

## STUDI KARAKTERISTIK GELOMBANG DI KABUPATEN BANGKALAN SEBELUM JEMBATAN SURAMADU

Aries Dwi Siswanto

Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Trunojoyo Madura  
PO BOX 2, Jl Raya Telang, Kamal, Bangkalan, Jawa Timur  
Telp +62-31-3013234, 3011146, fax +62-31-3011506  
Email:ariesdwisiswanto@yahoo.co.id

### Abstrak

*Gelombang sebagai salah satu parameter penting dalam mempelajari dinamika perairan laut. Perairan pantai di Kabupaten Bangkalan merupakan kawasan strategis pengembangan kawasan pesisir, terutama pasca Jembatan Suramadu. Meningkatnya pemanfaatan areal pantai berpotensi menimbulkan gangguan terhadap lingkungan. Pemahaman tentang karakteristik gelombang menjadi penting dalam upaya untuk memahami perubahan lingkungan yang terjadi. Teori gelombang amplitude kecil menjadi dasar dalam analisa gelombang yang dikonversikan dari data angin. Analisa gelombang menjadi input utama dalam model untuk refraksi gelombang. Angin digunakan untuk mendapatkan properties gelombang, dan dilakukan analisa refraksi. Asumsi yang digunakan dalam model refraksi adalah tidak ada perubahan batimetri, sudut kemiringan pantai homogen, dan kisaran sudut datang gelombang yang kecil. Hasil analisa refraksi menunjukkan bahwa gelombang di lokasi penelitian relatif kecil dan tidak signifikan perubahannya.*

*Kata Kunci: gelombang, model refraksi gelombang*

### PENDAHULUAN

Gelombang merupakan salah satu parameter penting dalam dinamika perairan laut. Salah satu pembangkit gelombang dilautan adalah angin (Triatmodjo, 1999). Tiga faktor penentu karakteristik gelombang yang dibangkitkan angin (Davis, 1991 dalam Siswanto, 2010) yaitu : (1) lama angin bertiup (durasi angin), (2) kecepatan angin dan (3) *fetch* (jarak yang ditempuh oleh angin dari arah pembangkit gelombang atau daerah pembangkitan gelombang). *Fetch* merepresentasikan gelombang yang bergerak keluar dari daerah pembangkitan gelombang hanya memperoleh sedikit tambahan energi (Komar, 1984,1998).

Gelombang yang dibangkitkan oleh angin (dan pasang surut) penting dalam studi teknik pantai karena menimbulkan energi yang berperan dalam proses pembentukan pantai, arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan

gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan salah satu faktor utama dalam penentuan geometri dan komposisi pantai serta menentukan proses perencanaan dan desain pembangunan pelabuhan, terusan (*waterway*), struktur pantai, alur pelayaran, proteksi pantai dan kegiatan pantai lainnya (CEM, 2007; CERC 1984).

Dengan pemahaman yang memadai terhadap perilaku gelombang, diharapkan dapat diketahui perubahan yang terjadi. Pemahaman gelombang ini penting untuk memahami lebih lanjut tentang stabilitas pantai, pengelolaan kawasan pantai, maupun untuk pengendalian lingkungan, baik sebelum maupun pasca Jembatan Suramadu.

Pendekatan numerik digunakan untuk analisa refraksi gelombang sebagaimana dikembangkan oleh Suntoyo (1995) dengan berdasarkan pada teori gelombang amplitude kecil (Triatmodjo, 1999).

**METODE PENELITIAN**

Lokasi penelitian terletak pada 07°09'0,822"S 112°47'0,023"E sampai 07°10'36,4"S 112°43'40,0"E di perairan sekitar Perairan Selat Madura, Kabupaten Bangkalan. Data yang utama digunakan berupa data angin tahun 2002-2006 dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Maritim Tanjung Perak Surabaya. Data angin selanjutnya diolah untuk memperoleh angin dominan dengan bantuan software WR-plot. Berdasarkan data angin dominan, selanjutnya dihitung untuk peramalan tinggi dan periode gelombang dengan metode SMB (Triatmodjo, 1999).

