



## KAJIAN KARAKTERISTIK GELOMBANG PECAH DI PANTAI AMAL BARU KOTA TARAKAN

Siti Kahtijah<sup>\*1</sup> Edy Utomo<sup>2</sup> M. Hermansyah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Borneo Tarakan, Kalimantan Utara

<sup>3</sup>Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Kota Tarakan

Jl. Kamboja RT.43 Karang Anyar, Kota Tarakan, Kalimantan Utara

Email : <sup>\*1</sup>[siti\\_kahtijah@gmail.com](mailto:siti_kahtijah@gmail.com), <sup>2</sup>[edyutomo99@gmail.com](mailto:edyutomo99@gmail.com)

<sup>3</sup>[Muhhammad.hermansyah@bmgk.go.id](mailto:Muhhammad.hermansyah@bmgk.go.id)

**ABSTRACT:** Amal Baru beach is a coastline that has great potential as a tourist area. Based on direct observation, it has been undertaking a lot of physical changes (damage) in the coastal area. This damage is caused by coastal dynamics processes such as heavy abrasion which has caused a bad impact and raises concerns for a coastal residents. Consequently, it is necessary to have knowledge on the characteristics of the waves occurred on the coastline in the development and security of coastal areas and the protection of the surrounding community. In the study analysis was conducted by using Airy Theory, the data analysis approach employed the airstream data from BMKG Juwata Tarakan. The result of the analysis of wave transformation for 10 years (2010-2019) at Amal Baru Beach obtained the dominant wind direction from east to west; the fetch length is 224,589 m; breaking wave height ranges from 0.8 m - 2.4 m and breaking wave depth range from 0.38 m - 2.1 m. Based on the results of analysis, at maximum wind conditions, average winds, and highly occurred winds; the speeds of land breeze blowing between 3.5 m/s - 15 m/s, sea wind speeds blowing between 5 m/s - 19 m/s, Wind waves Forecasting Significant height (H) between 0.9 m - 4.8 m, Period (T) between 5.5 s - 10.2 s, Duration (D) between 9 hours - 11 hours. Thus, the result of Analysis for Wave Height (H) is between 0.8 m - 2.8 m, the Depth of Breaking Wave (H<sub>b</sub>) is between 0.3 m - 2.1 m, and the angle of incidence of the wave is 8° - 30°. Therefore, it concluded that the wave height generated during the maximum wind speed conditions and highly occurred wind speed is a destructive wave (waves which damage the coastline).

**Keywords:** breaking waves, hindcasting, wave characteristics, Pantai amal baru, refraction, shoaling.

**ABSTRAK:** Kerusakan yang terjadi di Pantai Amal Kota Tarakan diakibatkan oleh proses dinamika pantai seperti abrasi sangat yang berdampak buruk serta menimbulkan kekhawatiran bagi warga pesisir pantai tersebut. Oleh sebab itu dalam pengembangan dan pengamanan daerah pesisir serta perlindungan kepada masyarakat sekitar maka perlu pengetahuan mengenai karakteristik gelombang yang terjadi di pantai tersebut. Dalam penelitian ini analisa dilakukan menggunakan Teori Airy, pendekatan data analisa menggunakan data angin dari BKMKG Juwata Tarakan. Hasil analisa transformasi gelombang selama 10 tahun (2010-2019) di Pantai Amal Baru diperoleh arah angin yang mendominasi dari timur menuju kearah barat, panjang fetch 224,589 m, tinggi gelombang pecah berkisar antara 0,8 m – 2,4 m dan kedalaman gelombang pecah berkisar antara 0,38 m - 2,1 m. Dari hasil analisa, pada kondisi angin maksimal, angin rata-rata, dan angin yang sering terjadi Kecepatan Angin Darat yang bertiup antara 3,5-15 m/s, Kecepatan Angin Laut yang bertiup antara 5 - 19 m/s, Peramalan Gelombang Angin Tinggi signifikan (H) antara 0,9 - 4,8 m, Priode (T) antara 5,5 - 10,2 s, Durasi (D) antara 9 - 11 jam, sehingga hasil Analisa untuk Tinggi

Gelombang (H) antara 0,8 - 2,4 m, Kedalaman Gelombang Pecah ( $H_b$ ) antara 0,3 - 2,1 m, dan Sudut datang gelombang  $8^\circ - 30^\circ$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang yang dihasilkan pada saat kondisi kecepatan angin maksimal dan kecepatan angin sering terjadi merupakan gelombang destruktif (gelomban yan dapat merusak pantai).

