

STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG PADA DAERAH PANTAI MATANI SATU

Isdina Fadila Umpel

Jeffry D. Mamoto, M. Ihsan Jasin

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: ladyafaila@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian telah dilakukan di perairan pantai Matani Satu, Tumpaan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik gelombang di perairan Matani Satu, Tumpaan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Berbagai kegiatan masyarakat terpusat di daerah pantai Matani Satu karena sebagian besar masyarakat yang tinggal di daerah ini bermata pencarian sebagai nelayan, sehingga penggunaan lahan untuk pemukiman penduduk semakin menyebar sampai pada kawasan yang dekat dengan garis pantai. Kondisi ini mengancam penduduk yang bermukim di sekitar pantai karena pada bulan-bulan tertentu sering terjadi gelombang besar yang dapat merusak pemukiman dan infrastruktur yang berada dekat dengan pantai. Oleh karena itu diperlukannya penelitian mengenai karakteristik gelombang untuk pengamanan daerah pesisir pantai Matani Satu ini.

Penelitian terhadap lokasi studi ini dimulai dengan survey ke lokasi studi, kemudian mengumpulkan data-data seperti peta lokasi pantai Matani Satu dan data angin selama 10 tahun dari BMKG yang selanjutnya akan digunakan dalam peramalan tinggi dan periode gelombang signifikan yang terjadi di daerah Pantai Matani Satu.

Dari hasil perhitungan tinggi dan periode gelombang, dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Desember 2003 diperoleh menggunakan Metode Hind Casting adalah $H = 1.2770$ m dan $T = 4.5279$ det. Tinjauan arah gelombang dominan untuk lokasi ini adalah arah barat. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.9505 sampai 1.1485 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0.8980 sampai 1.5405. Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 1.0799 m sampai 1.8003 m dengan kedalaman 0.5 m sampai 25 m.

Kata kunci: *Pantai Matani Satu, Karakteristik gelombang, Refraksi, Shoaling, Gelombang Pecah.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pantai Matani Satu merupakan bagian dari pantai Utara Sulawesi yang terletak di Desa Matani Satu, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Secara Geografis terletak pada koordinat $1^{\circ}14'20.62''$ LU - $124^{\circ}37'03.00''$ BT, dengan batas-batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara, Desa Lelema
- Sebelah Timur, Desa Rumoong Atas
- Sebelah Selatan, Desa Tumpaan
- Sebelah Barat, Teluk Amurang

Pada bulan-bulan tertentu tinggi gelombang cukup besar pada daerah pantai Matani Satu. Serangan gelombang laut tersebut menyebabkan kemunduran garis pantai yang berkelanjutan setiap tahun sehingga pemukiman yang berada di pesisir pantai ikut terkena dampak seperti air pasang gelombang yang mengancam pemukiman warga dan infrastruktur jalan. Sehubungan dengan kondisi tersebut maka diperlukan suatu

informasi atau pengetahuan mengenai karakteristik gelombang yang terjadi pada daerah pantai Matani Satu. Sehingga diharapkan nantinya pengetahuan mengenai karakteristik gelombang ini dapat dipergunakan untuk penelitian pantai yang lebih lanjut. Agar pantai Matani dapat menjadi pantai yang lebih stabil dan terhindarnya infrastruktur jalan dan permukiman yang berada dekat dengan pesisir pantai matani dari ancaman erosi maupun gelombang.

Rumusan Masalah

Mundurnya garis pantai pada Pantai Matani Satu akibat gelombang yang mengancam pemukiman warga dan infrastruktur jalan yang berada di pesisir pantai sehingga diperlukan suatu informasi atau pengetahuan mengenai karakteristik gelombang yang dapat digunakan untuk penanganan mundurnya garis pantai matani satu lebih lanjut.

Batasan Masalah

Pada penelitian ini masalah dibatasi pada :

1. Lokasi tinjauan adalah lokasi Pantai Matani Satu Kecamatan Tombasian Kabupaten Minahasa Selatan. Daerah penelitian pada pantai sepanjang 100 m dibatasi pada posisi koordinat antara lain :
Titik x1 = 1°15'12.17"LU dan 124°36'42.64"BT
Titik x2 = 1°15'9.17"LU dan 124°36'43.87"BT.
2. Karakteristik gelombang yang ditinjau adalah tinggi gelombang, periode gelombang, refraksi gelombang, *shoaling* dan gelombang pecah.
3. Tinggi gelombang dan periode gelombang dihitung dengan selang waktu 10 tahun.
4. Anggapan gelombang yang digunakan adalah jenis gelombang linear.
5. Studi hanya untuk mengetahui karakteristik gelombang.

Tujuan Penelitian.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan ini adalah memperoleh karakteristik gelombang berupa tinggi gelombang, periode gelombang, gelombang pecah, proses refraksi dan transformasi gelombang pada pantai matani satu.

Manfaat Penelitian

Sumbangan pemikiran bagi khasanah ilmu pengetahuan dalam mengkaji atau meneliti lebih lanjut tentang gelombang dan upaya penanggulangan kemunduran garis pantai.

