

STUDI TRANSFORMASI GELOMBANG TERHADAP PERUBAHAN GARIS PANTAI BEO BARAT KABUPATEN KEPULAUAN TALAUD

Satria Putra Tawoeda

Hanjse.J Tawas, Fuad Halim

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: satriatawoeda@gmail.com

ABSTRAK

Pantai Beo Barat sangat memberi pengaruh besar sebagai penghubung antara kecamatan beo dan ibu kota kabupaten melonguane. Berdasarkan pengamatan di lapangan ternyata telah mengalami pengunduran garis pantai dan kerusakan pada daerah pesisir pantai. Hal ini diakibatkan oleh proses dinamika pantai seperti abrasi yang berdampak buruk terhadap keadaan keseimbangan sekitar pantai ini.. 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 analisis transformasi gelombang dan permodelan garis pantai yang terjadi di kawasan pantai Beo Barat. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 10 tahun dari stasiun BMG Maritim Bitung untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan.

Dari hasil perhitungan gelombang di perairan Beo Barat didominasi oleh gelombang arah Barat Daya dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Agustus 2005 dengan $H = 1.6747$ m dan $T = 4.9629$ det. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.8513 sampai 1.0004 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0.6453 sampai 1.5463. Tinggi gelombang yang didapat dari hasil perhitungan berkisar pada 0.2889 sampai 2.0315 m pada kedalaman 0.5 m sampai 25 m. Dari model perhitungan perubahan garis pantai, erosi terjadi dengan kisaran antara 2 – 5 m/tahun.

Kata kunci: *Pantai Beo Barat, karakteristik gelombang, refraksi, shoaling, gelombang pecah, garis pantai.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pantai adalah daerah pertemuan antara darat, laut dan udara dimana terjadi interaksi dinamis antara air, angin (atmosfer), dan material penyusun didalamnya. Hal ini menyebabkan pantai rentan terhadap kerusakan. Energi gelombang laut biasanya dibangkitkan oleh banyak hal, misalnya oleh angin, pasang-surut, arus, dll. Ketika gelombang datang menghantam pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang menyebabkan tinggi gelombang tidak menentu yang akhirnya gelombang tersebut pecah dan melepaskan energinya yang mengakibatkan daerah pesisir rentan terhadap perubahan bentuk.

Kabupaten Kepulauan Talaud adalah salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Utara. Terdapat tiga pulau utama di

Kabupaten Kepulauan Talaud, yaitu Pulau Karakelang, Pulau Salibabu, dan Pulau Kabaruan. Pulau Karakelang merupakan pulau terbesar dan dipulau ini terdapat kota melonguane yang merupakan ibu kota kabupaten. Selain kota melonguane, ada juga kecamatan beo yang menjadi penopang aktivitas dipulau setelah kota melonguane. Hampir semua jalan raya dipulau karakelang dan sekitarnya berada didekat pantai. Sehubungan dengan peran yang penting ini dan letak yang berada dipesisir pantai, maka daerah-daerah yang menjadi akses masuk kecamatan beo sangat perlu diperhatikan keadaan pantainya, karena merupakan jalan penghubung.

Rumusan Masalah

Berdasarkan pengamatan dan wawancara terhadap penduduk sekitar pantai Kelurahan Beo Barat, Diduga pantai tersebut telah mengalami :

1. Perubahan garis pantai akibat adanya transformasi gelombang.
2. Transformasi gelombang yang mengakibatkan abrasi atau erosi, dan angkutan sedimen.

Batasan Masalah

Pada penulisan skripsi ini masalah dibatasi pada :

1. Analisis hanya dilakukan di Pantai Kelurahan Beo barat Kecamatan Beo, Kabupaten Talaud, Provinsi Sulawesi Utara.
2. Tinjauan hanya pada gelombang.
3. Transformasi gelombang ditinjau hanya pada laut dangkal.
4. Tinggi dan periode gelombang diperoleh berdasarkan pendekatan metode *hindcasting* gelombang.
5. Gelombang yang ditinjau tidak dipengaruhi sungai sekitar.

Tujuan Penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak Transformasi gelombang yang terjadi di lokasi penelitian secara analitis. Antara lain :

1. Meramalkan tinggi dan periode gelombang pecah yang terjadi.
2. Refraksi gelombang, dan shoaling (pendangkalan).
3. Pengaruh transformasi gelombang terhadap perubahan garis pantai.