Kata kunci: Gelombang pecah, hindcasting, karakteristik gelombang, Pantai amal baru, refraksi, shoaling.

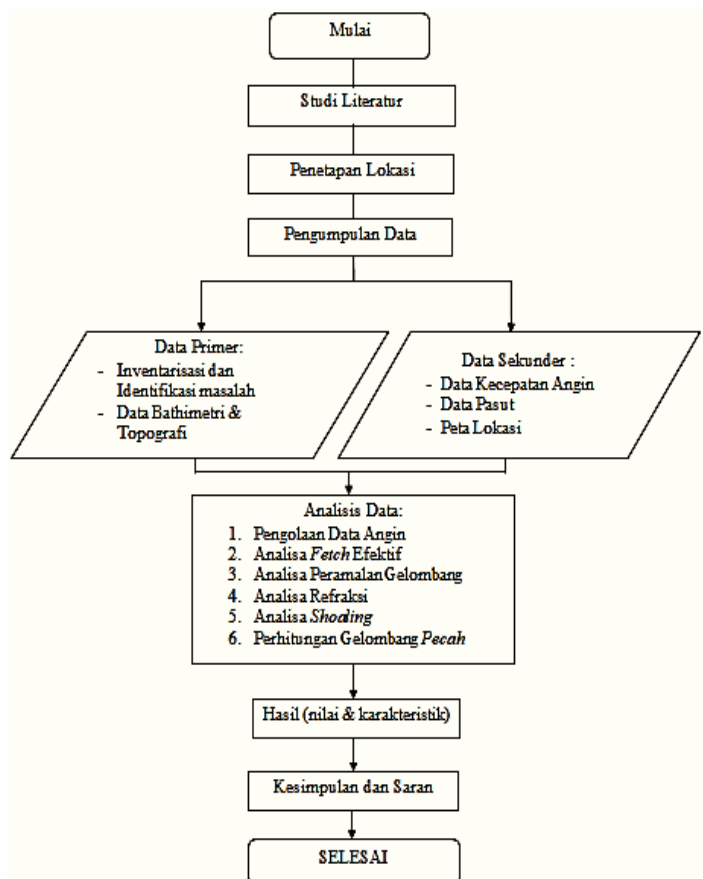
## 1. PENDAHULUAN

Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Wilayah pantai terbentuk karena adanya gelombang dan arus air laut yang menghantam tepi daratan secara terus menerus. Hantaman ombak air laut yang bersifat merusak tersebut mengakibatkan terjadinya pengikisan terhadap permukaan daratan sehingga membentuk daerah pantai.

Kota Tarakan adalah sebuah kota terbesar yang ada di Provinsi Kalimantan Utara, Indonesia. Pantai Amal Baru merupakan salah satu pantai yang ada di Kota Tarakan, Pantai ini terletak di bagian timur yang membentang dari arah utara lurus ke arah selatan pulau. Pantai Amal Baru merupakan kawasan padat penduduk selain menjadi tempat tinggal sekaligus menjadi tempat sumber mata pencaharian bagi warga sekitar mulai dari niaga, nelayan, dan menjadi objek wisata.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam proses kajian peneliti melakukan beberapa tahapan, pada gambar 1 adalah tahapan, tahapan yang akan dilakukan dalam kajian :



Gambar 1. Flowcart penelitian

## 2.1. Tahapan dalam Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

### 2.1.1. Lokasi Penelitian

Objek yang menjadi lokasi penelitian penulis yakni di pesisir yang tergerus oleh gelombang di Pantai Amal Baru, tarakan Timur Kota Tarakan. Dapat dilihat pada **Gambar 2** dibawah.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

### 2.1.2. Pengambilan Data Angin

Pada Langkah ini pengambilan data angin diperoleh dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) di stasiun Juwata Tarakan selama kurun waktu 10 tahun (2010-2019) dengan mengakses website <http://dataonline.bmkg.go.id/home>.