LANDASAN TEORI

Gelombang

Gelombang adalah setiap perubahan bentuk permukaan air yang disebabkan oleh gaya dari luar dan diimbangi oleh gaya gravitasi & gaya akibat tegangan permukaan. (Nur Yuwono, Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai)

Secara umum gelombang dapat dibedakan menjadi 2 (dua) bagian yaitu :

- a. Gelombang Pendek (*wave of short period*), yaitu gelombang dengan periode kurang dari 5 menit. Gelombang pendek sering dikenal sebagai ombak dan dapat diakibatkan oleh angin, gempa dan gerakan kapal.
- b. Gelombang Panjang (*long wave*), yaitu gelombang dengan periode beberapa jam. Gelombang panjang sering dikenal dengan pasang surut yang terjadi akibat gaya tarik menarik antara bumi dengan benda-benda ruang angkasa terutama bulan dan matahari.

Hindcasting Gelombang

Peramalan gelombang disebut juga *Hindcasting* gelombang jika didasarkan pada kondisi meteorologi masa lalu dan *Forecasting* gelombang jika didasarkan pada kondisi perkiraan pengukuran gelombang. *Hindcasting* gelombang akan menghasilkan perkiraan tinggi (H) dan periode (T) gelombang akibat adanya angin dengan besar, arah, dan durasi tertentu. (B.Triatmodjo.Teknik Pantai)

Fetch

Fetch adalah daerah pembangkitan gelombang. Di dalam pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Daerah permukaan air tempat awal terjadinya gelombang disebut *generating area* dan jarak dari titik terdepan sampai titik yang paling belakang dari *generating area* adalah panjang *fetch*. (Nur Yuwono, Teknik Pantai Volume). Arah *fetch* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

dimana :

- F_{eff} : *Fetch* efektif
- F : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*.
- α : Sudut Deviasi 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

Wind stress factor dihitung dari kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 meter di atas permukaan. Bila data angin diukur tidak dalam ketinggian ini, koreksi dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini (persamaan ini dapat dipakai untuk y < 20 m :

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

Dimana :

U₍₁₀₎= Kecepatan angin pada ketinggian 10 m.

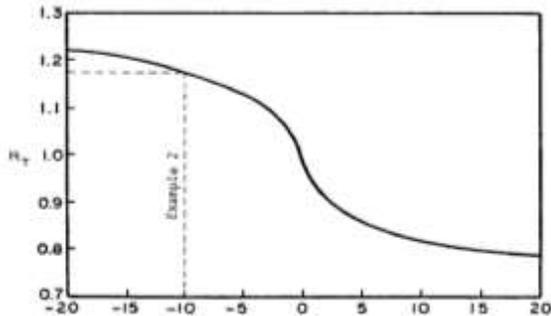
Y = Ketinggian pengukuran angin (y < 20m)

❖ Koreksi Stabilitas

Koreksi stabilitas ini berkaitan dengan perbedaan temperatur udara tempat bertiupnya angin dan air laut tempat terbentuknya gelombang. 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)

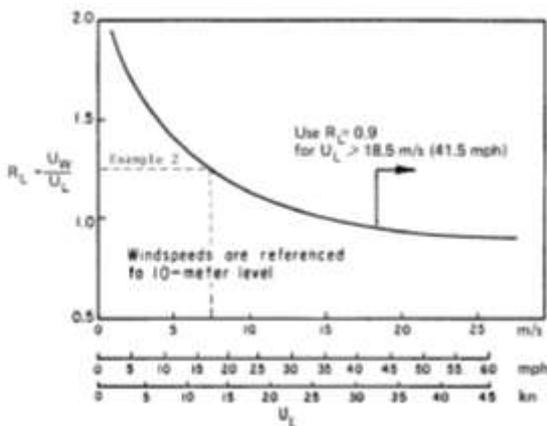


Gambar 1. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat. (SPM' 84)

❖ Koreksi Lokasi Pengamatan

Jika data angin yang dimiliki adalah data angin pengukuran di darat, perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan di laut (Triatmodjo 1999) 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:

$$U = R_T \times R_L$$



Gambar 2. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat (SPM'84)

Pembentukan Gelombang di Laut Dalam

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

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

Open Water

$$t_{fetch} = 68.8 \frac{F^{\frac{2}{3}}}{g^{\frac{1}{3}} U_A^{\frac{2}{3}}} \dots \dots \dots (5)$$