Peramalan gelombang (Sverdrup dan Munk, 1947; Bretschneider, 1958) menggunakan metode SMB (Sverdrup, Munk, Bretschneider) (CERC, 1984; Komar, 1984, 1998; CEM, 2007, Siwi, 2008) dengan tahapan:

1. Pemisahan angin kuat (mampu membangkitkan gelombang (≥ 10 knot (CERC, 1984) dan hanya berasal dari laut) dan arahnya setiap bulan.
2. Berdasarkan data angin maksimum yang diukur didarat, dikoreksi menjadi data angin laut agar dapat

digunakan untuk peramalan gelombang.

3. Menghitung panjang fetch efektif (pengukuran secara grafis (lapangan)) menggunakan Peta RBI dengan persamaan dari *Shore Protection Manual* (CERC, 1984)

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

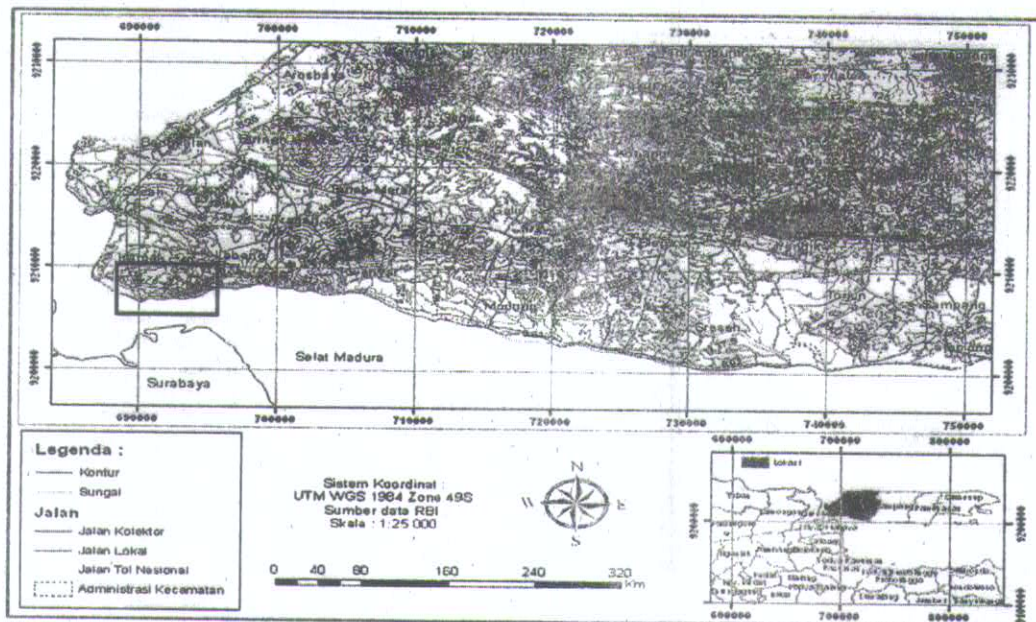
dimana  $F_{eff}$  fetch efektif (fetch grafis),  $X_i$  panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang sampai memotong garis pantai,  $\alpha$  deviasi pada dua sisi dari arah angin sebesar 5°-45° pada sisi kanan dan sisi kiri arah angin.

4. Menentukan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) menggunakan grafik sesuai dengan perhitungan  $F$  fetch efektif, dan  $U_A$  faktor tegangan angin.
5. Analisa parameter gelombang diselesaikan menggunakan program refraksi gelombang (Komar, 1984) sesuai teori gelombang amplitudo kecil (*small-amplitude wave theory*). Penyederhanaan rumus gelombang dilakukan dengan klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman (Tabel 1).

Tabel 1. Persamaan parameter gelombang amplitudo kecil (Dean dan Dalrymple, 2004; CEM, 2007)

Kedalaman Relatif	Perairan Dangkal $\frac{d}{L} < \frac{1}{25}$	Perairan Transisi $\frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	Perairan Dalam $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
Profil muka air	> Sama dengan	$\eta = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T}\right) = \frac{H}{2} \cos \theta$	< Sama dengan
Kecepatan gelombang	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C = C_0 = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
Panjang gelombang	$L = T\sqrt{gd} = CT$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]$	$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} C_0 T$
Kecepatan Grup	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)}\right) C$	$C_g = \frac{1}{2} C = \frac{gt}{4\pi}$

Keterangan :  $d$  : kedalaman perairan ;  $L$  : panjang gelombang ;  $H$  : tinggi gelombang ;  $T$  : periode gelombang ;  $C$  :  $C_0$  : kecepatan rambat gelombang ;  $C_g$  : kecepatan *group* gelombang ;  $g$  : kecepatan gravitasi



