

Perbandingan Peramalan Gelombang dengan Metode Groen Dorrestein dan Shore Protection Manual di Merak-Banten yang di Validasi dengan Data Altimetri

SOFWATILLAHI, MULIATI, YATI²

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional

²Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Email : so4bimbim@gmail.com

ABSTRAK

Perhitungan besaran peramalan gelombang dapat dilakukan dengan berbagai macam metode. Namun, semua metode peramalan gelombang menggunakan parameter yang sama, yakni kecepatan (W), durasi (t) dan jarak seret ($fetch$). Hasil perhitungan peramalan gelombang divalidasi dengan data hasil pengukuran atau data hasil satelit altimetri. Metode Shore Protection Manual (SPM) berlaku untuk mengolah data yang $fetch$ terbatas maupun data dengan durasi yang terbatas. Metode Groen Dorrestein (GD) merupakan perhitungan peramalan gelombang dengan menggunakan grafik. Kedua metode tersebut menghasilkan data tinggi gelombang dan periode gelombang di perairan dalam. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode SPM dan GD di Merak (Banten), tinggi gelombang dominan adalah 0,0 - 0,6m, sedangkan berdasarkan hasil data satelit, tinggi gelombang dominan adalah 0,9 - 1,2m, Faktor koreksi dengan metode SPM adalah 4,37 dan Faktor koreksi dengan metode GD adalah 4,00. Berdasarkan dari faktor koreksi, maka metode GD lebih sesuai untuk digunakan pada lokasi studi.

Kata kunci: peramalan, gelombang, SPM, Groen-Dorrestein, altimetri

ABSTRACT

Forecasting waves can be done by various methods. However, all the methods of forecasting using the same parameters, which is speed (W), duration (t) and fetch. The wave forecasting calculation results are validated with measurement data or satellite altimetry data. Shore Protection Manual (SPM) method applies to situations where the data limited fetch or limited duration. Groen Dorrestein (GD) method is a wave forecasting calculations by using charts. Both methods produce the wave height and wave period in the deep waters: Based on the results of analysis by using SPM and GD in Merak (Banten), the dominant wave height is 0,0 - 0,6m. While based on satellite data, the dominant wave height is 0.9 - 1.2m. The correction factor is 4.37 SPM method and correction factor by Me method of GD is 4.00. Based on correction factor, the GD method is more suitable for use in the study area.

Keywords: forecasting, waves, SPM, Groen-Dorrestein, altimetry

1. PENDAHULUAN

Komposisi pantai dan pembentukan gelombang tergantung pada gelombang laut yang didominasi oleh angin. Pada suatu daerah perairan dimana tersedia data gelombang dari satelit yang bisa dibandingkan dengan beberapa metode. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan peramalan tinggi gelombang perairan dalam dan periode gelombang yang terjadi dari data angin di daerah Merak-Banten. Periode data yang digunakan adalah 1 tahun (01 Januari 2011 s/d 31 Desember 2011). Gelombang diramalkan dengan metode Groen Dorrestein (GD) dan metode *Shore Protection Manual* (SPM), yang divalidasi dengan data Altimetri hasil pengukuran satelit.

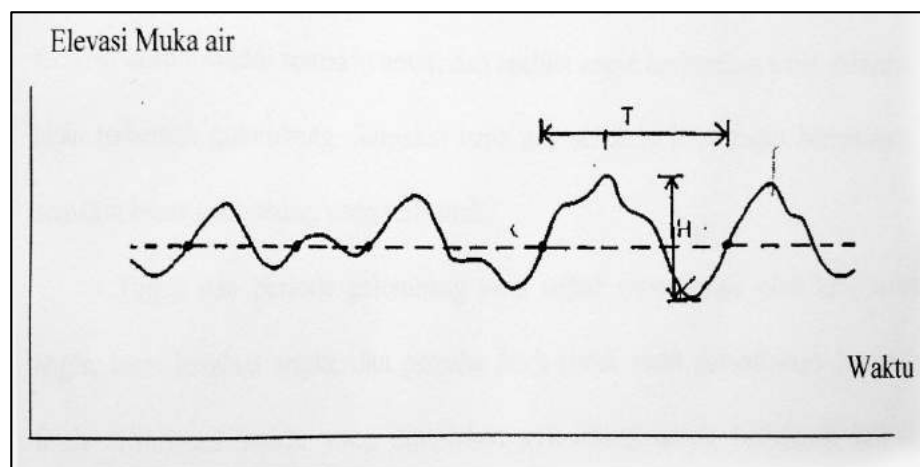
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Angin