Manfaat Penelitian

1. Memperoleh pengetahuan mengenai teknik pantai khususnya dalam mempelajari transformasi gelombang dilaut dangkal.
2. Memberikan informasi mengenai sifat-sifat gelombang dalam proses transformasi yang terjadi di lokasi penelitian.
3. Mengetahui dampak transformasi gelombang terhadap kerusakan garis pantai.

LANDASAN TEORI

Pantai

Pantai adalah daerah pertemuan antara darat, laut dan udara dimana terjadi interaksi dinamis antara air, angin, dan material penyusun didalamnya. Dalam bidang teknik

pantai, ada dua istilah yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Sedang pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut.

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) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal. Gelombang yang sehari-hari terjadi dan diperhitungkan dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin dan pasang-surut (pasut). Hal ini karena gelombang tersebut dapat membentuk dan merusak pantai serta berpengaruh pada bangunan-bangunan pantai.

Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin dimasa lampau. *Hindcasting* gelombang akan mengasilkan 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.

Arah Angin

Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* (U_A). 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.

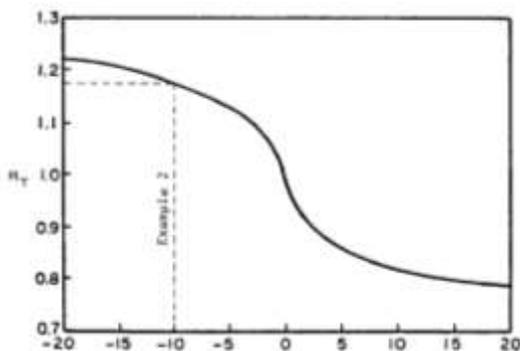
y = Ketinggian pengukuran angin ($y < 20$ m)

❖ **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)

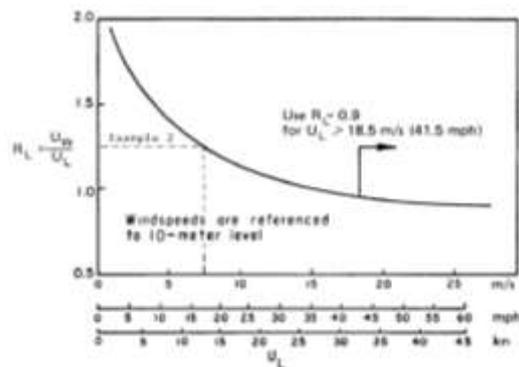


Gambar 1. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat. Sumber : SPM' 84

❖ **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).

◆ *Fetch limited*

Open Water

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

Restricted Fetch

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

◆ *Open water*

Duration Limited

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

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

Fetch Limited

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

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

◆ *Restricted fetch*

Duration Limited

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

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

Fetch Limited

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

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

Kondisi gelombang *fully developed* apabila :

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

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

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

◆ 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 :

