



# Analisis Peramalan Ketinggian Gelombang Laut Dengan Periode Ulang Menggunakan Metode Gumbel Fisher Tippet-Tipe 1 Studi Kasus : Perairan Pulau Baai Bengkulu

Supiyati

*Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia*

Diterima 10 Juni 2008; Disetujui 30 Juni 2008

**Abstrak** - Pengukuran tinggi gelombang sangat jarang dan sulit di dapat, sehingga pada penelitian ini dilakukan peramalan tinggi gelombang melalui modifikasi data kecepatan angin selama 10 tahun (1997-2006) dengan menggunakan metode Gumbel Fisher Tippet-Tipe 1 berdasarkan Periode Ulang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tinggi gelombang, menentukan prosentase kejadian gelombang pada tiap-tiap arah angin di musim barat, musim timur, musim peralihan 1 dan musim peralihan 2, serta menentukan perkiraan tinggi gelombang dengan periode ulang di laut dalam dan di laut dangkal. Hasil penelitian diperoleh pada musim Barat dan Peralihan 1 gelombang dominan terjadi dari arah Barat, pada musim Timur gelombang dominan terjadi dari arah Selatan sedangkan pada musim Peralihan 2 gelombang dominan terjadi dari tiga arah yaitu dari arah Selatan, Barat dan Tenggara. Sedangkan ketinggian gelombangnya yang paling sering terjadi selama sepuluh tahun (1997-2006) adalah untuk laut dalam ketinggian gelombang 1; 3 m dan 99,81% ketinggian gelombang yang terjadi dipengaruhi oleh tahun ulangan yang memenuhi persamaan logaritmik  $y=0,6916\ln(x)+2,722$ . Dan untuk laut dangkal ketinggian gelombang 0,3; < 0,4 m dan 99,79% ketinggian gelombang yang terjadi dipengaruhi oleh tahun ulangan yang memenuhi persamaan logaritmik  $y=0,0505\ln(x)+0,411$ .

**Kata Kunci** : Gelombang, Peramalan, Periode ulang, Musim.

## 1. Pendahuluan

Gelombang terjadi akibat adanya gaya-gaya alam yang bekerja di laut seperti tekanan dan tegangan dari atmosfer (khususnya melalui angin), gempa bumi, gaya gravitasi bumi dan benda-benda angkasa (bulan dan matahari), gaya coriolis (akibat rotasi bumi) dan tegangan permukaan [6]. Gelombang-gelombang yang terjadi di lautan terutama disebabkan oleh pengaruh angin. Menurut Sverdrup dan Munk terjadinya gelombang disebabkan adanya stress dari angin yang bekerja pada permukaan laut. Jadi, apabila kekuatan angin besar, maka gelombang yang terjadi juga besar [4].

Gelombang angin (*wind waves*) dan gelombang pasang surut (*tides*) merupakan gelombang yang paling penting untuk keperluan teknik sipil dan kelautan. Kedua jenis gelombang tersebut terjadi setiap saat di laut, sehingga berbagai bangunan di laut harus diperhitungkan terhadap kedua gelombang tersebut [10]. Gelombang laut akan menimbulkan gaya pada bangunan-bangunan pantai sehingga bangunan pantai harus direncanakan mampu

bertahan terhadap gaya tersebut. Disamping itu gelombang akan menimbulkan arus yang menyebabkan terjadinya angkutan sedimen. Angkutan sedimen ini dapat menimbulkan erosi dan sedimentasi pada daerah pantai. Oleh karena itu pengetahuan tentang gelombang sangat diperlukan, sehingga perencanaan bangunan pantai dapat dilakukan dengan tepat dan perlindungan pantai dapat dilakukan sesuai dengan iklim gelombang setempat. Selanjutnya di dalam perencanaan bangunan pantai diperlukan data gelombang yang mencakup seluruh musim, terutama pada musim dimana gelombang-gelombang besar terjadi [9]. Gelombang-gelombang kecil, sedang dan besar yang sering terjadi digunakan untuk analisis proses pantai, sedangkan gelombang-gelombang ekstrim (sangat besar) digunakan untuk analisis stabilitas bangunan-bangunan pantai.