Gelombang angin adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin yang selalu terdapat di laut/danau ataupun *reservoir*. Dengan demikian gelombang angin merupakan gelombang yang sangat penting terutama terhadap hal-hal yang berkaitan dengan proses morfologi pantai ataupun perencanaan bangunan pantai/pelindung tebing. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air dan akan menimbulkan gelombang (Triatmodjo, 1999).

2.2 Karakteristik Gelombang Angin

Pencatatan gelombang sebagai fungsi waktu di suatu tempat ditampilkan pada Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan bahwa gelombang angin mempunyai bentuk yang tidak teratur, dengan tinggi dan periode yang tidak konstan.



Gambar 1. Pencatatan Gelombang di Suatu Tempat

Untuk keperluan peramalan gelombang maka perlu dipilih tinggi dan periode gelombang yang mewakili suatu pencatatan tersebut. Bentuk yang paling banyak mewakili suatu seri pencatatan gelombang adalah $H_{1/3}$ atau disebut tinggi gelombang signifikan (H_s). $H_{1/3}$ adalah tinggi gelombang rata-rata dari 33% harga tertinggi dari pencatatan gelombang.

2.3 Pembangkitan Gelombang oleh Angin

Model ramalan gelombang, perlu diketahui beberapa parameter berikut ini:

1. Kecepatan angin rata-rata di permukaan air (W)
2. Panjang daerah pembangkitan gelombang (*Fetch*, F)
3. Lama hembus atau durasi (t)
4. Arah angin

2.4 Analisis Distribusi Angin

Analisis distribusi arah angin dilakukan dengan cara meninjau angin yang terjadi pada suatu tempat dari berbagai arah. Arah yang ditinjau biasanya hanya beberapa arah yang utama yaitu dengan interval 45° sebagai berikut:

- | | |
|---------------|--|
| 1. Utara | $(337 \leq x < 360^{\circ}, \text{atau } 1^{\circ} \leq x < 22,5)$ |
| 2. Timur laut | $(22,5^{\circ} \leq x < 67,5^{\circ})$ |
| 3. Timur | $(67,5^{\circ} \leq x < 112,5^{\circ})$ |
| 4. Tenggara | $(112,5^{\circ} \leq x < 157,5^{\circ})$ |
| 5. Selatan | $(157,5^{\circ} \leq x < 202,5^{\circ})$ |
| 6. Barat daya | $(202,5^{\circ} \leq x < 247,5^{\circ})$ |
| 7. Barat | $(247,5^{\circ} \leq x < 292,5^{\circ})$ |
| 8. Barat laut | $(292,5^{\circ} \leq x < 337,5^{\circ})$ |

2.5 Fetch

Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah datangnya angin. Apabila bentuk daerah pembangkitan tidak teratur maka untuk keperluan ramalan gelombang perlu ditentukan *fetch* efektif (F_{eff}) dengan persamaan :

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \quad (1)$$

Dimana:

- F_{eff} = Panjang Efektif (Km)
 X_i = Panjang *Fetch* pada arah yang diincar (Km)
 α_i = Sudut antara jalur *Fetch* yang ditinjau dengan garis yang tegak lurus pantai.

2.6 Perhitungan Wind Stress Faktor

Wind stress factor merupakan parameter yang digunakan untuk menghitung tinggi gelombang. Sebelum mengubah kecepatan angin menjadi *wind stress factor*, koreksi dan konversi terhadap data kecepatan angin perlu dilakukan. Berikut ini adalah koreksi dan konversi yang perlu dilakukan pada data angin untuk mendapatkan nilai *wind stress factor* yang dibangkitkan dalam proses *hindcasting*. Parameter ini intinya adalah kecepatan angin yang dimodifikasi (Shore Protection Manual, 1984), Koreksi perlu dilakukan dengan persamaan-persamaan berikut ini:

1. Koreksi ketinggian

$$U(10) = U(z) \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7} \tag{2}$$

