

## ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG DI PANTAI MOINIT AMURANG, MINAHASA SELATAN

Indah Ribka Lempoy

Tommy Jansen, Nicolaas J.A Tangkudung

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Email: [indahlempoy0@gmail.com](mailto:indahlempoy0@gmail.com)

### ABSTRAK

*Pantai Moinit, berada di Desa Tewasen, Kecamatan Amurang Barat, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara, dan berada pada posisi  $1^{\circ} 11' 07.1''$  LU dan  $124^{\circ} 29' 25.5''$  BT di Teluk Amurang. Daerah pantai ini merupakan salah satu lokasi pariwisata yang ada di Kabupaten Minahasa Selatan. Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi, pada bulan tertentu terjadi gelombang yang cukup besar sehingga mengakibatkan mundurnya garis pantai yang berdampak pada lokasi tempat berjualan masyarakat setempat. Dimana pada bulan tertentu lokasi berjualan mereka digenangi air laut akibat dari gelombang yang cukup besar. Dengan masalah yang ada, maka dalam penataan serta pengembangan lokasi pariwisata di daerah tersebut maka diperlukan penelitian mengenai karakteristik gelombang yang terjadi di Pantai Moinit, sehingga informasi tentang karakteristik gelombang dapat digunakan untuk menangani masalah mundurnya garis pantai pada Pantai Moinit.*

*Dalam penelitian ini dilakukan survey lokasi penelitian, pendekatan teori, peramalan gelombang dan analisis transformasi gelombang yang terjadi di Daerah Pantai Moinit Amurang. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 10 tahun dari Web Penyedia Data Klimatologi (ECMWF) untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang yang terjadi di pantai tersebut.*

*Dari hasil perhitungan tinggi dan periode gelombang di Daerah Pantai Moinit Amurang didominasi oleh gelombang arah Barat Barat Laut (WNW) dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Februari 2017 dengan tinggi gelombang ( $H$ ) = 1.303 m dan periode ( $T$ ) = 4.353 detik. Koefisien refraksi ( $K_r$ ) berkisar antara 0.9866 sampai 0.9981 dan koefisien shoaling ( $K_s$ ) berkisar antara 0.9131 sampai 1.2241. Tinggi gelombang pecah yang didapat dari hasil perhitungan adalah 0.9660 m sampai 1.2532 m pada kedalaman 0.5 m sampai 10 m*

**Kata kunci:** *Pantai Moinit, Karakteristik Gelombang, Refraksi, Shoaling, Gelombang Pecah*

### PENDAHULUAN

#### Latar belakang

Kabupaten Minahasa Selatan berada pada posisi  $0^{\circ},47' - 1^{\circ},24'$  Lintang Utara dan  $124^{\circ},18' - 124^{\circ},45'$  Bujur Timur merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Utara dengan Ibukotanya Amurang memiliki bentang alam yang sangat bervariasi dengan karakteristik pantai, daratan dan perbukitan, dengan panjang pantai 108.59 km, potensi pantai sebagai nilai tambah untuk kemajuan Kabupaten Minahasa Selatan kedepan sangat signifikan, khususnya dalam pengembangan area pantai sebagai daerah wisata.

Pantai merupakan daerah tepi 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 dan abrasi yang disebabkan oleh terjangan gelombang air laut yang secara langsung berdampak bagi pemukiman dipesisir pantai.

Pantai Moinit sebagai lokasi penelitian ini, berada di Desa Tewasen, Kecamatan Amurang Barat, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara, dan berada pada posisi  $1^{\circ} 11' 07.1''$  LU dan  $124^{\circ} 29' 25.5''$  BT di Teluk Amurang. Daerah pantai ini merupakan salah satu lokasi pariwisata yang ada dan sedang berkembang di

Kabupaten Minahasa Selatan. Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi, pada bulan-bulan tertentu terjadi gelombang yang cukup besar sehingga mengakibatkan mundurnya garis pantai yang berdampak pada lokasi tempat berjualan masyarakat setempat karena genangan air laut atau hempasan gelombang.

Sehubungan dengan masalah tersebut di atas, maka dalam penataan serta pengembangan lokasi pariwisata di daerah tersebut maka diperlukan penelitian mengenai karakteristik gelombang yang terjadi di Pantai Moinit, sehingga informasi tentang karakteristik gelombang dapat digunakan untuk menangani masalah mundurnya garis pantai pada Pantai Moinit.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakangnya, maka secara khusus permasalahan yang akan dibahas adalah bagaimana ciri atau karakteristik gelombang di pantai Moinit Amurang Kabupaten Minahasa Selatan, pengaruhnya bagi kemunduran garis pantai di lokasi setempat.

### Batasan Masalah

Dalam penulisan ini, masalah dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

- Lokasi penelitian adalah di Pantai Moinit Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan,
- Karakteristik gelombang yang ditinjau adalah tinggi gelombang, periode gelombang, refraksi gelombang, dan gelombang pecah
- Analisa gelombang yang digunakan adalah teori gelombang amplitude kecil (*Airy*).
- Tinggi dan periode gelombang laut dalam diperoleh dengan metode *hindcasting*
- Penelitian yang dilakukan hanya terhadap akibat gelombang angin
- Data angin yang dipakai adalah data angin 10 tahun terakhir
- Mengabaikan faktor-faktor bencana alam seperti tsunami, gempa dll

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dengan judul “Analisis Karakteristik Gelombang di Pantai Moinit Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan” ini

adalah untuk mendapatkan data karakteristik gelombang yang terjadi di Pantai Moinit Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan.

### Manfaat Penelitian

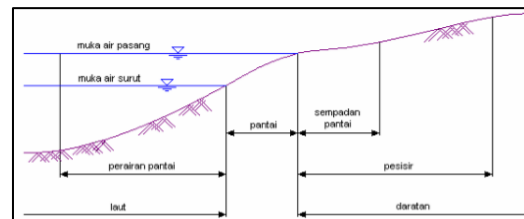
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- Mendapatkan informasi tentang karakteristik gelombang di Pantai Moinit Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan
- Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan acuan yang mendukung guna penyelesaian masalah mundurnya garis pantai di Pantai Moinit Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan khususnya dari aspek keteknikan sipil (pantai).