### 2.1.3. Pengolahan Data Angin

Pada perhitungan data angin, kecepatan angin yang akan dianalisa yakni kecepatan angin maksimal, kecepatan angin sering terjadi, dan kecepatan angin rata-rata. Hal demikian dimaksud agar dapat diperoleh kondisi-kondisi gelombang yang ekstrim. Data angin yang diperoleh adalah kecepatan data angin darat, sehingga diperlukan transformasi ke kecepatan angin laut. Hubungan tersebut dapat diberikan persamaan  $R_L = U_W / U_L$ . kemudian diperoleh nilai faktor tegangan angin ( $U_A$ ) dengan rumus :

$$U_A = 0,71 U_W^{1,23} \quad (1)$$

### 2.1.4. Pengambilan Data Topografi dan Bhatimetri

Data topografi dan Bhatimetri diperoleh dari survei langsung lokasi penelitian, pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *total station* dengan pendekatan metode persatuan koordinat N.E.Z.

### 2.1.5. Pengolahan Data Kontur

Data yang telah diperoleh selanjutnya diolah menggunakan bantuan *software Autocad land desktop* untuk mendapatkan gambar kontur pada lokasi penelitian.

### 2.1.6. Perhitungan Fetch Efektif

Panjang *fetch* efektif dihitung untuk 8 arah mata angin dan ditentukan berdasarkan rumus :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2)$$

### 2.1.7. Peramalan Tinggi dan Priode Gelombang

Peramalan dilakukan dengan menggunakan grafik *hindcasting* gelombang untuk mendapatkan nilai tinggi, priode, dan durasi gelombang.

### 2.1.8. Perhitungan Koefisien Refraksi

Untuk mendapat nilai Panjang gelombang laut, nilai  $d/L_0$ , cepat rambat gelombang, dan nilai koefisien refraksi dengan menggunakan rumus :

1. Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus :

$$L_0 = 1,56 T^2 \quad (3)$$

Hitung nilai  $\alpha$

$$\frac{d}{L_0} \quad (4)$$

Nilai  $d/L$  dari nilai  $d/L_0$  (Tabel L-1 Bambang Triatmodjo 'Teknik Pantai')

2. Cepat Rambat Gelombang

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT}{2\pi} \tanh kd \quad (5)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh kd \quad (6)$$

Dimana :  $k = 2\pi/L$

Apabila kedalaman relatif  $d/L \geq 0,5$ ; nilai  $\tanh (2\pi d/L) = 1,0$  sehingga persamaan 5 dan 6 menjadi : (Untuk  $g = 9,81 \text{ m/d}^2$ )

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} = 1,56 T \quad (7)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56 T^2 \quad (8)$$

Apabila kedalaman relatif  $d/L < 1/20$ , nilai  $\tanh (2\pi d/L) = (2\pi d/L)$  sehingga persamaan 5 dan 6 menjadi :

$$C = \sqrt{gd} \quad (9)$$

$$L = \sqrt{gd} T \quad (10)$$

Untuk gelombang di laut transisi, yaitu apabila  $1/20 < d/L < 1/2$  cepat rambat dan panjang gelombang dihitung dengan persamaan 5 dan 6.

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \sin \alpha_0 \quad (11)$$

3. Hitung Nilai Koefisien Refraksi ( $K_r$ )

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (12)$$

2.1.9. Perhitungan Koefisien Shoaling

$$K_s = \sqrt{\frac{N_o L_o}{nL}} \tag{13}$$

Tinggi gelombang baru

$$H = H_o \cdot K_r \cdot K_s \tag{14}$$

2.1.10. Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan gelombang pecah dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia. Sebelum menggunakan grafik perlu mencari nilai H'o dan nilai H'o/gT<sup>2</sup> dengan rumus :

$$H'o = \frac{H_o}{K_s} \tag{15}$$

$$H'o/gT^2 \tag{16}$$

Grafik yang menyatakan hubungan antara H'o/gT<sup>2</sup> dengan Hb/H'o, dan hubungan antara H'o/gT<sup>2</sup> dengan db/Hb menggunakan data perolehan sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Topografi dan Bhatimetri