Dimana:

- U (10) = kecepatan angin pada elevasi 10m (m/det)
- U (z) = kecepatan angin pada ketinggian pengukuran (m/det)
- Z = kecepatan angin pada ketinggian pengukuran (m)

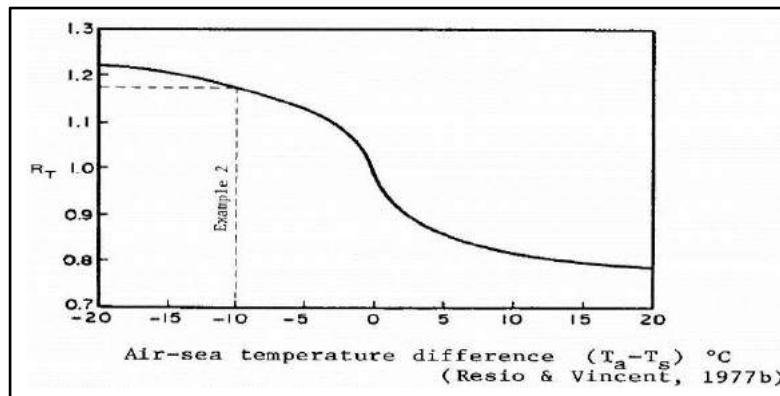
2. Koreksi Stabilitas

Persamaan koreksi stabilitas sebagai berikut:

$$U = R_T U(10) \tag{3}$$

Dimana:

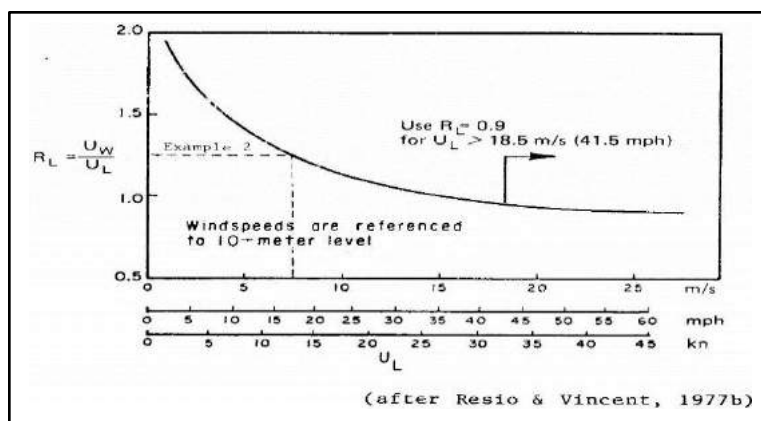
- U = kecepatan angin setelah dikoreksi (m/detik)
- U(10) = Kecepatan angin sebelum dikoreksi (m/detik)
- R_T = Koefisien stabilitas, nilainya didapat dari grafik pada SPM (Vol. I,)



Gambar 2. Grafik Koreksi Stabilitas

3. Koreksi Efek Lokasi

Koreksi ini diperlukan bila data angin yang diperoleh berasal dari stasiun darat, bukan diukur langsung di atas permukaan laut, ataupun ditepi pantai. Untuk merubah kecepatan angin yang bertiup diatas daratan menjadi kecepatan angin yang bertiup diatas air.



Gambar 3. Grafik Koreksi Efek Lokasi

4. Konversi ke *Wind Stress Factor*

Setelah koreksi dan konversi kecepatan di atas dilakukan, tahap selanjutnya adalah mengkonversi kecepatan angin tersebut menjadi *wind stress factor*, dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$U_A = 0.71U^{1.23} \quad (4)$$

Dimana:

U_A = *wind stress factor*
 U = kecepatan angin (m/s)

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan *Fetch*

Fetch diperoleh dari peta topografi dengan mengukur jarak laut bebas antara lokasi yang ditinjau terhadap daratan yang mengelilinginya. Panjang *fetch* diukur dari titik pengamatan dengan interval (sudut simpangan) 5 derajat. Dari hasil pengukuran *fetch*, *Fetch* efektif yang terbesar adalah dari arah Timur Laut sebesar 1000 km, diikuti dengan arah Barat sebesar 452,769 km, dan Timur sebesar 448,118 km. hal ini sesuai dengan lokasi studi yang berada di antara Merak-Bakauheni menghadap ke perairan laut Jawa seperti disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Jarak Seret Angin