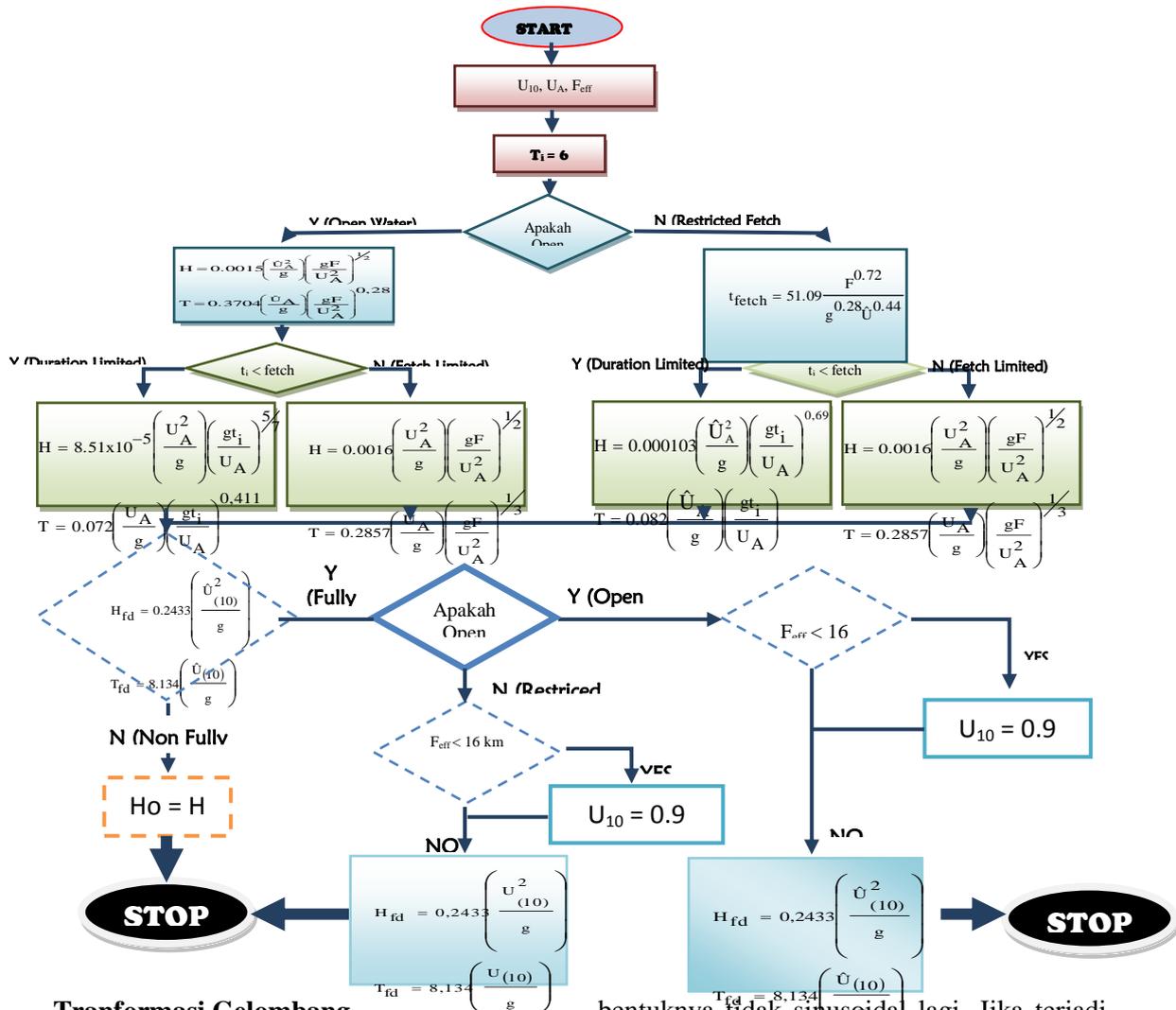
$$H_o = H_{fd} \dots\dots\dots(22)$$

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

◆ Apabila kondisi gelombang *non fully developed* maka :

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

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



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 Ks merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air.

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

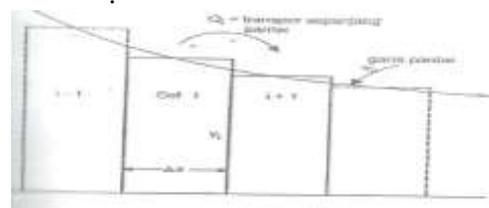
Gelombang Pecah

Gelombang pecah adalah suatu sistem yang sangat kompleks. Bahkan dalam beberapa jarak sebelum gelombang pecah,

bentuknya tidak sinusoidal lagi. Jika terjadi gelombang tidak sinusoidal, energi yang diterima dari angin, berkurang. Pecahnya gelombang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati pantai.

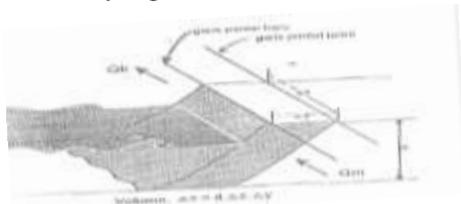
Model Perubahan Garis Pantai

Model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen. Untuk itu pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas). Pada setiap ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah laju aliran massa netto didalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa didalam sel tiap satuan waktu.



Gambar 3. Pembagian pantai dalam pias

Gambar 4 menunjukkan angkutan sedimen yang masuk dan keluar sel.