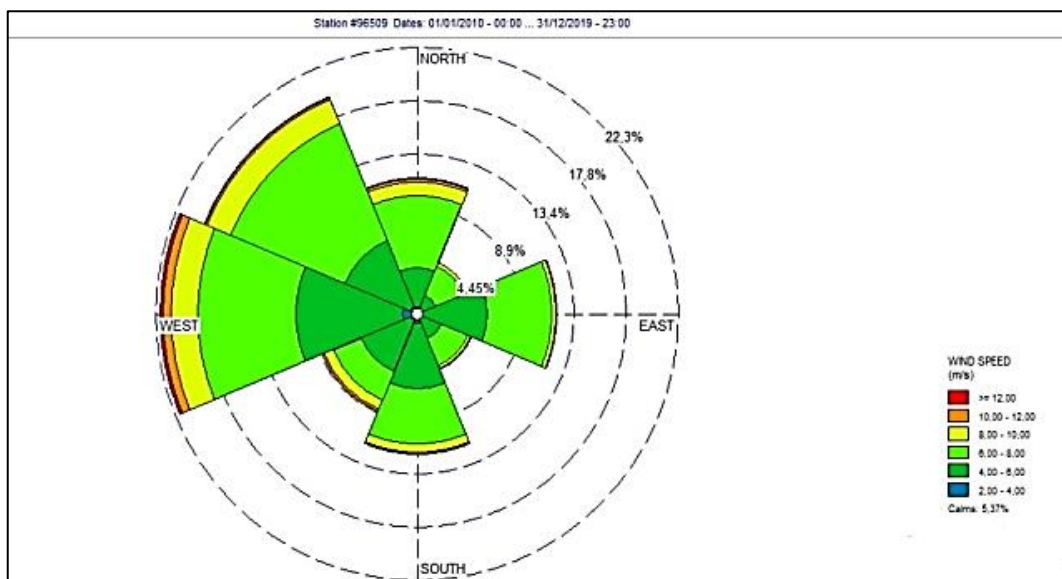
Dari hasil pengukuran kelokasi dan pengolahan data survei diperoleh nilai kemiringan pantai pada lokasi penelitian m = 1 : 50 atau 0,02 m.

3.2. Rekap Data Angin

Data angin harian yang diperoleh melalui website resmi BMKG selanjutnya akan diolah dan dikelompokkan menjadi data angin mingguan, bulanan, tahunan dan menjadi per 10 tahun.

3.3. Windrose

Dalam analisa arah dominan berhembusnya angin, peneliti menggunakan windrose dan diperoleh arah angin dominan berhembus dari arah timur menuju barat. berikut hasil yang diperoleh :



Gambar 3. Windrose Tahun 2011-2020 Tarakan

### 3.4. Perhitungan Fetch Efektif

Tabel 1. Nilai *fetch* efektif pada kondisi angin dominan yang berhembus yang diperoleh dari *windrose*.

Arah	Sudut $\alpha$ (°)	Fetch Pantai Amal Baru			Fetch (Km)
		Cos $\alpha$	X awal	Xi.Cos $\alpha$	
Timur	42	0,7431448	27,77273	20,639175	224,58917
	36	0,809017	29,7617	24,077721	
	30	0,8660254	250	216,50635	
	24	0,9135455	250	228,38636	
	18	0,9510565	250	237,76413	
	12	0,9781476	250	244,5369	
	6	0,9943219	250	248,63047	
	0	1	250	250	
	6	0,9943219	250	248,63047	
	12	0,9781476	250	244,5369	
	18	0,9510565	250	237,76413	
	24	0,9135455	250	228,38636	
	30	0,8660254	250	216,50635	
	36	0,809017	250	202,25425	
	42	0,7431448	250	185,78621	
$\Sigma$		13,510917		3034,4058	

### 3.5. Analisa Data Angin

Analisa data angin dilakukan pada semua data yang telah diperoleh dari BMKG, data angin yang diperoleh berupa data harian 8 arah mata angin, kemudian dikelompokkan menjadi bulanan, tahunan dan per sepuluh tahun arah angin dominan sesuai pada *windrose* dan hasil *fetch*.