Arah Mata Angin	Sudut Simpangan	Panjang Fetch	Cos ai	Fi Cos ai	Fetch efektif (km)
Utara	20	1000	0.94	940.00	132.3984
	15	46.62	0.97	45.22	
	10	44.89	0.98	43.99	
	5	49.33	0.99	48.84	
	0	45.63	1.00	45.63	
	-5	14.8	0.99	14.65	
	-10	10.11	0.98	9.91	
	-15	7.15	0.97	6.94	
	-20	4.93	0.94	4.63	
Timur Laut	20	1000	0.94	940.00	1000
	15	1000	0.97	970.00	
	10	1000	0.98	980.00	
	5	1000	0.99	990.00	
	0	1000	1.00	1000.00	
	-5	1000	0.99	990.00	
	-10	1000	0.98	980.00	
	-15	1000	0.97	970.00	
	-20	1000	0.94	940.00	
Timur	20	9.6	0.94	9.02	448.1189
	15	7.6	0.97	7.37	
	10	8.8	0.98	8.62	
	5	9.8	0.99	9.70	
	0	10.8	1.00	10.80	
	-5	1000	0.99	990.00	
	-10	1000	0.98	980.00	
	-15	1000	0.97	970.00	
	-20	1000	0.94	940.00	
Tenggara	20	7.8	0.94	7.33	10.54053
	15	8.3	0.97	8.05	
	10	9.8	0.98	9.60	
	5	11.3	0.99	11.19	
	0	11.1	1.00	11.10	
	-5	10.6	0.99	10.49	
	-10	11.3	0.98	11.07	
	-15	12.3	0.97	11.93	
	-20	12.3	0.94	11.56	

Perbandingan Peramalan Gelombang dengan Metode Groen Dorrestein dan Shore Protection Manual di Merak-Banten yang di Validasi dengan Data Altimetri

Lanjutan tabel 1.

Arah Mata Angin	Sudut Simpangan	Panjang Fetch	Cos ai	Fi Cos ai	Fetch efektif (km)
Selatan	20	1000	0.94	940.00	230.8215
	15	1000	0.97	970.00	
	10	19.7	0.98	19.31	
	5	18.2	0.99	18.02	
	0	16.5	1.00	16.50	
	-5	16.2	0.99	16.04	
	-10	15	0.98	14.70	
	-15	15.2	0.97	14.74	
	-20	13.5	0.94	12.69	
Barat Daya	20	1000	0.94	940.00	441.6439
	15	1000	0.97	970.00	
	10	9.3	0.98	9.11	
	5	9.6	0.99	9.50	
	0	9.6	1.00	9.60	
	-5	10.1	0.99	10.00	
	-10	10.8	0.98	10.58	
	-15	1000	0.97	970.00	
	-20	1000	0.94	940.00	
Barat	20	18.5	0.94	17.39	452.7695
	15	16	0.97	15.52	
	10	19.7	0.98	19.31	
	5	15.5	0.99	15.35	
	0	18.7	1.00	18.70	
	-5	1000	0.99	990.00	
	-10	1000	0.98	980.00	
	-15	1000	0.97	970.00	
	-20	1000	0.94	940.00	
Barat Laut	20	28.1	0.94	26.41	21.70491
	15	26.8	0.97	26.00	
	10	25.1	0.98	24.60	
	5	21.7	0.99	21.48	
	0	20.9	1.00	20.90	
	-5	19.7	0.99	19.50	
	-10	17.7	0.98	17.35	
	-15	17.5	0.97	16.98	
	-20	18	0.94	16.92	

3.2 Pengolahan Data Angin

Data angin yang dimiliki terurai atas komponen U (*East–West*) dan V (*North–South*). Arah angin didapatkan dari resultan kedua komponen tersebut. Untuk mendapatkan resultannya digunakan rumus phytagoras (Halim, 1999), pada persamaan 5.

$$(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} = \sigma \quad (5)$$

Karena arah angin yang dibutuhkan dalam sudut, maka perhitungan arah angin menggunakan persamaan 6.