Gambar 4. Sedimen yang keluar masuk

Laju aliran massa sedimen netto didalam sel adalah :

$$M_n = \rho_s (Q_m - Q_k) = -\rho_s (Q_k - Q_m) = -\rho_s \Delta Q \dots (28)$$

Laju perubahan massa (M_t):

$$M_t = \frac{\rho_s V}{\Delta t} \dots \dots \dots (29)$$

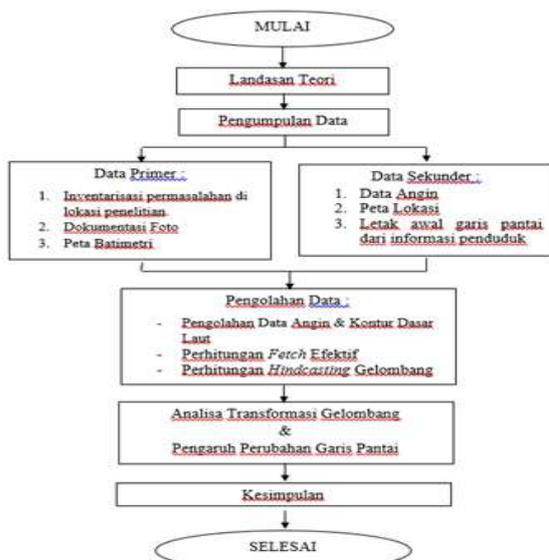
Dengan menyamakan persamaan (28) dan (29) maka :

$$-\rho_s \Delta Q = \frac{\rho_s V}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = -\frac{1}{d} \frac{\Delta Q}{\Delta x} \dots \dots \dots (30)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian :



HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Perhitungan Fetch Efektif

dilakukan dengan bantuan program Google Earth dan Autocad :

1. Menggunakan peta daerah perairan pantai Beo barat dan ditentukan arah angin sebagai titik pusat tinjauan. Garis arah angin utama ditentukan sebagai *central radial*.
2. Dalam perhitungan ini dibuat sudut dari garis *central radial* ke arah kiri dan kanan garis *fetch* dengan interval 5° sampai 20°.
3. Ukur *fetch* sampai menyentuh daratan atau batas akhir peta, kemudian kalikan dengan skala.



Gambar 5. Fetch

Perhitungan Fetch :

Arah Barat

- a) Panjang garis *fetch* untuk sudut 0° adalah 1066.73075 km (berdasarkan pengukuran menggunakan program AUTOCAD).

- b) Nilai dari cosines 0° adalah 1, maka :
 $F \cos(\alpha) = 1066.73075 \times 1$
 $= 1066.73075 \text{ Km}$

- c) $F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum X \cos \alpha}$
 $F_{eff} = \frac{142.28 + 982.16 + \dots + 595.05}{0.940 + 0.966 + 0.985 + \dots + 0.940}$
 $F_{eff} = 830.1673 \text{ Km}$

Analisa Angin

Data angin yang dipergunakan dalam pekerjaan ini yaitu data angin dari BMKG Maritim Bitung dengan data maksimum harian dalam 10 tahun terakhir, 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 bulan Januari tanggal 1 tahun 2014) :

1. Koreksi Terhadap Elevasi

Data angin diambil dari badan meteorologi maritim bitung yang diukur +18 m dari muka air laut.

$$U_{(10)} = U_{(z)} \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7}$$

Dimana :

$$U_{(z)} = 6.8 \text{ m/d}$$

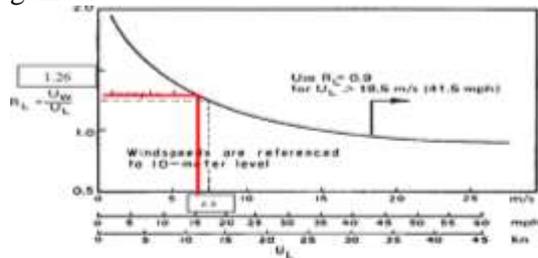
$$z = 18 \text{ m}$$

$$U_{(10)} = 6.8 \cdot \left(\frac{10}{18} \right)^{1/7}$$

$$U_{(10)} = 6.24 \text{ m/d}$$

2. Koreksi Terhadap Stabilitas dan Efek Lokasi

Karena tidak ada data perbedaan rata-rata suhu udara dan air laut, maka diambil $R_T = 1,13$ sedangkan nilai R_L bervariasi sesuai dengan kecepatan angin gambar 6.