## LANDASAN TEORI

### Gambaran Umum Pantai

Gambar berikut menjelaskan Gambaran umum Pantai.



Gambar 1. Gambaran Umum Pantai  
Sumber: Triatmodjo, B. (1999)

### Gelombang

Gelombang laut adalah satu fenomena alam yang sering terjadi di laut. Gelombang laut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan laut secara vertikal yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, memiliki ciri tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang acak/random.

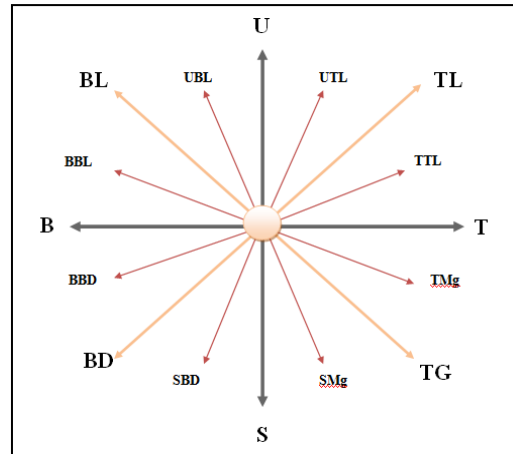
### Gelombang Angin

Gelombang angin umumnya lebih besar pengaruhnya apabila dibandingkan dengan pembangkit lain bagi kepentingan perencanaan pantai. Terjadinya gelombang diatas permukaan laut, umumnya disebabkan karena adanya tiupan angin. Pada daerah tiupan

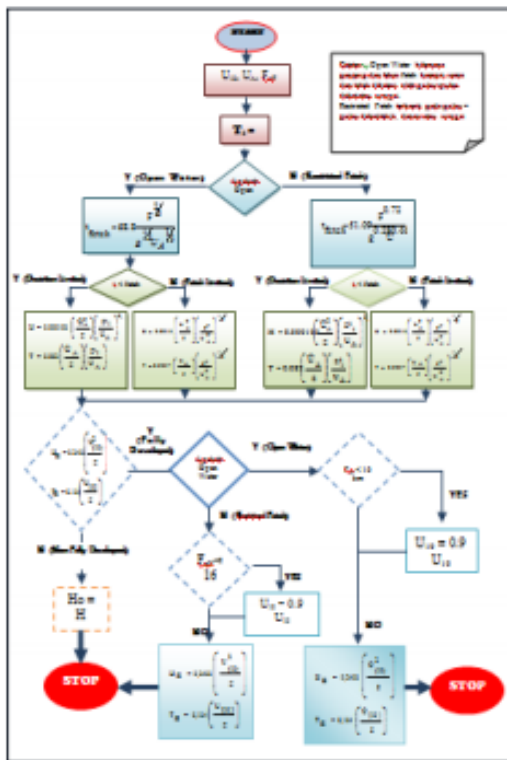
angin, terjadi peristiwa transfer energi angin energi gelombang dalam spektrum frekuensi yang luas. Distribusi frekuensi dan besarnya tiupan angin, sangat bergantung pada lamanya angin bertiup dan luasnya daerah tiupan.

**Hindcasting Gelombang**

*Hindcasting* gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang/terjadi dengan menggunakan data angin di masa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut. Terjadinya gelombang di laut sangat dipengaruhi oleh tiupan angin.



Gambar 3. Arah Angin yang dapat Membangkitkan Gelombang



Gambar 2. Bagan Alir *Hindcasting* Gelombang (SPM, 1984)

**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).

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

Dimana:

- F<sub>eff</sub> : *Fetch* efektif
- F<sub>i</sub> : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*.
- α : Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan sudut.

**Estimasi Angin Permukaan Untuk Peramalan Gelombang**

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau dengan mengkonversi data angin yang diukur di darat. Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* (U<sub>A</sub>), sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang.

**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.

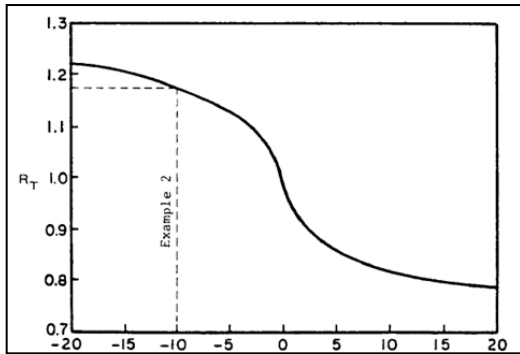
$Y$  =Ketinggian pengukuran angin ( $y < 20$  m)

**Koreksi Stabilitas**

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

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

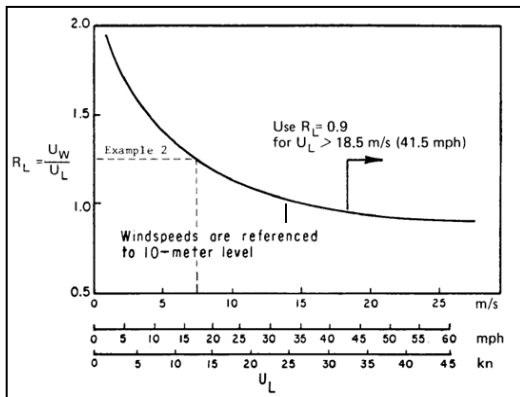
Jika tidak terdapat perbedaan data temperature, maka  $R_T = 1.1$  (SPM'88, hal 3-30)



Gambar 4. Faktor Koreksi Beda Suhu di Laut dan Darat (SPM 1984)

**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  $R_L$ .



Gambar 5. Hubungan antara Kecepatan Angin dilaut dan didarat (SPM 1984)

**Pembentukan Gelombang di Laut Dalam**

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

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

*Restricted Fetch*

$$t_{fetch} = 51.09 \frac{F^{0.72}}{g^{0.28} \hat{U}_A^{0.44}} \dots\dots\dots (4)$$