### 3.6. Konversi Data Angin

Dari data kecepatan angin darat yang diperoleh selanjutnya dilakukan konversi menjadi data kecepatan angin diatas permukaan laut pada ketiga kondisi. Setelah memperoleh nilai hasil konversi maka nilai maksimal dari ketiga kondisi yang akan digunakan pada proses perhitungan factor tegangan angin.

### 3.7. Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Data angin yang telah diperoleh diperlukan untuk memperkirakan tinggi, priode, dan durasi gelombang untuk mendapatkan nilai ( $U_A$ ) pada semua kondisi.

Tabel 2. Konversi Faktor Tegangan Maksimal Angin

Konversi Faktor Tegangan Maksimal Angin				
Arah Angin Utama	UL	RL	UW	UA
Timur	6	1,340	8,04	9,2198
Timur	7	1,275	8,925	10,4835
Timur	6	1,340	8,04	9,2198
Timur	5	1,410	7,05	7,8439
Timur	8	1,225	9,8	11,7616
Timur	7	1,275	8,925	10,4835
Timur	6	1,340	8,04	9,2198
Timur	15	1	15	19,8541
Timur	5	1,410	7,05	7,8439
Timur	5	1,410	7,05	7,8439

### 3.8. Peramalan Gelombang Pecah

Peramalan gelombang dilakukan menggunakan grafik *hindcasting*. Nilai H,T dan D yang terbesar dan dominan pada ketiga kondisi akan digunakan pada Analisa transformasi gelombang.



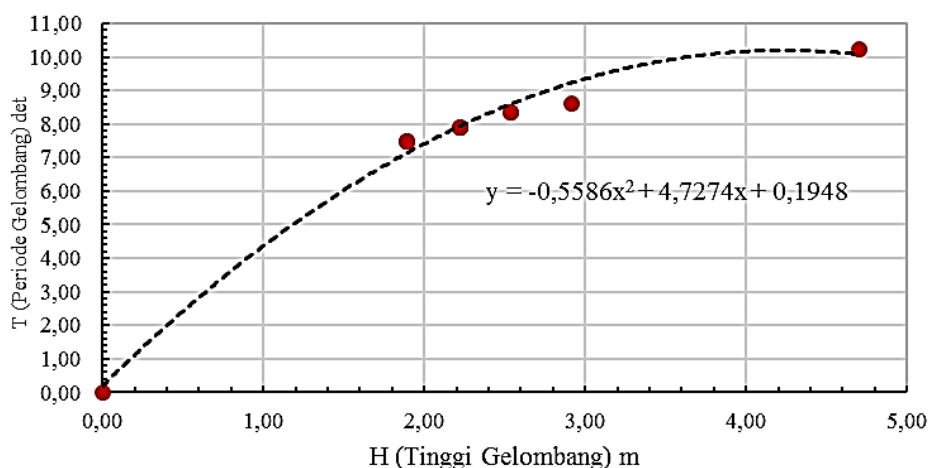
Tabel 3. Peramalan gelombang kondisi angin maksimal

Tabel Peramalan Gelombang Kondisi Angin Maksimal					
Tahun	UA (m/s)	Fetch Efektif (Km)	H (m)	T (s)	Durasi (Jam)
2010	9,2198	224,589	2,2230	7,9325	15,3455
2011	10,4835	224,589	2,5340	8,3565	14,7378
2012	9,2198	224,589	2,2230	7,9325	15,3455
2013	7,8439	224,589	1,8905	7,4956	16,3111
2014	11,7616	224,589	2,9086	8,6371	14,1840
2015	10,4835	224,589	2,5340	8,3565	14,7378
2016	9,2198	224,589	2,2230	7,9325	15,3455
2017	19,8541	224,589	4,7018	10,2613	11,8764
2018	7,8439	224,589	1,8905	7,4956	16,3111
2019	7,8439	224,589	1,8905	7,4956	16,3111