Pada perairan Pulau Baai banyak bangunan-bangunan di sekitar pantai. Ketinggian gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Oleh karena itu perlu diketahui peramalan ketinggian gelombang dengan periode ulang

tertentu yaitu ketinggian gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun. Namun, untuk menentukan periode ulang tertentu, diperlukan data gelombang dengan jangkauan waktu pengukuran cukup panjang (beberapa tahun). Data tersebut dapat berupa data pengukuran gelombang secara langsung atau data gelombang hasil peramalan berdasarkan data angin. Pada umumnya pencatatan tinggi gelombang sangat jarang dan sulit di dapat. Oleh karena itu dalam penelitian-penelitian tinggi gelombang biasanya digunakan modifikasi dari data angin [8]. Dalam meramalkan tinggi gelombang berdasarkan data angin diperlukan tiga parameter, yaitu kecepatan angin ( $u$ ), panjang daerah yang dipengaruhi angin (daerah Fetch ( $F$ )), lamanya angin bertiup (durasi angin ( $t$ )) dan peta daerah kajian. [9].

## 2. Metode Penelitian

### a. Pengolahan data

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data kecepatan angin yang diperoleh dari stasiun klimatologi Pulau Baai Bengkulu. Data kecepatan angin yang digunakan yaitu kecepatan angina maksimum harian selama 10 tahun (1997-2006).

Data kecepatan angin yang diperoleh terlebih dahulu dianalisa untuk mendapatkan arah angin dominan dan panjang *fetch*. Panjang *fetch* dan kecepatan angin menjadi masukan dalam penentuan tinggi gelombang. Namun data kecepatan angin yang diperoleh tidak dapat langsung digunakan. Data kecepatan angin yang diperoleh dari darat yang terdekat dengan lokasi peramalan harus ditransformasikan terlebih dahulu ke data angin di tengah laut. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh  $R_L = U_w / U_L$ . Beberapa rumus atau grafik untuk maramalkan gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang diukur pada  $y = 10$  m. Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin harus dikonversi pada elevasi tersebut, dengan persamaan:

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

Kecepatan angin yang telah dimodifikasi dengan durasi kejadian angin merupakan kecepatan angin efektif, dimana kecepatan angin efektif ini digunakan untuk perhitungan

faktor tegangan angin yang selanjutnya dipakai dalam persamaan peramalan tinggi gelombang. Dalam perhitungan untuk menentukan faktor tegangan angin digunakan persamaan  $U_A = 0,71U^{1,23}$ .

Dalam peramalan ketinggian gelombang laut di laut dalam dan di laut dangkal pada kedalaman 1,5 m berdasarkan data angin digunakan persamaan:

$$\frac{gH_{mo}}{U_A^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2}$$

dan

$$\frac{gH_s}{U_A^2} = 0,283 \times \tanh \left[ 0,53 \left( \frac{gd}{U_A^2} \right)^{3/4} \right] \tanh \left[ \frac{0,00563 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2}}{\tanh \left( 0,530 \left( \frac{gd}{U_A^2} \right)^{3/4} \right)} \right]$$

Dari ketinggian gelombang hasil peramalan dapat ditentukan ketinggian gelombang dengan periode ulang tertentu, dimana pada penelitian ini periode ulang yang ditinjau adalah periode ulang kelipatan dua tahun dari periode ulang dua tahunan hingga dua puluh tahunan. Pada peramalan ketinggian gelombang dengan periode ulang ini, metode yang digunakan adalah metode Distribusi Gumbel (Fisher-Tippett Type1).

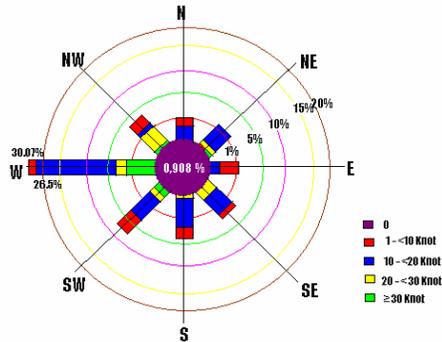
### b. Analisis Data

Dalam menganalisis data dilakukan secara deskriptif, dan secara korelasi dan regresi. Secara deskriptif adalah membandingkan tinggi gelombang yang dibangkitkan oleh angin terhadap kecepatan angin sebagai pembangkit gelombang, dan menguraikan hasil penelitian sehingga diperoleh informasi-informasi mengenai: Tinggi gelombang maksimum dan minimum, perbandingan tinggi gelombang untuk setiap musim, perbandingan antara tinggi gelombang terhadap prosentase kejadian gelombang, dan musim dimana terjadinya gelombang-gelombang besar. Untuk analisis secara korelasi dan regresi adalah memperkirakan atau memperhitungkan besarnya pengaruh secara kuantitatif perubahan periode ulang T tahunan terhadap tinggi gelombang dengan periode ulang.

