	4.795	29060.21	Non Fully Developed	0.7091	3.5638
Duration Limited	1.173	4.488	0.099	4.082	19644.76	Non Fully Developed	1.1733	4.4882
Duration Limited	0.440	2.864	0.171	5.585	42116.25	Non Fully Developed	0.4400	2.8641
Duration Limited	0.216	2.066	0.253	7.013	73305.04	Non Fully Developed	0.2157	2.0665
Duration Limited	0.137	1.679	0.326	8.107	104318.7	Non Fully Developed	0.1371	1.6787
Duration Limited	0.284	2.345	0.217	6.420	59134.15	Non Fully Developed	0.2844	2.3452
Duration Limited	0.362	2.619	0.190	5.944	49017.22	Non Fully Developed	0.3620	2.6192
Duration Limited	0.216	2.066	0.253	7.013	73305.04	Non Fully Developed	0.2157	2.0665
Duration Limited	0.284	2.345	0.217	6.420	59134.15	Non Fully Developed	0.2844	2.3452
Duration Limited	0.216	2.066	0.253	7.013	73305.04	Non Fully Developed	0.2157	2.0665
Duration Limited	0.058	1.133	0.525	10.668	203421.5	Fully Developed	0.0045	0.3533
Duration Limited	0.058	1.133	0.525	10.668	203421.5	Fully Developed	0.0045	0.3533
Duration Limited	0.137	1.679	0.326	8.107	104318.7	Non Fully Developed	0.1371	1.6787
Duration Limited	0.284	2.345	0.217	6.420	59134.15	Non Fully Developed	0.2844	2.3452
Duration Limited	0.216	2.066	0.253	7.013	73305.04	Non Fully Developed	0.2157	2.0665
Duration Limited	0.137	1.679	0.326	8.107	104318.7	Non Fully Developed	0.1371	1.6787
Duration Limited	0.137	1.679	0.326	8.107	104318.7	Non Fully Developed	0.1371	1.6787
Duration Limited	0.137	1.679	0.326	8.107	104318.7	Non Fully Developed	0.1371	1.6787
Duration Limited	0.058	1.133	0.525	10.668	203421.5	Fully Developed	0.0045	0.3533
Duration Limited	0.440	2.864	0.171	5.585	42116.25	Non Fully Developed	0.4400	2.8641
Duration Limited	0.507	3.055	0.158	5.338	37740.53	Non Fully Developed	0.5067	3.0553
Duration Limited	0.362	2.619	0.190	5.944	49017.22	Non Fully Developed	0.3620	2.6192
Duration Limited	0.654	3.433	0.137	4.921	30962.17	Non Fully Developed	0.6536	3.4331
Duration Limited	0.709	3.564	0.131	4.795	29060.21	Non Fully Developed	0.7091	3.5638
Duration Limited	0.058	1.133	0.525	10.668	203421.5	Fully Developed	0.0045	0.3533
Duration Limited	0.137	1.679	0.326	8.107	104318.7	Non Fully Developed	0.1371	1.6787
Duration Limited	0.709	3.564	0.131	4.795	29060.21	Non Fully Developed	0.7091	3.5638
Duration Limited	0.577	3.242	0.147	5.122	34131.12	Non Fully Developed	0.5766	3.2416
Duration Limited	0.284	2.345	0.217	6.420	59134.15	Non Fully Developed	0.2844	2.3452
Duration Limited	0.137	1.679	0.326	8.107	104318.7	Non Fully Developed	0.1371	1.6787
Duration Limited	0.058	1.133	0.525	10.668	203421.5	Fully Developed	0.0045	0.3533

Hindcasting gelombang dilakukan untuk setiap data angin maksimum harian selama 10 tahun. Dari hasil hindcasting ini disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan dari tahun 2005 s/d 2014.

Dari tabel rekapitulasi di atas dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum terjadi berasal dari arah Selatan. Hal ini disebabkan gelombang dari arah Selatan mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar.