### 3.9. Analisa Transformasi Gelombang

#### 3.9.1. Koefisien Refraksi

Berikut grafik hubungan persamaan pada kondisi kecepatan angin maksimal untuk memperoleh persamaan dari nilai H dan T:



Gambar 4. Grafik hubungan antara tinggi dan priode gelombang angin maksimal

Pada kondisi angin maksimal diperoleh persamaan :

$$y(H_0) = -0,5586x^2 + 4,727x + 0,1948$$

$$T_0 = 10,0732 \text{ det}$$

Pada kondisi angin rata-rata diperoleh persamaan :

$$y(H_0) = -1,4528x^2 + 6,6258x + 0,108$$

$$T_0 = 5,0608 \text{ det}$$

Pada kondisi angin sering terjadi diperoleh persamaan :

$$y(H_0) = 2,9327x + 2,5176$$

$$T_0 = 6,687724 \text{ det}$$

Panjang gelombang laut dalam  $L_0 = 158,291 \text{ m}$

$$\text{Nilai } \frac{d}{L_0} = 0,25270$$

$$L = 148,023 \text{ m}$$

Cepat rambat gelombang :

$$\begin{aligned} C_o &= 14,702 \text{ m/d} \\ C &= 14,695 \text{ m/d} \\ \sin \alpha &= 0,707 \\ \alpha &= 44,410^\circ \\ \text{Nilai koefisien refraksi, } K_r &= 0,9998 \end{aligned}$$

Setiap perhitungan dilakukan pada ketiga kondisi.

### 3.9.2. Koefisien Shoaling

Nilai  $K_s$  Diperoleh dari tabel lampiran A1 fungsi  $d/L$  untuk pertambahan nilai  $d/L_o$  dengan nilai 0,9998. Dengan tinggi gelombang baru :

$$H = 4,378 \text{ m}$$

**Tabel 4. Nilai Koefisien Refraksi, Shoaling dan Tinggi gelombang pecah kondisi angin maksimal**

Perhitungan Koefisien Refraksi Koefisien Shoaling dan Tinggi Gelombang (Angin Maksimal)									
No	$g_0$	$d$	$H_0$	$T$	$L_0$	$d/L_0$	$d/L$	Klasifikasi	$L$
1	45	40	4,702	10,073	158,291	0,29270	0,27023	Laut Transisi	148,023
2	44,9715	35	4,386	10,183	148,023	0,23645	0,23616	Laut Transisi	136,635
3	40,2703	30	3,919	10,142	136,635	0,21956	0,24169	Laut Transisi	124,127
4	33,3445	25	3,457	9,862	124,127	0,20141	0,22630	Laut Transisi	110,472
5	26,7148	20	3,070	9,444	110,472	0,18104	0,20920	Laut Transisi	95,600
6	20,9052	15	2,747	8,966	95,600	0,15690	0,18906	Laut Transisi	79,340
7	15,7766	10	2,471	8,466	79,340	0,12604	0,16523	Laut Transisi	61,262
8	11,1189	5	2,247	7,996	61,262	0,08162	0,12471	Laut Transisi	40,092
9	6,7976	1	2,127	7,723	40,092	0,02494	0,06470	Laut Transisi	15,456
10	2,9793	0,5	2,502	8,525	15,456	0,03235	0,07428	Laut Transisi	6,731
11	0,4057	0,1	2,771	9,006	6,731	0,01486	0,04939	Laut Dangkal	2,925

### 3.10. Perhitungan Gelombang Pecah

Nilai gelombang pecah diperoleh dari grafik hubungan antara  $H'_0/gT^2$  dengan  $H_b/H'_0$ . kemudian nilai  $H_b$  dihubungkan pada grafik dengan nilai kemiringan  $m$ .