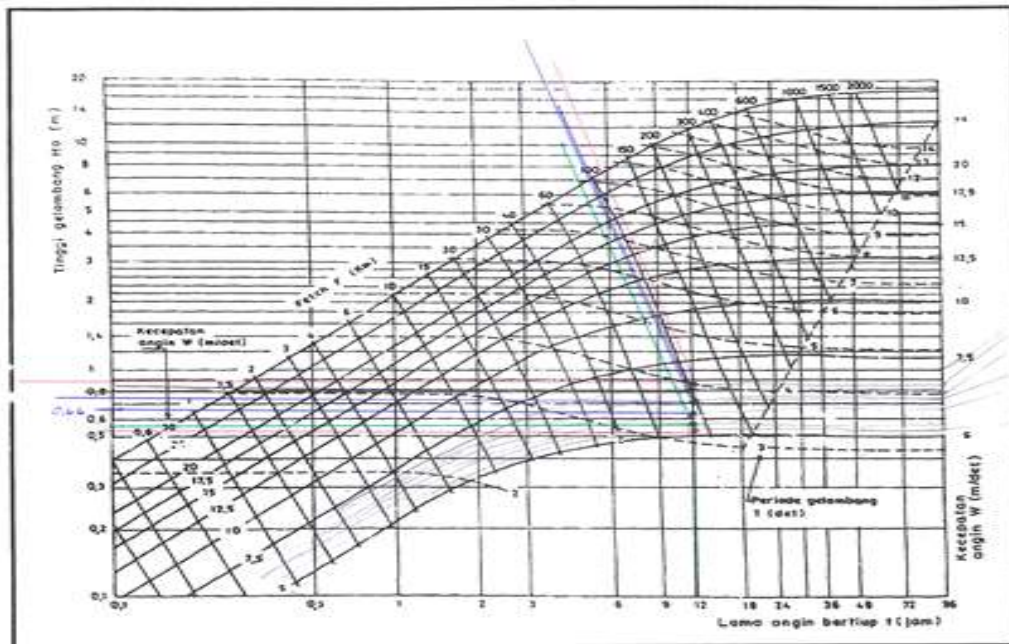
$$\sigma_d = \tan^{-1}(u/v) + \text{FLOW} \quad (6)$$

Dimana:

- σ = Resultan arah angin
- σ_d = Sudut Angin
- u = Data arah angin (*East – West*)
- v = Data arah angin (*North – South*)
- FLOW = +180 untuk $\tan^{-1}(u/v) < 180$
-180 untuk $\tan^{-1}(u/v) > 180$

3.3 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang dengan Metode Groen Dorrestein

Tinggi dan periode gelombang dapat diramalkan berdasarkan hubungan data jarak seret (*fetch*) kecepatan angin (W), dan lamanya angin bertiup (t) peramalan menggunakan metode Groen Dorrestein, dari grafik Groen Dorrestein (gambar 4) didapat hasil tinggi gelombang (H_o) dan periode gelombang dengan memasukan nilai-nilai F,W dan t (Muliati dan Syamsudin, 2002).



Gambar 4. Penentuan Tinggi (H) dan Periode (T) pada Grafik

Perbandingan Peramalan Gelombang dengan Metode Groen Dorrestein dan Shore Protection Manual di Merak-Banten yang di Validasi dengan Data Altimetri

Misal untuk arah barat daya

W = 8.18 m/det

F = 441.64 Km

T = 12 jam

Kombinasi I (w dan t), didapat:

H_o = 1.50 m

T = 5.26 det

F = 130 Km (memenuhi)

Kombinasi II (F dan W), didapat:

H_o = 1.6 m

T = 5.8 det

T = 33 jam (tidak memenuhi)

Kombinasi III (F dan t)