Gambar 6. Pembacaan nilai R_L

$$U_A = R_T \cdot R_L \cdot U_{(10)}$$

dimana:

$$U_{(10)} = 6.8 \text{ m/det}$$

$$R_L = 1,26$$

$$R_T = 1,13$$

$$\text{Maka, } U_A = 8.65 \text{ m/det}$$

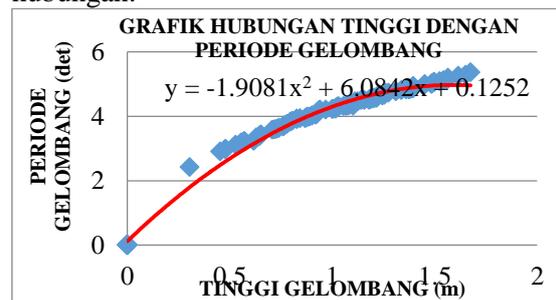
Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

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.

Tabel 1. 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	
			U	BL	B	BD	TL	Arah Dominan	H-T
1	Januari	H (m)	0.0000	1.5243	0.4789	0.9191	0.0000	BL	1.5243
		T (det)	0.0000	5.3600	2.9774	4.0598	0.0000		5.3600
2	Februari	H (m)	0.0000	1.1050	0.0000	1.1025	0.0000	BL	1.1050
		T (det)	0.0000	4.3666	0.0000	4.3620	0.0000		4.3666
3	Maret	H (m)	0.0000	0.8679	0.9216	0.8748	1.6155	TL	1.6155
		T (det)	0.0000	3.9095	4.0184	3.9235	5.1964		5.1964
4	April	H (m)	0.0000	0.9411	0.9028	1.2059	0.0000	BD	1.2059
		T (det)	0.0000	4.0571	3.9806	4.5449	0.0000		4.5449
5	Mei	H (m)	0.0000	0.0000	1.2182	1.3614	0.0000	BD	1.3614
		T (det)	0.0000	0.0000	4.5662	4.8046	0.0000		4.8046
6	Juni	H (m)	0.0000	0.0000	0.0000	1.5612	0.0000	BD	1.5612
		T (det)	0.0000	0.0000	0.0000	5.1155	0.0000		5.1155
7	Juli	H (m)	0.0000	0.4545	1.1576	1.6747	0.0000	BD	1.6747
		T (det)	0.0000	2.9688	4.4607	5.2826	0.0000		5.2826
8	Agustus	H (m)	0.0000	0.0000	0.0000	1.6515	0.0000	BD	1.6515
		T (det)	0.0000	0.0000	0.0000	5.2489	0.0000		5.2489
9	September	H (m)	0.0000	0.0000	0.0000	1.4959	0.0000	BD	1.4959
		T (det)	0.0000	0.0000	0.0000	5.0614	0.0000		5.0614
10	Oktober	H (m)	0.0000	0.0000	0.0000	1.4844	0.0000	BD	1.4844
		T (det)	0.0000	0.0000	0.0000	4.9987	0.0000		4.9987
11	November	H (m)	0.0000	1.4523	0.8279	1.5650	0.5287	BD	1.5650
		T (det)	0.0000	4.9489	3.8260	5.1213	3.1154		5.1213
12	Desember	H (m)	1.3757	1.0201	0.9242	1.2740	0.0000	U	1.3757
		T (det)	4.8276	4.7240	4.0236	4.6607	0.0000		4.8276
Max Tiap Arah		H (m)	1.3757	1.5243	1.2182	1.6747	1.6155	BD	1.6747
		T (det)	4.8276	5.3600	4.5662	5.2826	5.1964		5.3600

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



Gambar 7 Hubungan Tinggi Dengan Periode Gelombang

grafik hubungan H dan T didapat persamaan :

$$y = -1,908x^2 + 6,0842x + 0,1252$$

Untuk arah Barat Daya :

$$H_0 = 1,6747 \text{ m}$$

$$T_0 = -1,908H_0^2 + 6,0842.H_0 + 0,1252$$

$$= 4,9629 \text{ det}$$

- a) Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus :
 $L_o = 1,56 T^2 = 38,4236 \text{ m}$
- b) Hitung nilai α
 $d/L_o = 25/38,4236 = 0,65$