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

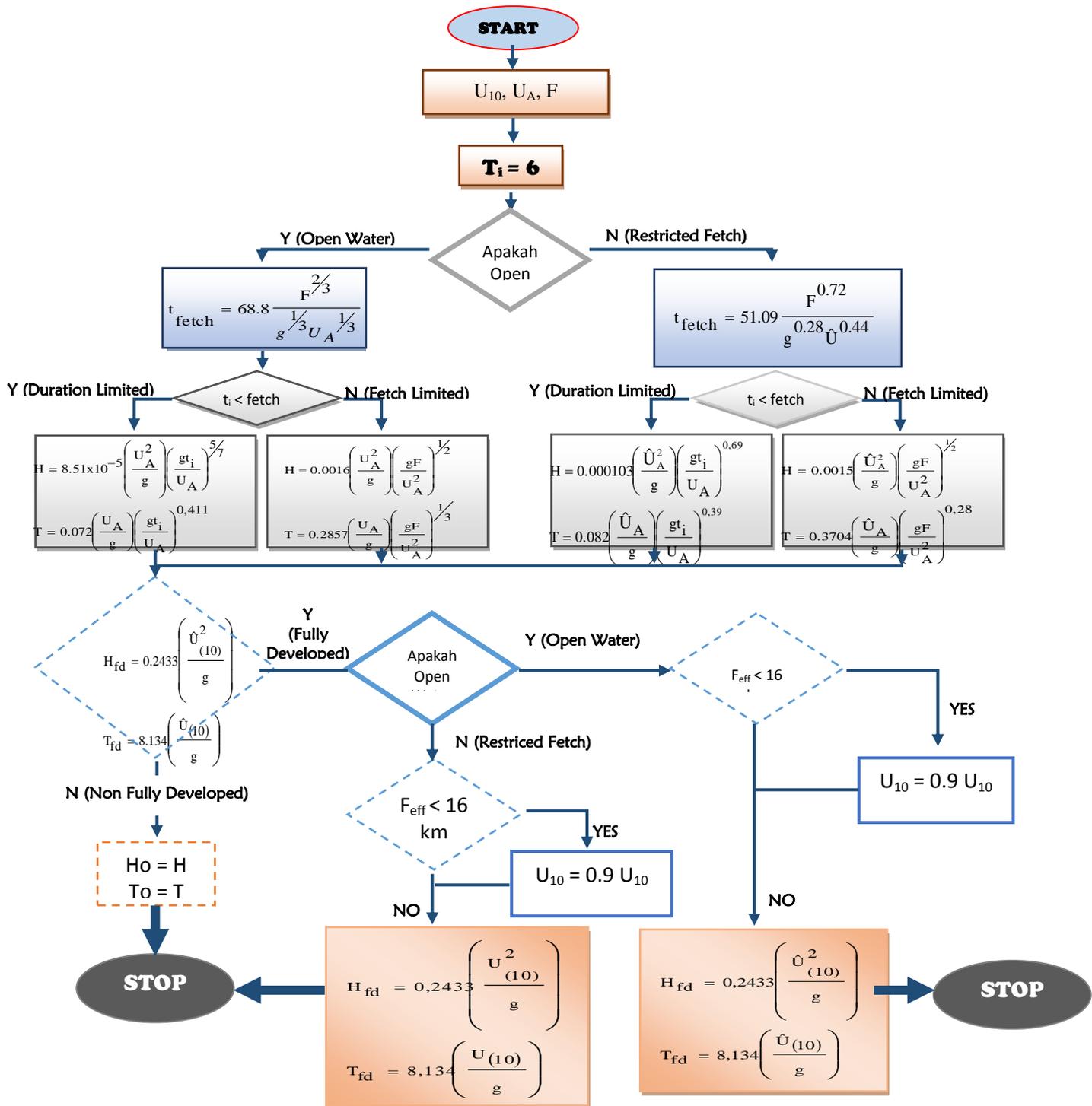
$$H = 0.000103 \left(\frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{0.69} \dots \dots \dots (11)$$

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

Fetch Limited

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

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



Gambar 3 Bagan Alir Hindcasting Gelombang
 Sumber : SPM' 84

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

Kondisi gelombang *fully developed* apabila memenuhi 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 :

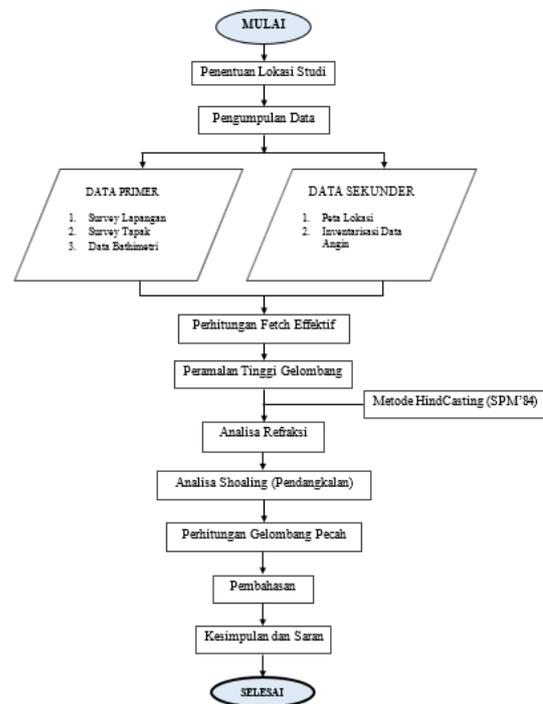
$$H_o = H \dots\dots\dots (24)$$

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

Koefisien pendangkalan K_s merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air. *Shoaling* terjadi jika suatu gelombang menuju perairan dangkal maka akan terjadi perubahan karakteristik bentuk gelombang yang meliputi tinggi, panjang, dan kecepatan gelombang

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

METODOLOGI PENELITIAN



Tahapan Pelaksanaan Studi

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Pengolahan Data Fetch

Berikut langkah-langkah penentuan fetch efektif dengan menggunakan aplikasi microsoft encarta dan autocad.

1. Gunakan peta berskala daerah perairan pantai Matani Satu Kabupaten Minahasa Selatan yang diambil dari software Microsoft Encarta 2009.
2. Import peta berskala daerah perairan pantai Matani Satu tersebut pada software Autocad.
3. Tinjau lokasi studi pada peta tersebut dan tentukan arah angin utamanya. Garis arah angin utama tersebut sebagai central radial.

Deformasi Gelombang

Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang adalah pembelokan arah gelombang yang menyesuaikan kontur kedalaman yang disebabkan oleh perubahan kecepatan rambat gelombang. Ini biasa terjadi apabila gelombang yang datang dari perairan dalam ke perairan dangkal membentuk sudut dengan garis kontur kedalaman.