$$H'_0 = 5,039$$

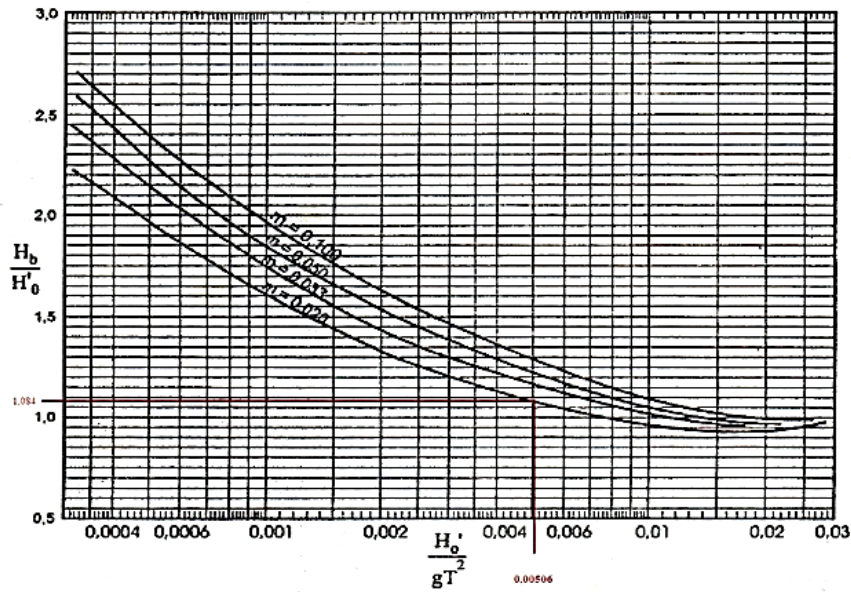
$$\frac{H'_0}{gT^2} = 0,00506$$

$$\frac{H_b}{H'_0} = 1,084$$

$$H_b = 5,4644$$

$$\frac{H_b}{gT^2} = 0,00549$$



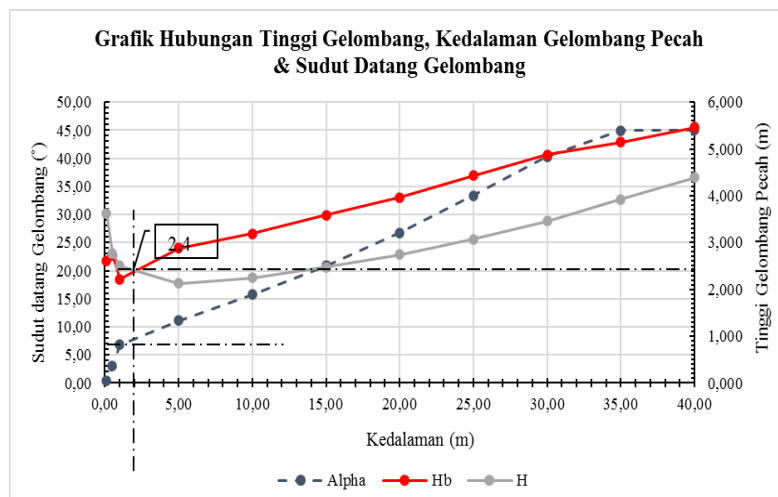


Gambar 5. Penentuan tinggi gelombang pecah "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah, Bambang Triatmodjo 'Teknik Pantai'

Hasil perhitungan gelombang pecah pada kondisi angin maksimal (dilakukan pada semua kondisi) dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Nilai gelombang pecah pada kondisi angin maksimal

Perhitungan Gelombang Pecah Kondisi Angin Maksimal											
No	Ho	T	Lo	H'o	H'o/gT <sup>2</sup>	m	Hb/Ho'	Hb	Hb/gT <sup>2</sup>	db/Hb	db
1	4,702	10,073	158,291	5,039	0,00506	0,020	1,084	5,4644	0,00549	1,18896	6,50
2	4,386	10,183	148,023	4,726	0,00465	0,020	1,089	5,1448	0,00506	1,16572	6,00
3	3,919	10,142	136,635	4,246	0,00421	0,020	1,148	4,8747	0,00483	1,16307	5,67
4	3,457	9,862	124,127	3,764	0,00395	0,020	1,177	4,4314	0,00464	1,14449	5,07
5	3,070	9,444	110,472	3,356	0,00384	0,020	1,182	3,9671	0,00453	1,13345	4,50
6	2,747	8,966	95,600	3,009	0,00382	0,020	1,192	3,5875	0,00455	1,13491	4,07
7	2,471	8,466	79,340	2,692	0,00383	0,020	1,186	3,1916	0,00454	1,13395	3,62
8	2,247	7,996	61,262	2,359	0,00376	0,020	1,220	2,8767	0,00459	1,14134	3,28
9	2,127	7,723	40,092	1,803	0,00308	0,020	1,230	2,2169	0,00379	1,12107	2,49
10	2,502	8,525	15,456	2,257	0,00317	0,020	1,209	2,7278	0,00383	1,13743	3,10
11	2,771	9,006	6,731	2,116	0,00266	0,020	1,235	2,6134	0,00328	1,13154	2,96