Cari nilai d/L untuk nilai d/L_o = 0,6500

Tabel 2. Pembacaan Nilai d/L dan n

d/L _o	d/L	2nd/L	sinh 2nd/L	cosh 2nd/L	K _s	K _r	4nd/L	sinh 4nd/L	cosh 4nd/L	n	
0.6000	0.60063	3.7779	0.9989	21.763	21.786	0.997	0.0459	7.5477	948.21	948.2	0.5040
0.6100	0.61056	3.8363	0.9991	23.566	23.587	0.997	0.0431	7.6728	1074.3	1074.3	0.5036
0.6200	0.62051	3.8958	0.9992	24.660	24.681	0.997	0.0403	7.7975	1217.3	1217.3	0.5032
0.6300	0.63045	3.9613	0.9993	26.252	26.271	0.998	0.0381	7.9225	1379.3	1379.3	0.5029
0.6400	0.64041	4.0238	0.9994	27.947	27.965	0.998	0.0358	8.0476	1561.1	1561.1	0.5026
0.6500	0.65036	4.0863	0.9994	29.753	29.770	0.998	0.0336	8.1727	1772.8	1772.8	0.5023
0.6600	0.66032	4.1489	0.9995	31.676	31.691	0.998	0.0316	8.2975	2007.7	2007.7	0.5021

Untuk $d/L_o = 0,6500$ (ditabel lihat yang diberikan lingkaran orange), didapat nilai $d/L = 0,65036$, maka $L = 38,4402 \text{ m}$.

Cepat rambat gelombang :

$$C_o = L_o / T = 7,7421 \text{ m/det}$$

$$C = L / T = 7,7455 \text{ m/det}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_o} \sin \alpha_o = 0,7074$$

$$\alpha = 45,0252^\circ$$

Koefisien refraksi:

$$Kr = \frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}, \quad Kr = 1,0002$$

Tabel 3. Perhitungan Refraksi Untuk Potongan 1 Arah Barat Daya

a _o	d	Ho	T	Lo	d/Lo	d/L	L
45	25	1.6747	4.9629	38.4236	0.65	0.65036	38.4402
45.025	20	1.6709	4.9641	38.4414	0.52	0.52148	38.3524
44.893	15	1.6556	4.9681	38.5038	0.39	0.39546	37.9305
44.049	10	1.6017	4.9751	38.6132	0.26	0.27660	36.1533
40.616	5	1.4611	4.9414	38.0911	0.13	0.16657	30.0174
30.864	1	1.2537	4.7539	35.2549	0.03	0.07135	14.0154
11.768	0.5	1.3588	4.8694	36.9892	0.01	0.04032	12.4008

Tabel 3. Lanjutan

Kr	Ks	H	H'o	Ho'/gT ²	m	Hb/Ho'	Hb
1.0002	0.9975	1.6709	1.6789	0.0069	0.0625	1.21	2.0315
0.9988	0.9920	1.6556	1.6844	0.0070	0.0526	1.15	1.9370
0.9928	0.9745	1.6017	1.6989	0.0070	0.0400	1.14	1.9368
0.9731	0.9375	1.4611	1.7084	0.0070	0.0286	1.03	1.7597
0.9404	0.9124	1.2537	1.6013	0.0067	0.0238	1.06	1.6974
0.9364	1.1575	1.3588	1.0831	0.0049	0.0133	1.14	1.2348
0.9906	1.2341	1.6612	1.1010	0.0047	0.0125	1.14	1.2551

Perhitungan Koefisien Shoaling

Koefisien pendangkalan :

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

Dimana : n_o = (dilaut dalam) 0,5 ;
 Lo = 38,4236 m
 Dari tabel perhitungan shoaling untuk nilai d/L_o = 0,65 diperoleh nilai n = 0,5023

$$Ks = 0,9975$$

$$H = H_o \cdot Kr \cdot Ks = 1,6709 \text{ m}$$

Tabel 4. Perhitungan Shoaling

Lo	L	Ks	Kr	H
38.423	38.440	0.997	1.0002	1.670
38.441	38.352	0.992	0.9988	1.655
38.503	37.930	0.974	0.9928	1.601
38.613	36.153	0.937	0.9731	1.461
38.091	30.017	0.912	0.9404	1.253
35.254	14.015	1.157	0.9364	1.358
36.9892	12.4008	1.2341	0.9906	1.6612

Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan menyatakan hubungan antara H'_o/gT².