- Karakter pembentukan gelombang untuk *restricted fetch*

*Duration Limited*

$$H = 0.000103 \left( \frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left( \frac{g_{ti}}{U_A} \right)^{0.69} \dots\dots\dots (5)$$

$$T = 0.082 \left( \frac{\hat{U}_A}{g} \right) \left( \frac{g_{ti}}{U_A} \right)^{0.39} \dots\dots\dots (6)$$

*Fetch Limited*

$$H = 0.0015 \left( \frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (7)$$

$$T = 0.3704 \left( \frac{\hat{U}_A}{g} \right) \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{0.28} \dots\dots\dots (8)$$

- Kondisi gelombang *fully developed* apabila memenuhi ketentuan – ketentuan berikut ini :

$$\frac{gH}{U_A^2} \geq 2.433 \cdot 10^{-4} \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{gT}{U_A} \geq 8.134 \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{gT}{U_A} \geq 7.15 \cdot 10^4 \dots\dots\dots (11)$$

- Apabila kondisi gelombang *fully developed*

*Restricted Fetch*

$$H_{fd} = 0.2433 \left( \frac{\hat{U}_{10}^2}{g} \right) \dots\dots\dots (12)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left( \frac{\hat{U}_{(10)}}{g} \right) \dots\dots\dots (13)$$

- Apabila kondisi gelombang *non fully developed* maka :

$$H_o = H \dots\dots\dots (14)$$

$$T_o = T \dots\dots\dots (15)$$

### Deformasi Gelombang

Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk. Penyebab perubahan ini diantaranya ialah proses refraksi gelombang, pendangkalan gelombang dan proses pecahnya gelombang.

- Proses Refraksi Gelombang  
Pengaruh perubahan kedalaman laut akan menyebabkan refraksi.

$$Kr = \sqrt{\frac{b_o}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha_1}} \dots\dots\dots (16)$$

- Pendangkalan Gelombang  
Shoaling adalah proses dimana terjadinya kenaikan tinggi suatu gelombang, dimana gelombang tersebut memasuki kawasan perairan yang lebih dangkal.

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o \times C_o}{n1 \times L1}} \dots\dots\dots (17)$$

- Gelombang Pecah  
Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisa Data

#### Perhitungan *Fetch* Efektif

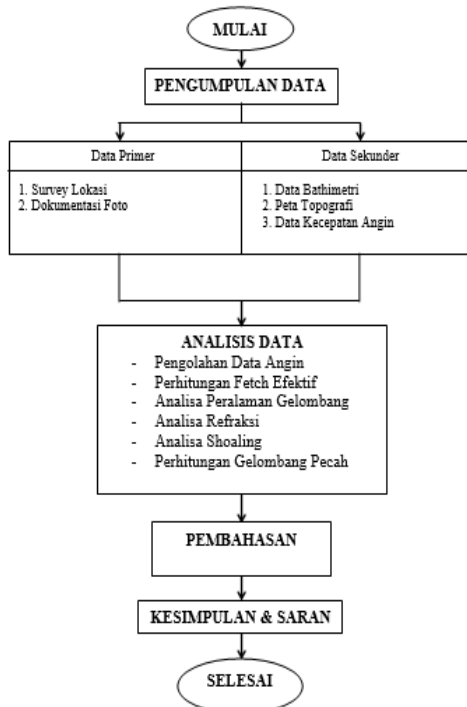
Langkah–langkah perhitungan *fetch* dengan cara manual dijelaskan dibawah ini:

1. Menggunakan peta daerah perairan teluk Amurang tepatnya pada Pantai Moinit Kabupaten Minahasa Selatan
2. Ditentukan arah angin dominan sebagai titik pusat tinjauan. Garis arah angin utama ditentukan sebagai *central radial*
3. Dalam perhitungan ini dibuat sudut dari garis *central radial* kearah kiri dan kanan garis *fetch* dengan interval 4.5° sampai 9°
4. Pastikan bahwa koordinat lokasi sama dengan koordinat pada peta
5. Ukur *fetch* sampai menyentuh daratan atau batas akhir peta, dengan menggunakan aplikasi AutoCAD untuk mendapatkan jarak pada peta.



Gambar 7. *Fetch* arah utara, utara timur laut, barat daya, barat barat daya, barat, barat barat laut, barat laut, dan utara barat laut

### METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

#### Perhitungan *Fetch*

#### Arat Barat Laut

- Panjang garis *fetch* untuk sudut 0° adalah 703.2217 m adalah jarak pada peta yang didapatkan dengan bantuan Software Google Earth dan AutoCAD dengan skala gambar 1:1000.

Untuk mendapatkan jarak sebenarnya maka dilakukan perhitungan jarak sebenarnya

$$\begin{aligned} \text{Jarak sebenarnya} &= \text{Jarak pada peta} \times \text{Skala} \\ &= 703.2217 \text{ m} \times 1000 \\ &= 703221.7 \text{ m} \\ &= 703.2217 \text{ km} \end{aligned}$$

- Batas panjang fetch adalah 200km, jika panjang fetch melebihi 200km, maka dianggap panjang fetch sama dengan 200km.

- Karena panjang fetch untuk arah Barat Laut untuk sudut 0° adalah 703.2217 km, maka dianggap panjang fetchnya sama dengan 200 km. Nilai dari cosines 0° adalah 1, maka:

$$F \cos(\alpha) = 200 \text{ km} \times 1 = 200 \text{ km}$$

Tabel 1. Perhitungan panjang fetch untuk 8 arah

Arah Mata Angin	(α)	F (km)	F cos(α)	F Cos(α)	Feff (km)	
UTARA	-9	748.1983	200.0000	0.9877	197.5377	200.0000
	-4.5	672.2008	200.0000	0.9969	199.3835	
	0	587.0476	200.0000	1.0000	200.0000	
	4.5	565.3727	200.0000	0.9969	199.3835	
	9	587.5337	200.0000	0.9877	197.5377	
UTARA TIMUR LAUT	-9	512.2363	200.0000	0.9877	197.5377	200.0000
	-4.5	670.3058	200.0000	0.9969	199.3835	
	0	315.1845	200.0000	1.0000	200.0000	
	4.5	296.4136	200.0000	0.9969	199.3835	
	9	287.5453	200.0000	0.9877	197.5377	
TIMUR LAUT	-9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	0.0000
	-4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
	4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	
TIMUR TIMUR LAUT	-9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	0.0000
	-4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
	4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	
TIMUR	-9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	0.0000
	-4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
	4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	
TIMUR TENGGARA	-9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	0.0000
	-4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
	4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	
TENGGARA	-9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	0.0000
	-4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
	4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	
SELATAN TENGGARA	-9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	0.0000
	-4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
	4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	
SELATAN	-9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	0.0000
	-4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
	4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	
SELATAN BARAT DAYA	-9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	0.0000
	-4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	0	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	
	4.5	0.0000	0.0000	0.9969	0.0000	
	9	0.0000	0.0000	0.9877	0.0000	
BARAT DAYA	-9	53.7073	53.7073	0.9877	53.0461	78.5457
	-4.5	66.6095	66.6095	0.9969	66.4042	
	0	77.9371	77.9371	1.0000	77.9371	
	4.5	93.6319	93.6319	0.9969	93.3433	
	9	100.8208	100.8208	0.9877	99.5795	
BARAT BARAT DAYA	-9	107.3248	107.3248	0.9877	106.0035	144.2775
	-4.5	118.0963	118.0963	0.9969	117.7322	
	0	132.2700	132.2700	1.0000	132.2700	
	4.5	146.2320	146.2320	0.9969	145.7812	
	9	217.8404	217.8404	0.9877	215.1584	
BARAT	-9	240.3619	240.3619	0.9877	237.4026	208.0224
	-4.5	350.1217	350.0000	0.9969	349.3835	
	0	403.9121	350.0000	1.0000	350.0000	
	4.5	783.5864	200.0000	0.9969	199.3835	
	9	779.2217	200.0000	0.9877	197.5377	
BARAT BARAT LAUT	-9	834.8475	200.0000	0.9877	197.5377	200.0000
	-4.5	863.2745	200.0000	0.9969	199.3835	
	0	876.0699	200.0000	1.0000	200.0000	
	4.5	814.3605	200.0000	0.9969	199.3835	
	9	842.6736	200.0000	0.9877	197.5377	
BARAT LAUT	-9	792.3352	200.0000	0.9877	197.5377	200.0000
	-4.5	711.9571	200.0000	0.9969	199.3835	
	0	703.2217	200.0000	1.0000	200.0000	
	4.5	677.1590	200.0000	0.9969	199.3835	
	9	676.8451	200.0000	0.9877	197.5377	
UTARA BARAT LAUT	-9	664.3142	200.0000	0.9877	197.5377	200.0000
	-4.5	650.1183	200.0000	0.9969	199.3835	
	0	694.8836	200.0000	1.0000	200.0000	
	4.5	790.8868	200.0000	0.9969	199.3835	
	9	757.3450	200.0000	0.9877	197.5377	

### Pengolahan Data Angin

Data angin yang akan digunakan adalah data kecepatan angin dalam kurun waktu 10 tahun terakhir (2010 – 2019) yang didapat dari Web Penyedia Data Klimatologi

(ECMWF). Berikut adalah proses pengolahan data angin.

- Download data angin yang diperlukan pada The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) dengan link <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>.
- Setelah data U dan V didownload, akses data tersebut menggunakan aplikasi grads. Untuk mendapatkan file data u dan v dalam format file excel.
- Kemudian gabungkan kedua data tersebut dalam satu excel
- Lalu masukkan kedalam rumus untuk mencari nilai kecepatan angin.  

$$\text{Wind Speed (m/s)} = \sqrt{u^2 + v^2}$$

### Analisa Data Angin

Data Angin yang dianalisa adalah data kecepatan dan arah angin maksimum harian dalam selang waktu 10 tahun terakhir, yakni tahun 2010 – 2019. Data angin diperoleh dari Web Penyedia Data Klimatologi (ECMWF). Arah angin diklasifikasikan dalam 16 arah mata angin.

Kecepatan angin berupa data sekunder hasil pemodelan *Windwaves* 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 = 0.5144 m/det.

Tabel 2. Data Angin bulan Januari tahun 2013

Tahun	Bulan	Tanggal	Wind Direction	Wind Speed (knots)	Wind Speed (m/s)
2013	1	1	N	4.27972	2.20149
2013	1	2	NNW	3.88107	1.99642
2013	1	3	WSW	6.46792	3.32710
2013	1	4	WNW	3.19634	1.64420
2013	1	5	N	4.74664	2.44167
2013	1	6	NW	3.16549	1.62833
2013	1	7	NW	8.12736	4.18071
2013	1	8	NW	8.04163	4.13662
2013	1	9	NW	7.38494	3.79881
2013	1	10	WNW	7.19138	3.69924
2013	1	11	WNW	5.56140	2.86079
2013	1	12	WSW	3.73617	1.92189
2013	1	13	ESE	2.82711	1.45427
2013	1	14	WNW	4.68834	2.41168
2013	1	15	WNW	5.87867	3.02399
2013	1	16	WNW	5.04821	2.59680
2013	1	17	NW	3.59914	1.85140
2013	1	18	S	5.81298	2.99020
2013	1	19	SW	6.47227	3.32933
2013	1	20	SSW	5.09508	2.62091
2013	1	21	S	7.17913	3.69294
2013	1	22	S	4.79197	2.46499
2013	1	23	NW	3.42810	1.76341
2013	1	24	WNW	4.39007	2.25825
2013	1	25	WNW	5.18956	2.66951
2013	1	26	WNW	5.28606	2.71915
2013	1	27	NW	6.04291	3.10847
2013	1	28	WNW	5.51293	2.83585
2013	1	29	WNW	5.16405	2.65639
2013	1	30	W	3.46265	1.78119
2013	1	31	S	1.30157	0.66953

**Perhitungan Faktor Tegangan Angin**

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan nilai  $U_A$  (Perhitungan pada data angin tanggal 16 Januari 2013)