Gambar 6. Grafik hubungan antara tinggi gelombang, kedalaman & sudut datang gelombang pada potongan I (kondisi kecepatan angin maksimal)

Jadi berdasarkan Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman, dan Sudut datang Gelombang di Potongan 1 maka diperoleh : (dilakukan pada semua kondisi)

Tinggi Gelombang = 2,4 m  
 Gelombang pecah pada kedalaman = 2,1 m  
 Sudut datang gelombang = 8°.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis dapat menarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil analisa menggunakan Teori *Airy* menyatakan bahwa angin yang berhembus dominan dari timur menuju kearah barat, panjang *fetch* = 224,589 m, H berkisar antara 0,8 m – 2,4 m dan Hb berkisar antara 0,38 m - 2,1 m.
2. Karakteristik gelombang pada Kondisi Angin Maksimal, Tinggi Gelombang (H) = 2,4 m, Kedalaman Gelombang Pecah (Hb) = 2,1 m, dan Sudut datang gelombang = 8°.
3. Karakteristik gelombang pada Kondisi Angin Rata-rata, Tinggi Gelombang (H) = 0,8 m, Kedalaman Gelombang Pecah (Hb) = 0,38 m, dan Sudut datang gelombang = 30°.
4. Karakteristik gelombang pada Kondisi Angin Sering Terjadi, Tinggi Gelombang (H) = 1 m, Kedalaman Gelombang Pecah (Hb) = 0,6 m, dan Sudut datang gelombang = 30°.
5. Pada kondisi Kecepatan Angin Maksimum dan Kecepatan Angin Sering Terjadi gelombang yang dihasilkan setinggi 2,4 m dan 1 m, tinggi gelombang yang dihasilkan sangat berdampak kerusakan (Destruktif). Sedangkan pada kondisi angin rata-rata tinggi gelombang yang dihasilkan 0,8 m, hanya berdampak sangat kecil pada kerusakan dan perubahan garis pantai.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, M. R., Suntoyo, & Musta'in, M. (2012). Analisa Perubahan Garis Pantai Tuban Timur dengan Menggunakan Empirical Orthogonal Function. *Jurnal Teknik ITS*, 286-291
- BMKG. (2015). *Data Online* . Diambil kembali dari Pusat Database - BMKG: <http://Dataonline.bmkg.go.id/home>.
- Danial, M. M., 2008. *Rekayasa Pantai*, Alfabeta. Bandung.
- Dauhan, S. K., Tawas, H., Tangkudung, H., & Mamoto, J. D. (2013). Analisa Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai di Atepe Oki. *Jurnal Teknik Sipil*, 12.
- Korto, J., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2015). Analisa pasang surut di pantai nuangan (desa iyok) boltim dengan metode admiralty. *Jurnal Sipil Statik*, 3(6).
- Ratna Parauga, M. I. (2016). Analisa Karakteristik Gelombang Pecah di Pantai Niamak Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 595-603.
- Setiyawan, S., Rusdin, A., & Niang Adnyani. (2015). Analisa Peramalan Ketinggian Gelombang Laut dengan Periode Ulang Menggunakan Metode Distribusi Weibull (Studi Kasus Pantai Lembasada Kabupaten Donggala). *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, 5, 38-50.
- Sudarto. (2011) Pemanfaatan dan pengembangan energi angin untuk proses produksi garam di kawasan timur Indonesia (*Utilization and development of wind energy for salt production process in Eastern Indonesia*) *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 7.

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

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