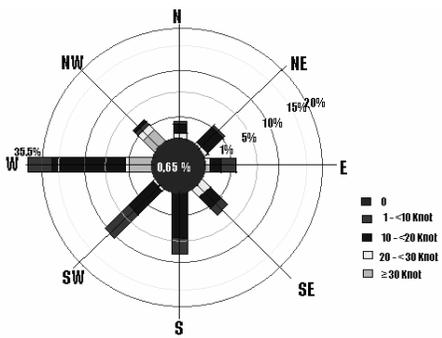
3. Hasil Dan Pembahasan

a. Angin Sebagai Pembangkit Gelombang

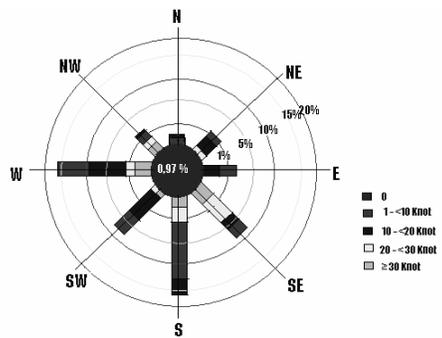
Untuk memudahkan dalam pembacaan karakteristik angin sebagai pembangkit gelombang, maka data angin selama 10 tahun disajikan dalam bentuk diagram yang disebut *Wind Rose*, seperti pada Gambar 1- 4.



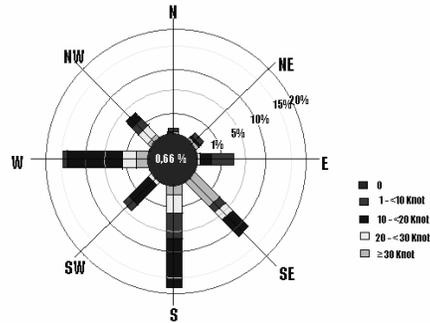
Gambar 1. Wind Rose pada musim Barat



Gambar 2. Wind Rose pada musim Peralihan 1



Gambar 3. Wind Rose pada musim Timur

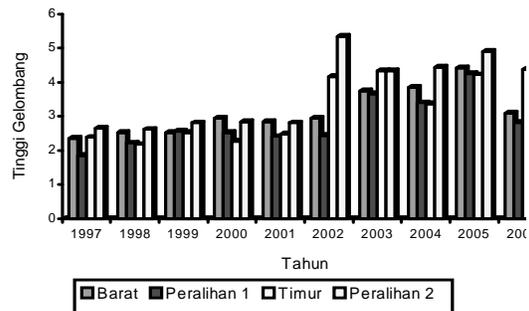


Gambar 4. Wind Rose pada musim Peralihan 2

Pada *wind Rose* terlihat bahwa setiap musim memiliki arah angin dominan. Arah angin dominan menjadi acuan dalam penentuan panjang *fetch*, sehingga dari *wind rose* diatas diperoleh dua arah angin yang paling dominan yaitu dari arah Barat dengan panjang *fetch* 182.263 m, dan dari arah Selatan dengan panjang *fetch* 156.618 m.

b. Tinggi Gelombang di Laut Berdasarkan Data Angin

Selama sepuluh tahun, gelombang yang paling dominan dibangkitkan di laut dalam adalah gelombang dengan ketinggian 1; <3 m, kemudian dapat diketahui bahwa arah kejadian gelombang yang paling dominan terjadi dari arah di mana arah angin dominan bertiup.



Gambar 5. Grafik rata-rata tinggi gelombang maksimum harian untuk setiap tahun di laut dalam selama sepuluh tahun.