Koefisien refraksi adalah :

$$Kr = \sqrt{\frac{b_o}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha_1}} \dots\dots\dots (26)$$

Pendangkalan Gelombang (Wave Shoaling)

4. Buatlah sudut – sudut sebesar 5° sampai 20° dari garis central radial ke bagian kiri dan kanan dengan terpusat pada lokasi peninjauan.
5. Garis sudut tersebut hingga menyentuh daratan dan pulau yang berada di depan lokasi tinjauan.
6. Ukur panjang garis lurus tersebut berdasarkan skala peta yang ada, sehingga panjang garis lurus ini adalah panjang fetch yang dimaksud.
7. Input panjang garis lurus yang telah diukur beserta besaran sudut yang didapat dalam rumus fetch efektif.



Gambar 4. Fetch Barat Laut, Barat, Barat Daya, Selatan

Sumber : microsoft encarta

Perhitungan Fetch :

Arah Barat :

- Panjang garis fetch untuk arah 0° adalah 46 dengan skala 20.95 : 100 mil atau 1 : 4.773 mil
Untuk mendapatkan jarak sebenarnya maka dilakukan perhitungan jarak sebenarnya.
Jarak sebenarnya = Jarak pada peta × skala
= (46 / 1) × 4.773 mil
= 219.57 mil = 353.364 km
- Nilai dari cosinus 0° adalah 1, sehingga :
Fcos (α) = 353.364 × 1
= 353.364 km

Dengan mengetahui panjang fetch didapat Feff

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = 439.223 \text{ km}$$

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

Pengolahan Data Angin

Data angin dalam studi ini diperlukan sebagai masukan dalam peramalan gelombang. Untuk mendapatkan data arah dan kecepatan angin di perairan pantai Matani Satu, didapat dari stasiun pengukuran angin milik Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Winangun

dengan stasiun pengamatan di Tondano selama sepuluh tahun yaitu dari tahun 2004 sampai tahun 2013.

Kecepatan angin diukur dengan anemometer dan dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1.852 km/jam = 0.515 m/d.

Tabel 1. Perhitungan Panjang Fetch Untuk Delapan Arah Mata Angin

Arah	Sudut terhadap arah utama (α°)	Fetch (mil)	Fetch (km)	Cos (α)	Fetch cos (α)	Fetch eff (km)
Utama	-20	0	0	0.940	0	0.000
	-15	0	0	0.966	0	
	-10	0	0	0.985	0	
	-5	0	0	0.996	0	
	0	0	0	1.000	0	
	5	0	0	0.996	0	
	10	0	0	0.985	0	
	15	0	0	0.966	0	
Tenggara	-20	0	0	0.940	0	0.730
	-15	0	0	0.966	0	
	-10	0	0	0.985	0	
	-5	0	0	0.996	0	
	0	0	0	1.000	0	
	5	0	0	0.996	0	
	10	1.034	1.664	0.985	1.639	
	15	1.125	1.811	0.966	1.749	
Selatan	-20	2.694	4.336	0.940	4.075	8.330
	-15	5.169	8.319	0.966	8.036	
	-10	5.959	9.590	0.985	9.446	
	-5	5.604	9.019	0.996	8.983	
	0	5.548	8.929	1.000	8.929	
	5	5.451	8.773	0.996	8.737	
	10	5.364	8.633	0.985	8.503	
	15	5.299	8.528	0.966	8.238	
Barat Daya	-20	12.434	20.011	0.940	18.810	439.223
	-15	14.799	23.817	0.966	23.007	
	-10	112.744	181.444	0.985	178.722	
	-5	168.400	271.014	0.996	269.929	
	0	219.570	353.364	1.000	353.364	
	5	460.954	741.834	0.996	738.866	
	10	461.431	742.601	0.985	731.462	
	15	500.763	805.900	0.966	778.499	
Barat	-20	503.102	809.664	0.940	761.084	3.437
	-15	4.183	6.732	0.940	6.328	
	-10	3.815	6.140	0.966	5.931	
	-5	3.719	5.985	0.985	5.895	
	0	2.202	3.544	0.996	3.530	
	5	1.832	2.948	1.000	2.948	
	10	1.527	2.457	0.996	2.448	
	15	1.097	1.765	0.985	1.739	
Barat Laut	-20	0.861	1.386	0.966	1.339	0
	-15	0	0	0.940	0	

Tabel 1. lanjutan

Arah	Sudut terhadap arah utama (α°)	Fetch (mil)	Fetch (km)	Cos (α)	Fetch cos (α)	Fetch eff (km)
Utama	-20	0	0	0.940	0	0.000
	-15	0	0	0.966	0	
	-10	0	0	0.985	0	
	-5	0	0	0.996	0	
	0	0	0	1.000	0	
	5	0	0	0.996	0	
	10	0	0	0.985	0	
Utara	15	0	0	0.966	0	0.000
	20	0	0	0.940	0	
	-20	0	0	0.940	0	
	-15	0	0	0.966	0	
	-10	0	0	0.985	0	
	-5	0	0	0.996	0	
	0	0	0	1.000	0	
Timur Laut	5	0	0	0.996	0	0.000
	10	0	0	0.985	0	
	15	0	0	0.966	0	
	20	0	0	0.940	0	
	-20	0	0	0.940	0	
	-15	0	0	0.966	0	
	-10	0	0	0.985	0	
Timur	-5	0	0	0.996	0	0.000
	0	0	0	1.000	0	
	5	0	0	0.996	0	
	10	0	0	0.985	0	
	15	0	0	0.966	0	
	20	0	0	0.940	0	

Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Data angin memerlukan koreksi terhadap elevasi, stabilitas, dan efek lokasi untuk mendapatkan faktor tegangan angin (U_A).