- Koreksi Terhadap Elevasi

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

$$U_{10} = 2.60 \left( \frac{10}{10} \right)^{1/7} = 2.60 \text{ m/det}$$

- Koreksi Terhadap Stabilitas dan Efek Lokasi

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

$$U_A = 1.1 \times 1.63 \times 2.60$$

$$U_A = 4.6618 \text{ m/det}$$

$$U_A = 4.66 \text{ m/det}$$

Tabel 3. Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Tahun	Bulan	Tanggal	Wind Direction	Uz m/det	Nilai RL	U <sub>10</sub> m/det	U <sub>A</sub> m/det
2013	1	1	N	2.20	1.700	2.20	4.12
2013	1	2	NNW	2.00	1.733	2.00	3.81
2013	1	3	WSW	3.33	1.547	3.33	5.66
2013	1	4	WNW	1.64	1.790	1.64	3.24
2013	1	5	N	2.44	1.647	2.44	4.42
2013	1	6	NW	1.63	1.790	1.63	3.21
2013	1	7	NW	4.18	1.470	4.18	6.76
2013	1	8	NW	4.14	1.480	4.14	6.73
2013	1	9	NW	3.80	1.517	3.80	6.34
2013	1	10	WNW	3.70	1.523	3.70	6.20
2013	1	11	WNW	2.86	1.613	2.86	5.08
2013	1	12	WSW	1.92	1.750	1.92	3.70
2013	1	13	ESE	1.45	1.823	1.45	2.92
2013	1	14	WNW	2.41	1.650	2.41	4.38
2013	1	15	WNW	3.02	1.600	3.02	5.32
2013	1	16	WNW	2.60	1.633	2.60	4.66
2013	1	17	NW	1.85	1.757	1.85	3.58
2013	1	18	S	2.99	1.600	2.99	5.26
2013	1	19	SW	3.33	1.547	3.33	5.67
2013	1	20	SSW	2.62	1.633	2.62	4.71
2013	1	21	S	3.69	1.523	3.69	6.19
2013	1	22	S	2.46	1.647	2.46	4.47
2013	1	23	NW	1.76	1.777	1.76	3.45
2013	1	24	WNW	2.26	1.683	2.26	4.18
2013	1	25	WNW	2.67	1.630	2.67	4.79
2013	1	26	WNW	2.72	1.623	2.72	4.85
2013	1	27	NW	3.11	1.583	3.11	5.41
2013	1	28	WNW	2.84	1.613	2.84	5.03
2013	1	29	WNW	2.66	1.630	2.66	4.76
2013	1	30	W	1.78	1.767	1.78	3.46
2013	1	31	S	0.67	1.964	0.67	1.45

Sumber : Hasil Perhitungan

**Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang**

Pada perhitungan tinggi dan periode gelombang untuk perhitungan  $t_{fetch}$  digunakan perhitungan *Restricted Fetch* karena panjang dan lebar fetch terhenti pada pulau-pulau dekat teluk, danau atau sungai. Peramalan gelombang dilakukan dengan metode *hindcasting* gelombang.

Tabel 4. Perhitungan Faktor Tegangan Angin untuk *Restricted Fetch*

Tahun	Bulan	Tanggal	Wind Direction	Uz m/det	Nilai RL	U <sub>10</sub> m/det	U <sub>A</sub> m/det	U <sub>A</sub> m/det
2013	1	1	N	2.20	1.700	2.20	4.12	4.07
2013	1	2	NNW	2.00	1.733	2.00	3.81	3.76
2013	1	3	WSW	3.33	1.547	3.33	5.66	5.59
2013	1	4	WNW	1.64	1.790	1.64	3.24	3.20
2013	1	5	N	2.44	1.647	2.44	4.42	4.37
2013	1	6	NW	1.63	1.790	1.63	3.21	3.17
2013	1	7	NW	4.18	1.470	4.18	6.76	6.68
2013	1	8	NW	4.14	1.480	4.14	6.73	6.65
2013	1	9	NW	3.80	1.517	3.80	6.34	6.26
2013	1	10	WNW	3.70	1.523	3.70	6.20	6.12
2013	1	11	WNW	2.86	1.613	2.86	5.08	5.01
2013	1	12	WSW	1.92	1.750	1.92	3.70	3.65
2013	1	13	ESE	1.45	1.823	1.45	2.92	2.88
2013	1	14	WNW	2.41	1.650	2.41	4.38	4.32
2013	1	15	WNW	3.02	1.600	3.02	5.32	5.26
2013	1	16	WNW	2.60	1.633	2.60	4.66	4.61
2013	1	17	NW	1.85	1.757	1.85	3.58	3.53
2013	1	18	S	2.99	1.600	2.99	5.26	5.20
2013	1	19	SW	3.33	1.547	3.33	5.67	5.60
2013	1	20	SSW	2.62	1.633	2.62	4.71	4.65
2013	1	21	S	3.69	1.523	3.69	6.19	6.11
2013	1	22	S	2.46	1.647	2.46	4.47	4.41
2013	1	23	NW	1.76	1.777	1.76	3.45	3.40
2013	1	24	WNW	2.26	1.683	2.26	4.18	4.13
2013	1	25	WNW	2.67	1.630	2.67	4.79	4.73
2013	1	26	WNW	2.72	1.623	2.72	4.85	4.79
2013	1	27	NW	3.11	1.583	3.11	5.41	5.35
2013	1	28	WNW	2.84	1.613	2.84	5.03	4.97
2013	1	29	WNW	2.66	1.630	2.66	4.76	4.70
2013	1	30	W	1.78	1.767	1.78	3.46	3.42
2013	1	31	S	0.67	1.964	0.67	1.45	1.43

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan perhitungan *hindcasting* gelombang maka, diperoleh tinggi dan periode gelombang yang terjadi pada tahun 2010 – 2019.