Tentukan nilai H'_o dan Hb

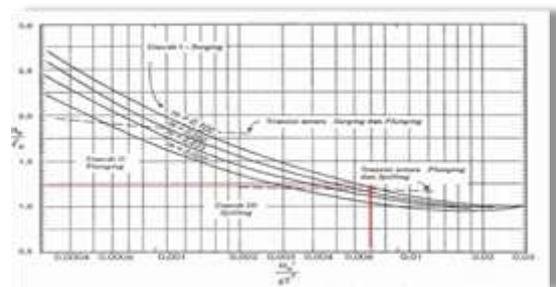
$$H_o = 1,6747 \text{ m}, \quad T_o = 4,9629 \text{ detik}$$

$$H = 1,6709 \text{ m}, \quad d/L_o = 0,6500, \text{ maka}$$

$$H'_o = H_o / (K_s), \quad = 1,6789 \text{ m}$$

sehingga didapat nilai, H'_o/gT² = 0,0069

Nilai Hb didapat dari hasil plot antara nilai H'_o/gT² = 0,0069 dan kemiringan pantai (m = 0,0625) pada grafik :

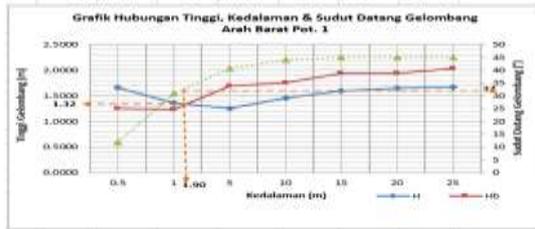


Gambar 8 Grafik Hubungan H'_o/gT² dan m

H'o	Ho'/gT ²	M	Hb/Ho'	Hb
1.6789	0.0069	0.625	1.21	2.0315
1.6844	0.0070	0.526	1.15	1.9370
1.6989	0.0070	0.0400	1.14	1.9368
1.7084	0.0070	0.0286	1.03	1.7597
1.6013	0.0067	0.0238	1.06	1.6974
1.0831	0.0049	0.0133	1.14	1.2348
1.1010	0.0047	0.0125	1.14	1.2551

Tabel 5 Perhitungan Gelombang Pecah

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

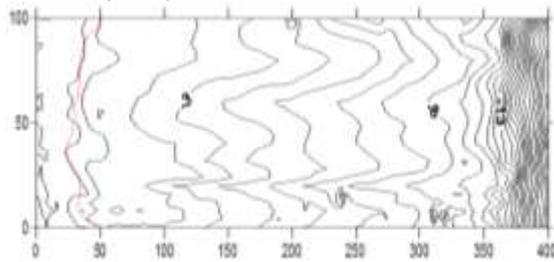


Gambar 9. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman & Sudut Datang Gelombang Berdasarkan grafik hubungan tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang maka diperoleh, gelombang Pecah pada kedalaman = 1,90 m

Model Perubahan Garis Pantai

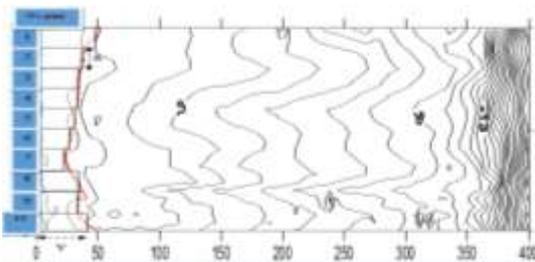
Model perubahan garis pantai dilakukan dengan urutan langkah berikut ini:

- 1) Tentukan bentuk garis pantai lama (awal)



Gambar 10 Penentuan Garis Pantai Awal

- 2) Bagi garis pantai dalam sejumlah sel. Pembagian pias di pantai Beo barat sepanjang daerah penelitian ini adalah 100 m dan di dibagi menjadi 10 sel atau pias, dengan lebar (x) tiap pias adalah sama,yaitu 10m.