- Koreksi Terhadap Elevasi

Data angin diambil dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Winangun yang diukur +18m dari muka air laut.

$$U_{10} = 3,2 \left(\frac{10}{18} \right)^{1/2} = 2.96 \text{ m/det}$$

- Koreksi Terhadap Stabilitas Dan Efek Lokasi

Karena tidak ada data perbedaan rata-rata suhu udara dan air laut, maka diambil R_T = 1.1, sedangkan nilai R_L bervariasi sesuai dengan kecepatan angin.

$$U_A = 1.1 \times 1.59 \times 2.96 = 5.18 \text{ m/det}$$

Perhitungan Faktor Tegangan Angin Pada Bulan Desember 2013 dapat dilihat di tabel 3.

Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang

Hindcasting gelombang dihitung berdasarkan data angin maksimum harian selama 10 tahun. Dari hasil perhitungani disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan dari tahun 2003 s/d 2013. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan data maksimum.

Tabel 2. Data Kecepatan Dan Arah Angin Pada Tahun 2013

Tgl	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni							
	Kecepatan knot/midet	Arah																
1	14	07	U	10	05	U	32	16	U	09	05	U	12	06	S	11	06	U
2	33	17	U	26	13	U	29	15	U	13	06	B	08	04	S	01	01	U
3	38	20	B	08	04	U	40	21	U	03	01	U	11	06	S	08	04	U
4	44	23	B	16	08	U	37	19	U	13	06	S	10	05	TG	16	08	U
5	39	20	U	10	05	U	50	26	U	09	05	S	11	06	T	19	10	U
6	45	23	B	16	08	U	33	17	U	07	03	U	13	07	S	05	03	U
7	83	42	B	04	02	U	28	14	B	03	01	U	13	07	TG	06	03	S
8	68	35	U	11	06	U	27	14	B	04	02	U	14	07	U	15	08	S
9	77	40	U	26	13	U	31	16	B	20	11	B	03	02	U	05	03	BD
10	63	32	B	11	06	U	22	11	B	11	06	U	08	04	U	05	03	U
11	44	23	B	36	19	U	08	04	U	14	07	U	10	05	S	02	01	S
12	13	07	BL	12	06	U	15	08	U	20	10	U	08	04	U	06	03	U
13	22	11	B	13	07	U	18	09	U	14	07	U	15	08	U	25	13	B
14	27	14	B	12	06	U	15	08	U	24	12	U	12	06	U	10	05	B
15	46	24	B	18	09	U	20	10	U	11	06	B	16	08	U	09	05	B
16	43	22	B	26	13	U	23	12	U	14	07	U	11	06	S	11	06	S
17	33	17	B	15	08	U	04	02	U	03	01	TG	10	05	S	13	07	U
18	35	18	U	68	35	B	05	03	U	05	02	U	10	05	S	11	06	S
19	26	13	U	48	25	B	09	05	U	12	06	S	02	01	S	10	05	S
20	15	08	U	20	10	B	12	06	U	14	07	S	13	07	U	01	01	S
21	13	07	B	36	19	B	15	08	U	08	04	S	05	03	TG	09	05	S
22	18	09	U	15	08	B	09	05	U	03	01	S	17	09	U	09	05	U
23	25	13	U	29	15	U	09	05	U	03	01	U	06	03	U	07	04	S
24	25	13	B	11	06	U	01	01	U	03	02	S	09	05	U	13	07	U
25	20	11	B	28	14	U	10	05	U	13	07	B	08	04	U	05	03	U
26	32	17	B	44	23	U	13	07	U	12	06	U	10	05	U	14	07	B
27	30	15	B	28	14	U	23	12	U	05	03	S	05	03	U	13	07	U
28	63	32	B	28	14	U	12	06	U	03	02	S	08	04	U	24	12	B
29	46	24	B				19	10	U	03	02	S	12	06	B	16	08	S
30	23	12	B				18	09	U	15	08	S	09	05	B	08	04	S
31	15	08	U				16	08	U				06	03	U			

Tabel 3. Perhitungan Faktor Tegangan Angin Pada Bulan Desember 2013

Tanggal	Arah	Uz	$U_{z,10} \left(\frac{10}{z} \right)$	Rz	$U_A = R_z \cdot R_{Lz} \cdot U_{z,10}$
1	U	0.4	0.33	2.00	0.73
2	TG	0.4	0.38	2.00	0.83
3	T	0.5	0.43	2.00	0.94
4	U	0.3	0.28	2.00	0.62
5	B	0.5	0.43	2.00	0.94
6	B	0.3	0.28	2.00	0.62
7	U	0.7	0.66	2.00	1.46
8	U	0.7	0.62	2.00	1.35
9	U	0.8	0.76	2.00	1.67
10	U	0.6	0.57	2.00	1.25
11	U	0.6	0.57	2.00	1.25
12	U	0.6	0.52	2.00	1.15
13	U	0.7	0.62	2.00	1.35
14	U	0.8	0.71	2.00	1.56
15	U	0.7	0.62	2.00	1.35
16	B	1.4	1.33	1.86	2.71
17	U	1.4	1.26	1.86	2.59
18	B	1.3	1.18	1.88	2.45
19	B	1.0	0.93	1.95	1.99
20	B	1.9	1.76	1.74	3.36
21	U	1.6	1.50	1.84	3.04
22	U	1.0	0.95	1.95	2.03
23	U	0.9	0.87	2.00	1.91
24	B	1.8	1.62	1.80	3.21
25	B	1.9	1.74	1.74	3.33
26	B	2.9	2.62	1.63	4.70
27	B	3.2	2.96	1.59	5.18
28	B	0.9	0.85	2.00	1.86
29	U	0.5	0.47	2.00	1.04
30	U	0.9	0.85	2.00	1.86
31	U	0.7	0.63	2.00	1.39