Tabel 5. Rekapitulasi Arah, Tinggi, dan Periode Gelombang Tahun 2010 – 2019

BULAN	HT	ARAH DATANG GELOMBANG								MAX TIAP BULAN	
		N	NNE	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	ARAH	HT
JANUARI	H(m)	0.416	0.000	0.574	0.888	0.981	1.080	1.030	0.541		1.080
	T(dst)	2.683	0.000	3.117	3.820	4.001	4.184	4.094	3.033		4.184
FEBRUARI	H(m)	0.421	0.000	0.834	0.680	1.324	1.456	1.268	0.457	WNW	1.456
	T(dst)	2.699	0.000	3.709	3.374	4.602	4.809	4.508	2.804		4.809
MARET	H(m)	0.358	0.000	0.678	0.593	0.579	1.068	0.447	0.372	WNW	1.068
	T(dst)	2.501	0.000	3.369	3.165	3.129	4.162	2.776	2.547		4.162
APRIL	H(m)	0.335	0.000	0.452	0.527	0.729	0.600	1.043	0.314	W	1.043
	T(dst)	2.425	0.000	2.789	2.995	3.484	3.183	4.117	2.355		4.117
MEI	H(m)	0.010	0.000	0.522	0.606	1.080	1.160	0.000	0.000	WNW	1.160
	T(dst)	0.518	0.000	2.984	3.197	4.184	4.327	0.000	0.000		4.327
JUNI	H(m)	0.000	0.000	0.481	0.418	0.979	0.614	0.121	0.000	W	0.979
	T(dst)	0.000	0.000	2.871	2.689	3.998	3.217	1.510	0.036		3.998
JULI	H(m)	0.000	0.000	0.536	0.615	0.329	0.000	0.134	0.000	WSW	0.615
	T(dst)	0.000	0.000	3.020	3.218	2.407	0.000	1.582	0.000		3.218
AGUSTUS	H(m)	0.000	0.000	0.595	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	SW	0.595
	T(dst)	0.000	0.000	3.169	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		3.169
SEPTEMBER	H(m)	0.317	0.000	0.519	0.404	0.000	0.000	0.000	0.000	WSW	0.519
	T(dst)	2.364	0.000	2.974	2.647	0.000	0.000	0.000	0.000		2.974
OKTOBER	H(m)	0.238	0.000	0.887	0.529	1.268	0.308	1.080	0.147	W	1.268
	T(dst)	2.069	0.000	3.817	3.002	4.508	1.942	4.184	1.654		4.508
NOVEMBER	H(m)	0.350	0.000	0.592	0.625	1.160	0.529	1.030	0.354	W	1.160
	T(dst)	2.476	0.000	3.163	3.243	4.327	3.028	4.094	2.490		4.327
DESEMBER	H(m)	0.431	0.000	0.641	0.616	1.160	1.055	0.981	0.418	WNW	1.160
	T(dst)	2.729	0.000	3.281	3.223	4.327	4.140	4.001	2.688		4.327
MAX TIAP	H(m)	0.431	0.000	0.887	0.888	1.324	1.456	1.268	0.541	WNW	1.456
ARAH	T(dst)	2.729	0.000	3.817	3.820	4.602	4.809	4.508	3.033		4.809

Sumber : Hasil Perhitungan

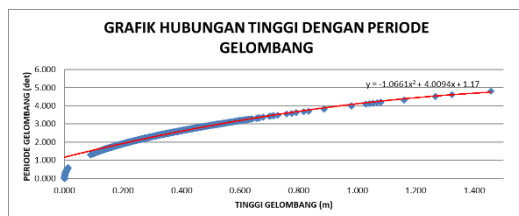
**Analisa Transformasi Gelombang Perhitungan Koefisien Refraksi**

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan koefisien refraksi :

- Tentukan sudut datang gelombang ( $\alpha$ )  
Sudut datang gelombang ( $\alpha$ ) = 22.5°
- Tentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan.

- Kedalaman diambil mulai dari -10 m sampai -0.1 m,
- Tentukan tinggi dan periode gelombang rencana (yang paling maksimum dari arah tinjauan)
- 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.

Berikut merupakan grafik hubungan tinggi dan periode gelombang yang didapat menggunakan *trendline* di program Microsoft Excel.



Gambar 8. Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang

Berdasarkan grafik hubungan tinggi (H) dan periode (T) didapat persamaan :

$$y = -1.0661x^2 + 4.0094x + 1.17 \dots (18)$$

Untuk arah WNW (Barat Barat Laut)

$$H_0 = 1.456 \text{ m}$$

$$T_0 = -1.0661x^2 + 4.0094x + 1.17 \\ = -1.0661(1.456)^2 + 4.0094(1.456) + 1.17 \\ = 4.748$$

- Perhitungan Panjang Gelombang

$$L_0 = 1.56T^2 \\ L_0 = 1.56 \times 4.748^2 \\ = 35.1665$$

- Perhitungan nilai  $\alpha$  (untuk kedalaman 10m)