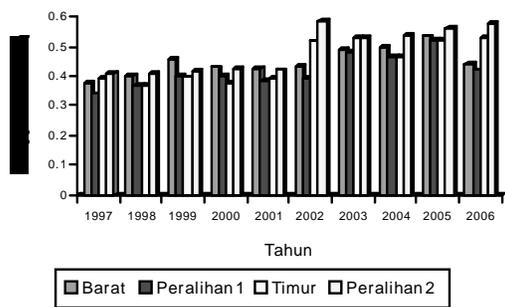
Dari hasil perhitungan semakin besar kecepatan angin maka gelombang yang dibangkitkan semakin besar dan diperoleh rata-rata tinggi gelombang maksimum harian untuk setiap musim di laut dalam pada setiap tahun seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Grafik rata-rata tinggi gelombang maksimum harian untuk setiap musim di laut dalam selama sepuluh tahun

memperlihatkan pola tinggi gelombang yang dibangkitkan untuk setiap musim dalam setiap tahun. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 5 dimana setiap tahun didapatkan pola yang sama untuk rata-rata tinggi gelombang yang dibangkitkan pada setiap musim.

**c. Tinggi Gelombang di Laut Dangkal Berdasarkan Data Angin**

Pada laut dangkal, gelombang yang paling dominan terjadi selama sepuluh tahun (1997-2006) adalah gelombang dengan ketinggian  $0,3; \leq 0,4$  m. Dengan prosentase terbesar terjadi pada musim Peralihan 1 yaitu sebesar 41,9 %. Sedangkan gelombang yang paling sedikit terjadi adalah gelombang dengan ketinggian  $\geq 0,5$  m, dimana prosentase terbesar terjadi pada musim Barat yaitu sebesar 10 %.



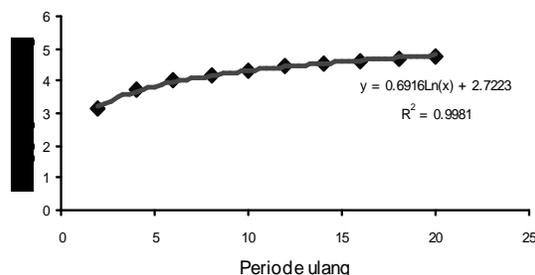
Gambar 6. Grafik rata-rata tinggi gelombang maksimum harian untuk setiap tahun di laut dangkal selama sepuluh tahun.

Prosentase kejadian gelombang pada tiap-tiap arah angin yang dibangkitkan di laut dangkal sama dengan prosentase kejadian gelombang pada tiap-tiap arah angin yang dibangkitkan di laut dalam. Namun di laut dangkal tinggi gelombang berkurang seiring dengan berkurangnya kedalaman. Hal ini sesuai dengan literatur [4] yang menyatakan bahwa kedalam air mempengaruhi pembangkitan gelombang. Pada kecepatan angin dan kondisi fetch yang sama tinggi gelombang akan lebih kecil dan periode gelombang lebih pendek jika pembangkitan gelombang terjadi di laut transisi atau laut dangkal dari pada di laut dalam.

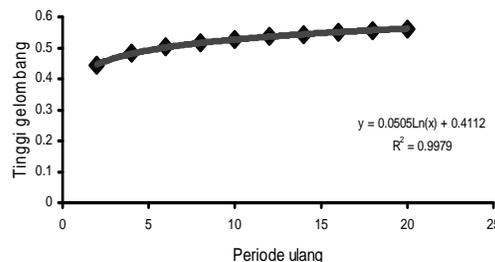
**d. Tinggi Gelombang Dengan Periode Ulang**

Pada Gambar 7 dan 8 berikut dapat dilihat bahwa grafik korelasi rata-rata ketinggian gelombang di laut dalam pada

perairan Pulau Baai terhadap periode ulang mengikuti persamaan regresi logaritmik yang mempunyai persamaan  $y=0,6916\ln(x)+2,722$  dengan harga koefisien determinasi  $R^2=0,9981$  atau sebesar 99,81 %. Hal ini menunjukkan rata-rata ketinggian gelombang tahunan di laut dalam pada perairan Pulau Baai dipengaruhi tahun periode ulang sebesar 99,81 %, koefisien korelasi  $R$  di dapat dari akar koefisien determinasi  $R^2$ , sehingga  $R=0,9990$