Tabel 4. Tabel rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing – masing fetch berdasarkan Hindcasting Gelombang tahun 2003 – 2013.

No.	Bulan	BMT	Arah Datang Gelombang					Max Yap Bulan		
			U	BC	B	BD	S	Arah	H-T	
1	Januari	H (m)	0.0000	0.0057	0.8582	0.0000	0.0000	B	0.8582	
		T (dat)	0.0000	0.2295	1.7629	0.0000	0.0000			1.7629
		H (m)	0.0000	0.0000	0.7315	0.0000	0.0000			0.7315
2	Februari	T (dat)	0.0000	0.0000	3.4932	0.0000	0.0000	B	5.4932	
		H (m)	0.0000	0.0009	1.2770	0.0000	0.0000			1.2770
		T (dat)	0.0000	0.1029	4.5279	0.0000	0.0000			4.5279
3	Maret	H (m)	0.0000	0.0000	0.9959	0.0000	0.2644	B	0.9959	
		T (dat)	0.0000	0.0000	3.4417	0.0000	2.1749			3.4417
		H (m)	0.0000	0.0000	0.9432	0.0050	0.0025			0.9432
4	April	T (dat)	0.0000	0.0000	3.0432	0.2272	0.1463	B	3.0432	
		H (m)	0.0000	0.0045	0.1605	0.0040	0.0038			0.1605
		T (dat)	0.0000	0.2038	1.7231	0.0000	0.1745			1.7231
5	Mei	H (m)	0.0000	0.0000	0.2069	0.0040	0.0038	BD	0.2069	
		T (dat)	0.0000	0.0000	1.9399	0.2067	0.1745			1.9399
		H (m)	0.0000	0.0000	0.1415	0.0000	0.0055			0.1415
6	Juni	T (dat)	0.0000	0.0000	1.6754	0.0000	0.2059	B	1.6754	
		H (m)	0.0000	0.0000	0.1224	0.0055	0.0036			0.1224
		T (dat)	0.0000	0.0000	1.5195	0.2371	0.1708			1.5195
7	Juli	H (m)	0.0000	0.0000	0.2644	0.0000	0.1592	B	0.2644	
		T (dat)	0.0000	0.0000	2.1749	0.0000	1.7173			2.1749
		H (m)	0.0000	0.0000	0.9432	0.0000	0.0012			0.9432
8	Agustus	T (dat)	0.0000	0.0000	3.0432	0.0000	0.1049	B	3.0432	
		H (m)	0.0000	0.0000	1.2770	0.0000	0.0004			1.2770
		T (dat)	0.0000	0.0000	4.5279	0.0000	0.0667			4.5279
9	September	H (m)	0.0000	0.0057	1.2770	0.0055	0.2644	B	1.2770	
		T (dat)	0.0000	0.2295	4.5279	0.2371	2.1749			4.5279
		H (m)	0.0000	0.0000	0.7315	0.0000	0.0000			0.7315

Dari hasil tabel rekapitulasi di atas berdasarkan metode SMB dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum berasal dari arah barat pada bulan Maret dan Desember. Sedangkan untuk arah barat laut, barat daya, dan selatan, parameter gelombang yang terbentuk lebih kecil.

Hal ini disebabkan gelombang dari arah barat mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar dan juga perbedaan faktor yang mempengaruhi pembangkitan gelombang seperti kecepatan angin, durasi, arah angin, dan fetch. Peramalan gelombang dari data angin maksimum harian akan menghasilkan tinggi dan periode gelombang ekstrim yang maksimum pula. Gelombang maksimum ini dapat digunakan dalam perencanaan bangunan pantai. Akan tetapi gelombang-gelombang ekstrim ini tidak terjadi setiap hari sehingga tidak dapat dianggap sebagai pola yang mewakili gelombang pantai.

Analisa Transformasi Gelombang

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan koefisien refraksi:

- Tentukan sudut datang gelombang (α)
Sudut datang gelombang (α) = 45°
- Tentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan.
- Kedalaman diambil mulai dari -25 m sampai -0.1 m, dengan metode pengukuran dilapangan titik 0.0 atau dasar pengukuran dengan mengambil SWL atau elevasi saat tinggi muka air tenang di pesisir atau kondisi normal dengan pengamatan langsung, karena tidak ada BM (Bench Mark) atau patok acuan dalam pengukuran.
- Tentukan tinggi dan periode gelombang rencana (yang paling maksimum dari arah tinjauan)

Berikut 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. Grafik Hubungan Tinggi Dengan Periode Gelombang



Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan :

$$y = -3.4392x^2 + 7.361x + 0.2828$$

Untuk arah Barat Potongan 1 :

$$H_o = 1.2770$$

$$T_o = -3.4392 H_o^2 + 7.361 H_o + 0.2828 = 4.0744$$

- Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus :

$$L_o = 1.56T_o^2$$

dimana :

L_o = Panjang gelombang laut dalam

T = Periode gelombang laut dalam

$$L_o = 1.56 \times 4.0744^2 = 25.8966 \text{ m}$$

- Hitung nilai α

$$d/L_o = 25/25.8966$$

$$= 0.97$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/L = 0.97

Tabel 5. Pembacaan Nilai d/L dan n

Sumber : Triatmodjo, 1999

Untuk $d/L_o = 0.97$ (ditabel lihat yang diberikan kotak biru). didapat nilai $d/L = 0.97001$

$$\text{Maka } L = 25/0.97001 = 25.7729 \text{ m}$$

Cepat rambat gelombang :

$$C_o = L_o/T = 6.3560 \text{ m/det}$$

$$C = L/T = 6.3256 \text{ m/det}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_o} \times \sin \alpha = 0.7037$$

$$\alpha = 44.7246^\circ$$

- Tentukan nilai koefisien Refraksi (K_r)

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

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 44.7246}}$$

$$K_r = 0.9976$$

Analisis berikutnya dibuat pada tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Refraksi Untuk Potongan 1 Arah Barat

a_o	d	H_o	T	L_o	d/ L_o	d/L
45	25	1.2770	4.0744	25.8966	0.97	0.97001
44.7246	20	1.2769	4.0745	25.8988	0.77	0.77009
44.8861	15	1.2761	4.0756	25.9125	0.58	0.57087
45.692	10	1.2694	4.0850	26.0326	0.38	0.37657
46.8863	5	1.2207	4.1436	26.7841	0.19	0.20833
40.8514	1	1.0420	4.2188	27.7652	0.04	0.08329
16.4273	0.5	1.0378	4.2179	27.7538	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 6. Lanjutan

L	C_o	C	$\sin \alpha$	A	$\cos \alpha_o / \cos \alpha$	K_r
25.7729	6.3560	6.3256	0.7037	44.7246	0.9952	0.9976
25.9710	6.3563	6.3740	0.7057	44.8861	1.0028	1.0014
26.2757	6.3579	6.4471	0.7156	45.6923	1.0143	1.0071
26.5555	6.3727	6.5007	0.7300	46.8863	1.0220	1.0110
24.0004	6.4640	5.7922	0.6541	40.8514	0.9035	0.9505
12.0062	6.5813	2.8459	0.2828	16.4273	0.7886	0.8880
8.6760	6.5800	2.0569	0.0884	5.0715	0.9629	0.9813

Perhitungan Koefisien Shoaling

Koefisien pendangkalan :

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}}$$

Dimana: n_o = (dilaut dalam) 0.5 ; L_o = 25.8966 m

Dari tabel perhitungan shoaling untuk nilai $d/L_o = 0.97$ diperoleh nilai $n = 0.5001$

$$K_s = \sqrt{\frac{0.5 \times 25.8966}{0.5001 \times 25.7729}}$$

$$K_s = 1.0023$$

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

$$H = H_o \cdot K_r \cdot K_s = 1.2769$$

Selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan *Shoaling* Untuk Potongan 1 Arah Barat

Lo	d/Lo	d/L	L	Kr	Ks	H
25.8966	0.97	0.97001	25.7729	0.9976	1.0023	1.2769
25.8988	0.77	0.77009	25.9710	1.0014	0.9980	1.2761
25.9125	0.58	0.57087	26.2757	1.0071	0.9876	1.2694
26.0326	0.38	0.37657	26.5555	1.0110	0.9512	1.2207
26.7841	0.19	0.20833	24.0004	0.9505	0.8980	1.0420
27.7652	0.04	0.08329	12.0062	0.8880	1.1216	1.0378
27.7538	0.02	0.05763	8.6760	0.9813	1.2916	1.3153

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

Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara $H'o/gT^2$.

➤ Tentukan nilai $H'o$ dan H_b

Dik : $H_o = 1.2770$ m
 $T_o = 4.0744$ detik
 $H = 1.2769$ m
 $K_s = 1.0023$
 $d/Lo = 0.97$

maka

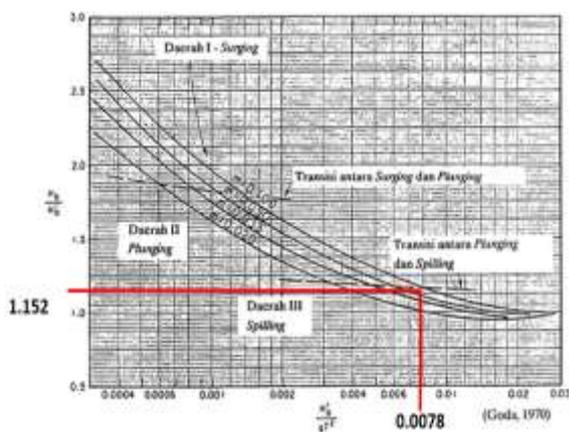
$$H'o = H_o/K_s = 1.2741$$

$$H'o/gT^2 = 1.2741/9.81 \times 4.0744^2 = 0.0078$$

Nilai H_b kemudian didapat dari hasil plot antara nilai $H'o/gT^2$ dan kemiringan pantai (m) pada grafik "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah, (Triatmodjo, 1999).