Gambar 11. Pembagian Garis Pantai

- Y pias 1 = 47,5 m Y pias 6 = 27,5 m
- Y pias 2 = 35 m Y pias 7 = 25 m
- Y pias 3 = 33 m Y pias 8 = 38 m

- Y pias 4 = 32 m Y pias 9 = 36,5 m
- Y pias 5 = 29 m Y pias 10 = 40 m
- X tiap pias = 100/10 = 10 m

- 3) Tentukan berbagai sumber sedimen dan sedimen yang hilang pada seluruh pias.
- 4) Hitung transport sedimen pada setiap pias berdasarkan tinggi dan periode gelombang serta sudut datang gelombang. Berikut contoh perhitungan di pias 1:

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

Dimana:

- P_1 = komponen fluks (Nm/d/m)
- ρ = rapat massa air laut (kg/m³)
- H_b = tinggi gelombang pecah (m)
- C_b = cepat rambat gelombang pecah (m/d)
- d_b = kedalaman gelombang pecah
- α_b = sudut datang gelombang pecah
- g = percepatan gravitasi

$$P_1 = \frac{1,03}{8} 1,32^2 \times 18,639 \times 0,719 \times 0,694$$

$$P_1 = 2,08644 \text{ c(ton-m/hari/m)}$$

Permodelan ini menggunakan rumus CERC.

$$Q_s = 0,401 \times P_1; Q_s = 0,1940 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- 5) Hitung perubahan garis pantai yang telah terjadi sejak 10 tahun tahun lalu hingga sekarang.

$$\Delta Y = - \frac{\Delta Q \Delta t}{d \Delta X}, \text{ di mana :}$$

- ΔY = jarak garis pantai lama dan garis baru
- ΔQ = besar transpor sedimen
- Δt = waktu
- X = absis searah panjang pantai
- d = kedalaman gelombang pecah

$$\Delta Y = -36,7688, Y_{akhir} = 47,5 - 36,7688, Y_{akhir} = 10,7312 \text{ m}$$

Letak garis pantai baru diperoleh dengan pendekatan berada di titik 10,731 m ke arah garis pantai lama dihitung dari garis referensi (titik 0) pada saat pembagian pias

Das	X	Y _{lama}	Y _{baru}	Das	X	Y _{lama}	Y _{baru}	Das	X	Y _{lama}	Y _{baru}
1	0	0	0	1	10	0	0	1	20	0	0
2	10	1,2	0,864	2	20	2,4	1,728	2	30	3,6	2,592
3	20	3,2	2,176	3	30	4,8	3,456	3	40	6,4	4,384
4	30	5,2	3,744	4	40	6,4	5,184	4	50	8,0	5,632
5	40	7,2	5,536	5	50	8,0	7,040	5	60	9,6	6,336
6	50	9,2	7,536	6	60	10,4	9,152	6	70	12,0	8,064
7	60	11,2	9,744	7	70	12,8	11,424	7	80	14,4	9,792
8	70	13,2	12,160	8	80	15,2	13,856	8	90	16,8	11,328
9	80	15,2	14,784	9	90	17,6	16,400	9	100	18,4	12,672
10	90	17,2	17,616	10	100	20,0	19,200				

Tabel 6 hasil perhitungan untuk ke-10 pias

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa transformasi gelombang dan model perubahan garis pantai terhadap pantai Beo barat dengan menggunakan data angin 10 tahun (masa lalu) diperoleh :

- **Tinggi Gelombang Pecah Maksimum (Hb) : 2.0315 m**
- **Gelombang Pecah pada Kedalaman (Db) : 1.90 m**
- **Pada jarak 100 m dari garis pantai**
- **Kemunduran Garis pantai berkisar 0,8-3,6 m/tahun**

Dapat disimpulkan bahwa pantai Beo barat telah mengalami erosi yang cukup berat.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan pergerakan dari sedimen, bangkitan arus dan juga pelepasan energi yang terjadi di Pantai Beo Barat ini. Penggunaan bangunan pantai teknik sipil sangat perlu dibangun untuk menjaga keseimbangan garis pantai. Penulis menyarankan untuk menggunakan Groin tipe T agar erosi terhadap garis pantai yang terjadi tidak terlalu besar.

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
- Sekka, Mulia P, I Wayan., Hidayat, & Siregar, 2011. Studi Perubahan Garis Pantai di Delta Sungai Jeneberang, Makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan tropis*.Bogor
- 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