$$d/L_0 = 10 / 35.166 \\ = 0.2844$$

Untuk  $d/L_0 = 0.2844$  maka nilai  $d/L = 0.29811$  dan nilai  $n = 0.58851$

$$d/L = 0.29811 \\ 10/L = 0.29836 \\ L = 33.5444 \text{ m}$$

Tabel 6. Pembacaan nilai d/L dan n

LAMPIRAN I  
Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_0$	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.2700	0.28539	1.7931	0.9461	2.9209	3.0873	0.939	0.3239	3.5863	18.036	18.06	0.5994
0.2710	0.28627	1.7987	0.9467	2.9381	3.1036	0.939	0.3222	3.5973	18.237	18.26	0.5986
0.2720	0.28715	1.8042	0.9472	2.9553	3.1199	0.940	0.3205	3.6084	18.441	18.47	0.5978
0.2730	0.28803	1.8098	0.9478	2.9727	3.1364	0.940	0.3188	3.6195	18.647	18.67	0.5971
0.2740	0.28892	1.8153	0.9484	2.9901	3.1529	0.940	0.3172	3.6306	18.855	18.88	0.5963
0.2750	0.28980	1.8209	0.9489	3.0077	3.1696	0.941	0.3155	3.6418	19.066	19.09	0.5955
0.2760	0.29069	1.8264	0.9495	3.0254	3.1864	0.941	0.3138	3.6529	19.280	19.31	0.5947
0.2770	0.29157	1.8320	0.9500	3.0432	3.2033	0.941	0.3122	3.6640	19.496	19.52	0.5940
0.2780	0.29246	1.8376	0.9506	3.0610	3.2202	0.942	0.3105	3.6752	19.715	19.74	0.5932
0.2790	0.29335	1.8431	0.9511	3.0790	3.2374	0.942	0.3089	3.6863	19.936	19.96	0.5925
0.2800	0.29423	1.8487	0.9516	3.0971	3.2546	0.942	0.3073	3.6975	20.160	20.19	0.5917
0.2810	0.29512	1.8543	0.9522	3.1154	3.2719	0.943	0.3056	3.7086	20.386	20.41	0.5910
0.2820	0.29601	1.8599	0.9527	3.1337	3.2894	0.943	0.3040	3.7198	20.616	20.64	0.5902
0.2830	0.29690	1.8655	0.9532	3.1521	3.3069	0.943	0.3024	3.7310	20.848	20.87	0.5895
0.2840	0.29779	1.8711	0.9537	3.1707	3.3246	0.944	0.3008	3.7422	21.083	21.11	0.5888
0.2850	0.29868	1.8767	0.9542	3.1893	3.3424	0.944	0.2992	3.7533	21.320	21.34	0.5880
0.2860	0.29957	1.8823	0.9547	3.2081	3.3603	0.944	0.2976	3.7645	21.561	21.58	0.5873
0.2870	0.30047	1.8879	0.9552	3.2270	3.3784	0.945	0.2960	3.7758	21.804	21.83	0.5866
0.2880	0.30136	1.8935	0.9557	3.2460	3.3965	0.945	0.2944	3.7870	22.050	22.07	0.5859
0.2890	0.30225	1.8991	0.9562	3.2651	3.4148	0.945	0.2928	3.7982	22.299	22.32	0.5852

Cepat rambat gelombang :

$$C_0 = L_0/T \\ = 35.1665 / 4.748 \\ = 7.4067 \text{ m/det}$$

$$C = L/T \\ = 33.5444 / 4.748 \\ = 7.0651 \text{ m/det}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \times \sin \alpha \\ = \frac{7.0651}{7.4067} \times \sin 22.5 \\ = 0.365$$

$$\alpha = 21.410^\circ$$

- Nilai Koefisien Refraksi (Kr)

$$Kr = \frac{\cos 22.5}{\cos 21.410} \\ Kr = \frac{\cos 22.5}{\cos 21.410} = 0.9962$$

Tabel 7. Perhitungan Refraksi Gelombang untuk arah Barat Barat Laut

$a_0$	d	H <sub>0</sub>	T	L <sub>0</sub>	d/L <sub>0</sub>	d/L	L	C <sub>0</sub>	C	sin $\alpha$	$\alpha$	$\cos \alpha / \cos a$	Kr
22.5	10	1.456	4.748	35.1665	0.2844	0.29811	33.5444	7.4067	7.0651	0.3650	21.410	0.9924	0.9962
21.410	7	1.369	4.661	33.8907	0.2065	0.23064	30.3498	7.2711	6.5114	0.3269	19.080	0.9851	0.9925
19.080	6	1.250	4.516	31.8089	0.1886	0.21556	27.8349	7.0443	6.1642	0.2861	16.622	0.9863	0.9931
16.622	4	1.137	4.350	29.5172	0.1355	0.17120	23.3649	6.7858	5.3714	0.2264	13.087	0.9838	0.9918
13.087	1	1.032	4.172	27.1571	0.0368	0.07963	12.5577	6.5088	3.0097	0.1047	6.010	0.9794	0.9897
6.010	0.5	1.104	4.297	28.8053	0.0174	0.05353	9.3401	6.7035	2.1736	0.0339	1.946	0.9951	0.9975

Sumber: Hasil Perhitungan



**Perhitungan Koefisien Shoaling**

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

Dimana:  $n_o =$  (dilaut dalam) 0.5;  
 $L_o = 35.1665$  m

Dari tabel perhitungan shoaling untuk nilai  $d/L_o = 0.2844$  diperoleh nilai  $n = 0.5885$

$$K_s = \sqrt{\frac{0.5 \times 35.1665}{0.5885 \times 33.5444}}$$

$$K_s = 0.9438$$

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

$$H = H_o \cdot Kr \cdot K_s$$

$$= 1.456 \times 0.9962 \times 0.9438$$

$$= 1.3691$$

Tabel 8. Perhitungan Shoaling untuk Arah Barat Barat Laut

L	C <sub>0</sub>	C	sin a	a	sin a/cos a	m	n	Kr	Ks	H
33.5444	7.4067	7.0651	0.365	21.410	0.992	0.5	0.5885	0.9962	0.9438	1.3691
30.3498	7.2711	6.5114	0.327	19.080	0.985	0.5	0.6602	0.9925	0.9196	1.2497
27.8349	7.0443	6.1642	0.286	16.622	0.986	0.5	0.6812	0.9931	0.9158	1.1366
23.3649	6.7858	5.3714	0.226	13.087	0.984	0.5	0.7537	0.9918	0.9154	1.0320
12.5577	6.5088	3.0097	0.105	6.010	0.979	0.5	0.9254	0.9897	1.0810	1.1041
9.3401	6.7035	2.1736	0.034	1.946	0.995	0.5	0.9642	0.9975	1.2646	1.3928