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (10 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



Gambar 5 Hubungan Tinggi Dengan Periode Gelombang
Sumber : Grafik Hubungan Tinggi Dengan Periode Gelombang

Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan :

$$y = -3,281x^2 + 7,350x + 0,158$$
 (persamaan didapat menggunakan trendline di program MS. Excel)

Untuk arah Barat Potongan 1 :

$$H_0 = 1,1734$$

$$T_0 = -3,281 H_0^2 + 7,350 H_0 + 0,158$$

$$= 4,2649$$

- Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus :

$$L_0 = 1,56 T^2,$$

dimana :

L_0 = Panjang gelombang laut dalam

T = Periode gelombang laut dalam

$$L_0 = 1,56 \times 4,2649^2$$

$$= 28,3768 \text{ m}$$

- Hitung nilai α

$$d/L_0 = 20/28,3768$$

$$= 0,7$$

Cari nilai d/L untuk nilai $d/L_0 = 0,7$

Tabel 3. Pembacaan Nilai d/L dan n

d/L_0	d/L	$2nd/L$	tanh	sinh	coth	K_1	K_2	$4nd/L$	sinh	coth	n
		$2nd/L$	$2nd/L$	$2nd/L$	$2nd/L$			$4nd/L$	$4nd/L$	$4nd/L$	
0.6000	0.60063	3.7739	0.9989	21.763	21.786	0.997	0.8439	7.5477	948.21	948.2	0.5040
0.6100	0.61056	3.8363	0.9991	23.166	23.187	0.997	0.8431	7.6726	1074.3	1074	0.5036
0.6200	0.62051	3.8988	0.9992	24.660	24.681	0.997	0.8425	7.7975	1217.3	1217	0.5032
0.6300	0.63045	3.9613	0.9993	26.252	26.271	0.998	0.8418	7.9225	1379.3	1379	0.5029
0.6400	0.64041	4.0238	0.9994	27.947	27.965	0.998	0.8412	8.0476	1563.1	1563	0.5026
0.6500	0.65036	4.0863	0.9994	29.753	29.770	0.998	0.8406	8.1727	1771.5	1771	0.5023
0.6600	0.66032	4.1489	0.9995	31.676	31.691	0.998	0.8401	8.2979	2007.7	2008	0.5021
0.6700	0.67029	4.2116	0.9996	33.723	33.738	0.998	0.8396	8.4231	2275.5	2275	0.5019
0.6800	0.68026	4.2742	0.9996	35.904	35.918	0.999	0.8392	8.5484	2579.2	2579	0.5017
0.6900	0.69023	4.3369	0.9997	38.227	38.240	0.999	0.8387	8.6737	2923.6	2924	0.5015
0.7000	0.70021	4.3995	0.9997	40.700	40.712	0.999	0.8383	8.7991	3314.0	3314	0.5013
0.7100	0.71018	4.4622	0.9997	43.334	43.346	0.999	0.8379	8.9244	3757.7	3757	0.5012
0.7200	0.72016	4.5249	0.9998	46.139	46.150	0.999	0.8375	9.0499	4258.7	4259	0.5011
0.7300	0.73015	4.5876	0.9998	49.127	49.137	0.999	0.8371	9.1753	4827.8	4828	0.5010
0.7400	0.74013	4.6504	0.9998	52.308	52.317	0.999	0.8367	9.3008	5473.2	5473	0.5008

Untuk $d/L_0 = 0,7000$ (ditabel lihat yang diberikan lingkaran orange), didapat nilai

$$d/L = 0,70021$$

Maka $L = 28,5629 \text{ m}$

Cepat rambat gelombang :

$$C_0 = L_0/T$$

$$= 28,3768 / 4,2650$$

$$= 6,6534 \text{ m/det}$$

$$C = L/T$$

$$= 28,5629 / 4,2650$$

$$= 6,6970 \text{ m/det}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \times \sin \alpha$$

$$= \frac{6,6970}{6,6534} \times \sin 51,078$$

$$= 0,7831$$

$$\alpha = 51,5459^\circ$$

- Tentukan nilai koefisien Refraksi (K_r)

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

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 51,078}{\cos 51,5459}}$$

$$K_r = 1,00511$$

Analisis berikutnya dibuat pada tabel 6.