Plot pada grafik untuk :
 $H'o/gT^2 = 0.0078$ dan $m = 0.0850$

Gambar 6. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah



Sumber : Triatmodjo (1999)

$$H_b/H'o = 1.152$$

$$H_b = (H_b/H'o) \times H'o = 1.152 \times 1.2756 = 1.4678$$

Selanjutnya dapat dilihat di tabel 7.

H'o	$H'o/gT^2$	m	$H_b/H'o'$	H_b
1.2741	0.0078	0.0850	1.152	1.4678
1.2794	0.0079	0.0752	1.147	1.4675
1.2921	0.0079	0.0704	1.144	1.4782
1.3344	0.0082	0.0645	1.141	1.5226
1.3594	0.0081	0.0833	1.150	1.5633
0.9290	0.0053	0.1429	1.347	1.2514
0.8035	0.0046	0.1250	1.344	1.0799

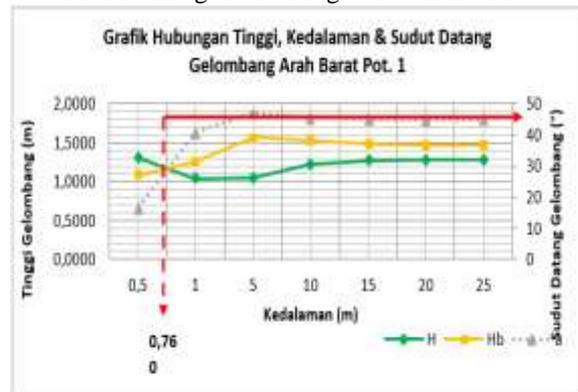
Sumber : Hasil Perhitungan

Ket : - Untuk tabel berwarna biru, nilai tersebut didapat secara manual dengan grafik.

-Untuk tabel m (kedalaman) , dipakai data kedalaman dan panjang untuk 1m-25m

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

Gambar 7. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman & Sudut Datang Gelombang Arah Barat Pot. 1



Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan grafik hubungan tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang arah barat pada potongan 1 maka diperoleh : Gelombang pecah pada kedalaman = 0.76 m

Tipe Gelombang Pecah

Tipe gelombang pecah ditentukan dengan parameter similaritas pantai :

$$\xi_o = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_o}{L_o}}} = \frac{\tan 0,0850}{\sqrt{\frac{1,2770}{25,8966}}} = 0,00668$$

Kontrol ➔ $0 < \xi_o = 0,00668 < 0.5$

jadi tipe gelombang pecah berdasarkan parameter similaritas pantai adalah tipe Spilling.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Peramalan Gelombang

Berdasarkan hasil penggambaran dan perhitungan menggunakan metode SMB, pembentukan gelombang yang didapatkan berasal dari empat arah yaitu, barat, barat daya, barat laut, dan selatan. Dimana gelombang di perairan matani satu didominasi oleh gelombang arah barat dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Desember 2003 dengan tinggi 1.2770 m dan periode 4.5279 det.

2. Transformasi Gelombang

- Koefisien Refraksi dan Shoaling (Pendangkalan)
Dengan perhitungan menggunakan metode analitis diperoleh nilai koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.9505 sampai 1.1485 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0.8980 sampai 1.5405
- Gelombang Pecah berdasarkan perhitungan analitis
Tinggi gelombang pecah yang didapat dari hasil perhitungan setelah memperhitungkan refraksi dan shoaling berkisar pada 1.0799 m sampai 1.8003 m pada kedalaman 0.5 m sampai 25 m.

Berdasarkan analisa transformasi gelombang terhadap pantai Matani Satu dengan menggunakan data angin 10 tahun (masa lalu) diperoleh :

Tinggi Gelombang Pecah Maksimum
(Hb) = 1.8003 m

Gelombang Pecah pada Kedalaman
(Db) = 1.106 m

Pada jarak 49 m dari garis pantai

Berdasarkan hasil analisa di atas, gelombang yang terjadi di pantai Matani Satu dapat merusak pantai tersebut dan menyebabkan kemunduran garis pantai yang disebabkan oleh pelepasan energi dari gelombang pecah.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai perubahan garis pantai yang terjadi sehingga dapat diketahui stabilitas pantai. Untuk itu diperlukan pengetahuan mengenai pergerakan dari sedimen dan bangkitan arus yang terjadi di Pantai Matani Satu dengan memperhatikan arah datang gelombang yang telah diketahui sebelumnya. Dengan harapan resiko ancaman erosi terhadap pantai Matani Satu dapat diminimalisir dan pantai Matani Satu dapat menjadi pantai yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

Yuwono, Nur, 1982, *Teknik Pantai Volume I*, Yogyakarta.

Yuwono, Nur, 1991, *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Yogyakarta

Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta

Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.

Danial, M, M. 2008. *Rekayasa Pantai*. Alfabeta. Bandung

CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington

Douglass, S dan Chen, J. 2004. *Overview of Coastal Engineering : Waves*. Coastal Transportation Engineering Research and Education Center, South Alabama University. USA

Nalvian, 2005, *Kajian Kinerja Bangunan Pengaman Pantai Padang*, Kota Padang, Institut Teknologi Bandung

Sigit Purnomo 2005, *Kajian Penanggulangan Erosi Pantai Wisata di Tegal*, Institut Teknologi Bandung

<http://jun13-oseanografidanilmukelautan.blogspot.com/gelombang>

<http://adharikunae.blogspot.com>