Sumber : Hasil Perhitungan

**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  $H_b$

Diketahui :

$$H_o = 1.456$$
 m  

$$T_o = 4.748$$
 detik  

$$H = 1.3691$$
 m  

$$K_s = 0.9438$$
  

$$d/L_o = 0.2844$$
  

$$g = 9.81$$
 m/s<sup>2</sup>

Maka :

$$H'_o = H_o / K_s$$

$$H'_o = 1.456/0.9438$$

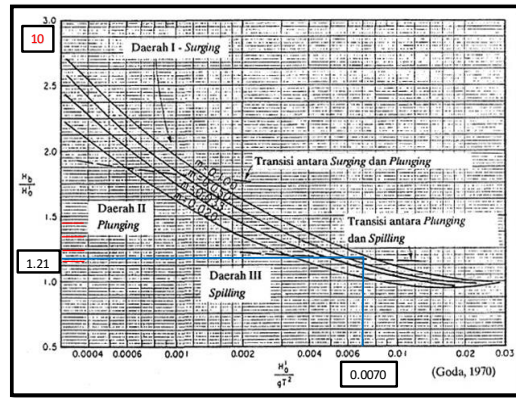
$$H'_o = 1.5431$$

$$H'_o/gT^2 = 1.5431 / 9.81 \times (4.748)^2$$

$$H'_o/gT^2 = 0.0070$$

Nilai  $H_b$  didapat dari hasil masukan nilai  $H'_o/gT^2$  dan nilai kemiringan pantai (m) pada grafik “Penentuan tinggi gelombang pecah, SPM 1984 (2-131)”

Plot nilai  $H'_o/gT^2$  pada grafik untuk:  
 $H'_o/gT^2 = 0.0070$  dan  $m = 0.08$



Gambar 9. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

Sumber: SPM 1984

$$H_b/H'_o = 1.21$$

$$H_b = (H_b/H'_o) \times H'_o$$

$$H_b = 1.21 \times 1.5431$$

$$H_b = 1.8671$$

Tabel 9. Perhitungan Gelombang Pecah Untuk Arah Barat Barat Laut

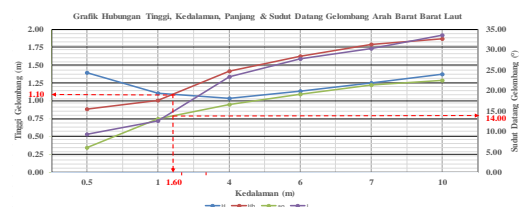
H'o	H'o/gT <sup>2</sup>	m	Hb/H'o	Hb
1.5431	0.0070	0.08	1.21	1.8671
1.4888	0.0070	0.07	1.20	1.7866
1.3646	0.0068	0.06	1.19	1.6238
1.2416	0.0067	0.05	1.14	1.4154
0.9547	0.0056	0.02	1.05	1.0025
0.8730	0.0048	0.01	1.01	0.8818

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- Untuk nilai  $H_b/gT^2$  didapat secara manual dari plot grafik penentuan tinggi gelombang pecah
- Untuk Nilai m (kemiringan) didapat dari kemiringan pantai di lokasi penelitian

Setelah didapatkan nilai  $H_b$  maka dibuat grafik hubungan antara tinggi, kedalaman, panjang, dan sudut datang gelombang.



Gambar 10. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman Dan Sudut Datang Gelombang Arah WNW (Barat Barat Laut)

Berdasarkan grafik hubungan antara tinggi, kedalaman, panjang dan sudut datang gelombang arah barat barat laut (WNW) maka diperoleh:

Tinggi Gelombang Pecah = 1.10 m  
Kedalaman gelombang pecah = 1.60 m

### **Hasil Dan Pembahasan Peramalan Gelombang**

Dari hasil perhitungan diperoleh 8 arah pembentukan gelombang yaitu Utara, Utara Timur Laut, Barat Daya, Barat-Barat Daya, Barat, Barat-Barat Laut, Barat Laut, dan Utara Barat Laut. Dimana gelombang laut yang terjadi di Pantai Moinit Amurang di dominasi oleh gelombang dari arah Barat-Barat Laut, dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Februari tahun 2017 dengan tinggi gelombang 1.456 m dengan periode 4.809 detik

### **Transformasi Gelombang**

- Koefisien Refraksi dan Shoaling (Pendangkalan) berdasarkan perhitungan menggunakan metode analitis maka diperoleh nilai koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.9897 sampai 0.9975 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar antara 0.9154 sampai 1.2646
- Tinggi Gelombang pecah berdasarkan perhitungan analitis didapatkan 0.9429 m sampai 1.8671 m pada kedalaman 0.5 m sampai 10 m.

### **Karakteristik Gelombang terhadap Lingkungan**

Lingkungan secara khususnya daerah pesisir pantai, terkadang terkena dampak dari terjadinya gelombang yang cukup besar, seperti mundurnya garis pantai. Selain itu, adanya kerusakan pantai yang disebabkan oleh gelombang laut, seperti terjadinya abrasi atau erosi gelombang laut yang merupakan suatu proses pengikisan pantai oleh karena gelombang laut. Sehingga diperlukan studi mengenai karakteristik gelombang untuk menangani permasalahan di daerah pantai.

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis transformasi gelombang terhadap daerah Pantai Moinit Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan dengan menggunakan data angin 10 tahun (2010-2019) dari Web Penyedia Data Klimatologi (ECMWF) maka diperoleh:

- **Tinggi gelombang pecah maksimum (Hb) = 1.10 m**
- **Gelombang pecah pada kedalaman (Db) = 1.60 m**  
**Pada jarak relatif 75 m dari garis pantai**

### **Saran**

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan pergerakan dari sedimen, bangkitan arus dan juga pelepasan energi yang terjadi di Pantai Moinit Amurang, Kabupaten Minahasa Selatan, agar diketahui apakah perlu adanya bangunan pengaman pantai atau tidak.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Danial, M, M. 2008. *Rekayasa Pantai*. Alfabeta. Bandung. hal.12,13,26,
- Ningsih, Siti Nurfitriya, M. Ihsan Jasin, Fuad Halim. *Studi Karakteristik Gelombang Pada Pantai Indah di Kelurahan Pohe Kota Gorontalo*. Jurnal Sipil Statik Vol. 4 No. 3 Maret 2016 (145-154) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Putri, Pangestika Indiani, M. Ihsan Jasin, Fuad Halim. *Analisis Karakteristik Gelombang Di Teluk Amurang Kabupaten Minahasa Selatan*. Jurnal Sipil Statik Vol. 6 No. 8 Agustus 2018 (559-568) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado
- 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