Gambar 7. Grafik tinggi gelombang dengan periode ulang di laut dalam pada perairan Pulau Baai



Gambar 8. Grafik tinggi gelombang dengan periode ulang di laut dangkal pada perairan Pulau Baai

Untuk grafik korelasi rata-rata ketinggian gelombang untuk laut dangkal di kedalaman 1,5 m pada perairan Pulau Baai terhadap periode ulang juga mengikuti persamaan regresi logaritmik yang mempunyai persamaan  $y=0,0505\ln(x) + 0,411$  dengan harga koefisien determinasi  $R^2=0,9979$  atau sebesar 99,79%. Hal ini menunjukkan rata-rata ketinggian gelombang tahunan di laut dangkal pada kedalaman 1.5 m di perairan Pulau Baai dipengaruhi oleh tahun periode ulang sebesar 99,79 %, dimana koefisien korelasi,  $R = 0,9989$ .

Persamaan regresi logaritmik di atas dapat digunakan untuk menduga pola hubungan ketinggian gelombang terhadap periode ulang selanjutnya. Hasil analisis tinggi

gelombang dengan periode ulang ini sangat berguna untuk keperluan perencanaan bangunan pantai [9].

#### 4. Kesimpulan Dan Saran

Untuk pembangkitan gelombang di laut dalam, pada musim Barat dan Peralihan I gelombang dominan terjadi dari arah Barat, pada musim Timur gelombang dominan terjadi dari arah Selatan sedangkan pada musim Peralihan 2 gelombang dominan terjadi dari tiga arah yaitu dari arah Selatan, Barat dan Tenggara, dan selama sepuluh tahun (1997-2006) gelombang yang paling dominan terjadi adalah gelombang dengan ketinggian  $1; < 3$  m.

Pada pembangkitan gelombang di laut dangkal, gelombang yang paling dominan terjadi selama sepuluh tahun (1997-2006) adalah gelombang dengan ketinggian  $0,3 ; < 0,4$  m.

Selama sepuluh tahun (1997-2006) pada musim Barat dan musim Peralihan 2 paling sering terjadi badai yang membangkitkan gelombang dengan ketinggian yang besar.

Pada peramalan ketinggian gelombang dengan periode ulang di laut dalam sebesar 99,81% ketinggian gelombang yang terjadi untuk tiap periode ulang dipengaruhi oleh tahun periode ulang yang memenuhi persamaan logaritmik  $y=0,6916\ln(x)+2,722$ , untuk di laut dangkal, sebesar 99,79 % ketinggian gelombang yang terjadi untuk tiap periode ulang dipengaruhi oleh tahun periode ulang yang memenuhi persamaan logaritmik  $y=0,0505\ln(x)+0,411$ .

Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan metode yang lain dan data angin lebih banyak (dari 10 tahun) secara periodik, sehingga dapat menambah kelengkapan informasi dalam rangka perlindungan pantai Pulau Baai.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Anonim, 2001, *Angin Monsoon Asia-Australia*, <http://www.dfat.gov.au>
- [2]. Anonim, 2005, *Atlas Lengkap Indonesia dan Dunia*, Surabaya:Penerbit Amelia.
- [3]. Anonim, 2005, *Windrose*, [www.mlo.noaa.gov/Projects/MET/windrose.jpg](http://www.mlo.noaa.gov/Projects/MET/windrose.jpg).

- [4]. Department of Army, 1984, *Shore Protection Manual*, U.S: Army Corps of Engineers, CERC.
- [5]. Kramadibrata S., 2001, *Perencanaan Pelabuhan*, Surabaya: ITB.
- [6]. Nining. S.N, 2000, *Gelombang Laut*, ITB, Bandung.
- [7]. Sembiring, 1995, *Analisis Regresi*, ITB, Bandung.
- [8]. Suryana I., 1980, *Peramalan Tinggi Gelombang Laut*, ITB, Bandung.
- [9]. Triatmodjo B., 1999, *Teknik Pantai*, Yogyakarta: Beta Offset.
- [10]. Yuwono Nr, 1998, *Pengukuran dan Analisis Gelombang*, Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik (PAUT-IT) UGM .