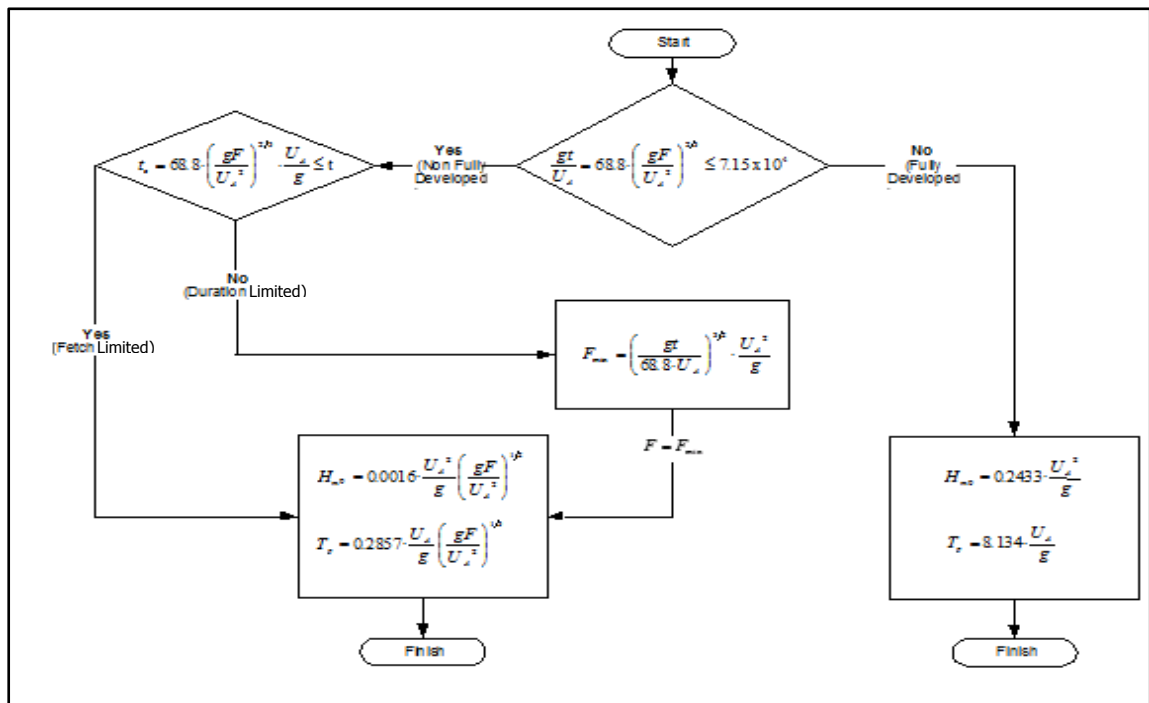
H_o = -

T = -

W = - (tidak memenuhi)

Dari contoh peramalan didapat hasil dari kombinasi I memenuhi syarat perhitungan karena nilai *fetch* yang didapat < nilai *fetch* lapangan, kombinasi II tidak memenuhi karena t yang didapat > t lapangan dan kombinasi III tidak memenuhi karena tidak ada perpotongan kombinasi F dan t pada grafik.

3.4 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang dengan Metode Shore Protection Manual



Gambar 5. Penentuan Tinggi (H) dan Periode (T) pada Grafik

Dari rumus formula-formula empiris yang diturunkan dari model parametric berdasarkan spectrum gelombang JONSWAP (Shore Protection Manual, 1984) dengan $F = 441,64\text{km}$, $t = 43200$ detik dan $v = 8.18\text{m}$ detik didapatkan nilai $H_{mo} = 0.10$ m dengan $T_p = 1,00$ detik.

3.5 Perbandingan Hasil Peramalan Gelombang dengan Data Satelit

Tinggi Gelombang perairan dalam (H_0) dan periode gelombang (T) dari hasil peramalan dengan metode GD dan SPM hasil tersebut dibandingkan dengan data gelombang aktual hasil pengukuran dari satelit. Dari hasil peramalan dan pengukuran tinggi gelombang, data disusun menjadi jajaran data dengan urutan menaik (*ascending*) dan dikelompokkan menjadi 9 (sembilan) kelompok dengan penyusunan distribusi frekuensi ($K = 1+3,3\log n$). Setelah data dikelompokkan menurut tinggi gelombangnya kemudian dibuat tabel menurut banyaknya kejadian (frekuensi kejadian) gelombang dalam satu tahun, setelah itu seluruhnya dijumlahkan. Dengan demikian dapat dikonversikan kedalam prosentase, yaitu prosentase hasil peramalan (PHP) dan prosentase data satelit (PDS) dengan menganggap data hasil pengukuran gelombang adalah data yang akurat, dihitung $IKP = \frac{(PHP-PDA)}{PDA}$ untuk masing-masing kelompok interval tinggi gelombang (Harinadi, 2005), seperti pada tabel 2. Selanjutnya dihitung indeks kesalahan peramalan (IKP) rata-rata dengan rumus:

$$IKP \text{ rata-rata} = \sum \frac{(PHP-PDA)}{PDA} : N \quad (7)$$

Tabel 2. Perhitungan Indeks Kesalahan Peramalan

No	Tinggi Gelombang (meter)	Peramalan SPM		Peramalan GD		Satelit		IKP SPM	IKP GD
		Frekuensi	PHP (%)	Frekuensi	PHP (%)	Frekuensi	PDS (%)		
1	0.0 - 0.6	185	50.68	259	70.96	16	4.38	10.56	15.19
2	0.6 - 0.9	93	25.48	72	19.73	99	27.12	0.06	0.27
3	0.9 - 1.2	67	18.36	13	3.56	119	32.60	0.44	0.89
4	1.2 - 1.5	7	1.92	12	3.29	78	21.37	0.91	0.85
5	1.5 - 1.8	1	0.27	7	1.92	40	10.96	0.98	0.83
6	1.8 - 2.1	1	0.27	0	0.00	10	2.74	0.90	1.00
7	2.1 - 2.4	3	0.82	0	0.00	1	0.27	2.00	1.00
8	2.4 - 2.7	2	0.55	1	0.27	1	0.27	1.00	0.00
9	2.7 - 3.3	6	1.64	1	0.27	1	0.27	5.00	0.00
Jumlah		365	100.00	365	100.00	365	100.00	21.85	20.02
IKP rata2								4.37	4.00

Dimana :

1. PHP = Prosentase Hasil Peramalan
2. PDS = Prosentase Data Satelit
3. IKP = Indeks Kesalahan Peramalan
4. N = Jumlah Kelompok Interval = 9

Dari hasil perhitungan pada tabel 2 prosentase hasil peramalan (PHP) yang paling dominan untuk metode SPM dan GD ada pada ketinggian gelombang antara 0,0-0,6m, sedangkan prosentase data satelit (PDS) yang dominan ada pada ketinggian gelombang anantara 0,9 – 1,2m. Penyimpangan dari hasil peramalan ditunjukkan dalam bentuk indeks kesalahan peramalan (IKP) yang hasilnya sebesar 4,37 untuk SPM dan 4,00 untuk GD dilihat dari nilai indeks dari kedua metode tersebut maka hasil kesalahan peramalan yang rendah adalah metode GD dengan indeks 4,00 dengan kata lain grafik GD cukup sesuai untuk digunakan pada lokasi studi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, disimpulkan hasil peramalan tinggi dan periode gelombang didapat $H_{maksimum}$ dengan periode masing-masing. Metode SPM menunjukkan $H_{maksimum}$ di daerah Merak-banten adalah 3,21m dengan periode 1,60detik pada bulan Desember dan metode GD menunjukkan $H_{maksimum}$ adalah 2.64m dengan periode 5,91det pada bulan Januari. Gelombang tinggi terjadi pada masa angin monsoon Barat (Desember-Januari-Februari) dan gelombang rendah pada masa angin monsun Timur (Juni-Juli-Agustus).

Perbandingan tinggi gelombang ramalan juga menghasilkan selisih rata-rata dari masing-masing metode, yaitu Satelit terhadap SPM sebesar 1,0, Satelit terhadap GD sebesar 0,58. Dilihat dari nilai indeks kesalahan peramalan yang rendah adalah metode GD = 4,00, maka hasil peramalan yang dapat dianggap mewakili hasil pengukuran adalah metode GD.

DAFTAR RUJUKAN

- Departemen of the Army, (1984), *Shore Protection Manual*, US Army Corps of Engineers.
- Halim, Y., (1999), *Prediksi Gelombang dari Data Angin Menggunakan Metoda SPM (1984)*, Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur, No. 3 Tahun III.
- Harinadi, (2005), *Prinsip-Prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*.
- Muliati, Y., Syamsudin, (2002), *Diktat Kuliah Rekayasa Pantai*, Itenas, Bandung.
- Triatmodjo, B., (1999), *Teknik Pantai*, Yogyakarta.