Tabel 4. Perhitungan Refraksi Untuk Potongan 3 Arah Tenggara

A_0	d	H_0	T	L_0	d/L_0	d/L
51	25	1.1733	4.2650	28.3771	0.88	0.88002
51.07835	20	1.1734	4.2650	28.3768	0.70	0.70021
51.54594	15	1.1684	4.2667	28.3989	0.53	0.53133
51.12135	10	1.1611	4.2688	28.4272	0.35	0.35788
49.92470	5	1.0859	4.2705	28.4496	0.18	0.20833
40.20541	1	0.9383	4.1659	27.0734	0.04	0.08329
16.63498	0.5	0.9332	4.1598	26.9938	0.02	0.05763

Ket : untuk tabel berwarna biru, nilai tersebut didapat secara manual menggunakan tabel pembacaan d/L dari buku Triatmodjo B, "Teknik Pantai" (dapat dilihat pada lampiran)

Tabel 4. Lanjutan

L	C_0	C	$\sin a$	a	$\cos a_0/\cos a$	K_r
28.4084	6.6534	6.6608	0.7780	51.0783	1.0016	1.0008
28.5629	6.6534	6.6970	0.7831	51.5459	1.0006	1.0003
28.2310	6.6560	6.6166	0.7785	51.1214	0.9983	0.99915
27.9423	6.6593	6.5457	0.7652	49.9247	0.9458	0.972522
24.0004	6.6619	5.6201	0.6455	40.2054	0.8718	0.933702
12.0062	6.4988	2.8820	0.2863	16.6350	0.8065	0.898053
8.6760	6.4893	2.0857	0.0920	5.2793	0.9534	0.976422

Perhitungan Koefisien *Shoaling*

Koefisien pendangkalan :

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}}$$

Dimana : n_0 = (dilaut dalam) 0.5 ; $L_0 = 28,3768 \text{ m}$

Dari tabel perhitungan *shoaling* untuk nilai $d/L_0 = 0,70$ diperoleh nilai $n = 0,5013$

$$K_s = \sqrt{\frac{0.5 \times 28.3768}{0.5013 \times 28.5629}}$$

$$K_s = 0,9954$$

Setelah perhitungan koefisien refraksi dan *shoaling*, akan didapat nilai tinggi gelombang yang baru :

$$H = H_0 \cdot K_r \cdot K_s$$

$$= 1,1734 \times 1,0003 \times 0,9954$$

$$= 1,1684$$

Selanjutnya dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 5. Perhitungan Shoaling Untuk Potongan 3 arah tenggara

L	Co	C	sin a	a	cos a/cos a	Kr	Ks	H
28.4084	6.6534	6.6608	0.7780	51.0783	1.0016	1.0008	0.9992	1.1734
28.5629	6.6534	6.6970	0.7831	51.5459	1.0006	1.0003	0.9954	1.1684
28.2310	6.6560	6.6166	0.7785	51.1214	0.9983	0.9991	0.9946	1.1611
27.9423	6.6593	6.5457	0.7652	49.9247	0.9458	0.9725	0.9616	1.0859
24.0004	6.6619	5.6201	0.6455	40.2054	0.8718	0.9337	0.9255	0.9383
12.0062	6.4988	2.8820	0.2863	16.6350	0.8065	0.8981	1.1075	0.9332
8.6760	6.4893	2.0857	0.0920	5.2793	0.9534	0.9764	1.2738	1.1607

Perhitungan Gelombang Pecah
 Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara H'_0/gT^2 .

Tentukan nilai H'_0 dan H_b

Dik : $H_0 = 1,1734$ m
 $T_0 = 4.2650$ detik
 $H = 1,1684$ m
 $K_s = 0,9954$
 $d/L_0 = 0,70$

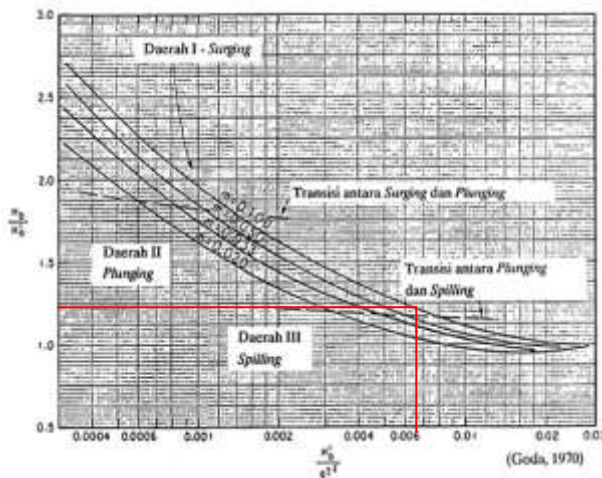
maka

$$H'_0 = H_0/K_s = 1,1734/0,9954 = 1,1787$$

$$H'_0/gT^2 = 1,1787/9.81 \times (4.2650)^2 = 0,0066$$

Nilai H_b didapat dari hasil plot antara nilai H'_0/gT^2 dan kemiringan pantai (m) pada grafik "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah, Bambang Triatmodjo, 'Teknik Pantai'".

Plot pada grafik untuk : $H'_0/gT^2 = 0,0066$ dan $m = 0,100$



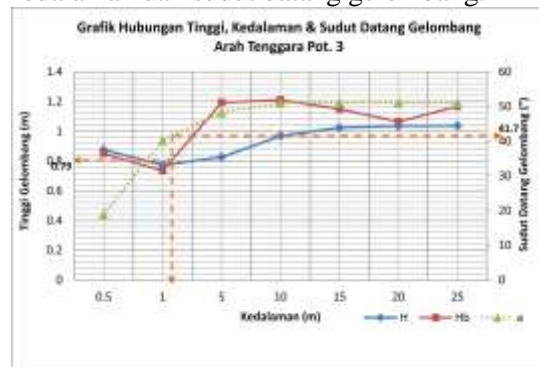
Gambar 6. Grafik penentuan tinggi gelombang pecah.

Selanjutnya dapat dilihat di tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan gelombang pecah Untuk Potongan 3 arah tenggara

H'o	Ho'/gT2	m	Hb/Ho'	Hb
1.1742	0.0066	0.100	1.250	1.4677
1.1787	0.0066	0.100	1.250	1.4734
1.1746	0.0066	0.100	1.250	1.4683
1.2075	0.0068	0.100	1.230	1.4852
1.1733	0.0066	0.065	1.150	1.3493
0.8472	0.0050	0.071	1.250	1.0590
0.7327	0.0043	0.100	1.257	0.9210

Selanjutnya dibuat grafik hubungan tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang.



Gambar 7. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman & Sudut Datang Gelombang Arah Tenggara Pot. 3

Sumber : Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman Dan Sudut Datang Gelombang Untuk Potongan 3 arah tenggara

Berdasarkan grafik hubungan tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang di potongan 3 maka diperoleh :

Gelombang pecah pada kedalaman = 1,23 m

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa transformasi gelombang terhadap pantai Indah di Kelurahan Pohe Kota Gorontalo dengan menggunakan data angin 10 tahun (masa lalu) diperoleh :

- Tinggi Gelombang Pecah Maksimum (Hb) : 1,4854 m**
- Gelombang Pecah pada Kedalaman (Db) : 1,5 m**
- Pada jarak 20 m dari garis pantai**

Berdasarkan hasil analisa di atas, gelombang yang terjadi di pantai Indah di Kelurahan Pohe Kota Gorontalo dapat merusak pantai tersebut dan dapat

mengakibatkan erosi dan abrasi yang disebabkan oleh pelepasan energi dari gelombang pecah, yang jaraknya 20 m dari garis pantai. Gelombang tinggi juga biasa terjadi pada bulan agustus dan September. Gelombang tersebut dapat merusak pantai. Selain itu dampaknya adalah kerusakan pemukiman warga serta infrastruktur jalan di pesisir pantai.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan pergerakan dari sedimen, bangkitan arus dan juga pelepasan energi yang terjadi di Pantai Indah di Kelurahan Pohe Kota Gorontalo, agar diketahui apakah perlu ada bangunan pengaman pantai atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington. Hal.11,12,15,17,,20,21,
- Danial,M,M. 2008. *RekayasaPantai*.Alfabeta.Bandung. hal.12,13,26,
- Douglass, S dan Chen, J. 2004. *Overview of Coastal Engineering : Waves*. Coastal Transportation Engineering Research and Education Center, South Alabama University. USA. Hal.17
- <http://jun13-oseanografidanilmukelautan.blogspot.com/2011/01/gelombang-laut.html>.
- <http://heavy-stuff.com/Arah-angin-yang-dapat-membangkitkan-gelombang.html>.
- <http://robcrossinggeoblog.blogspot.com/Tipe-Gelombang-Pecah.html>.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta. Hal.6,7,18,22,24,
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta. Hal.19