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

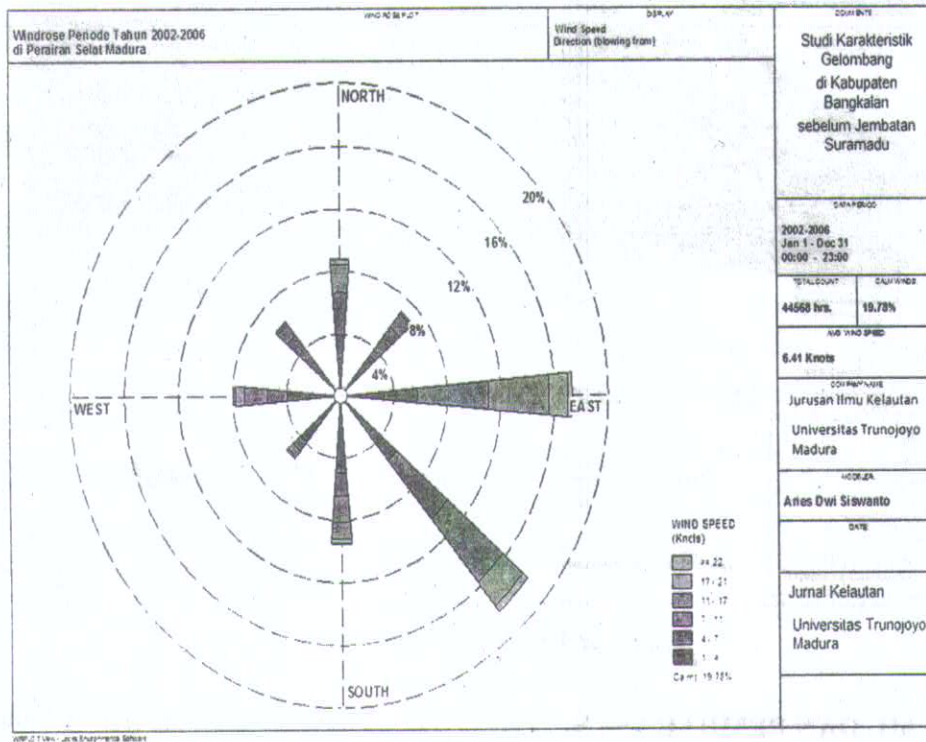
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Arus dan gelombang dihasilkan oleh angin sebagai parameter lingkungan yang menjadi penggerak aliran skala besar di atmosfer dan lautan (Komar, 1998). Kecepatan angin dapat menimbulkan tegangan pada permukaan

laut sehingga terbentuk riak gelombang kecil diatas permukaan air dimana kecepatan angin sebanding dengan riak yang terjadi sampai dengan terbentuk gelombang. Semakin lama dan kuat angin berhembus maka gelombang yang terbentuk semakin besar (Komar, 1998).

Tabel 1. Prosentase Kejadian Angin di Selat Madura tahun 2002-2006

Arah	Pengelompokan Kecepatan Angin (m/s)						Total
	0.5 - 2.1	2.1 - 3.6	3.6 - 5.7	5.7 - 8.8	8.8 - 11.1	≥ 11.1	
Utara	2.39	1.56	2.69	1.79	0.32	0.03	8.79
Timur Laut	2.10	1.31	2.41	1.10	0.13	0.02	7.09
Timur	3.26	2.48	5.32	4.49	1.41	0.31	17.28
Tenggara	3.22	2.23	4.94	5.31	1.95	0.48	18.13
Selatan	4.94	1.47	1.69	1.07	0.29	0.06	9.51
Barat Daya	3.86	0.81	0.50	0.12	0.01	0.00	5.30
Barat	3.95	1.49	1.68	0.64	0.10	0.01	7.87
Barat Laut	2.21	1.18	1.73	0.97	0.16	0.01	6.26
<b>Sub-Total</b>	<b>25.93</b>	<b>12.53</b>	<b>20.97</b>	<b>15.50</b>	<b>4.37</b>	<b>0.92</b>	<b>80.22</b>
<b>Calms</b>							<b>19.78</b>
<b>Tidak lengkap</b>							<b>0.00</b>
<b>Total</b>							<b>100.00</b>



Gambar 2 Mawar Angin berdasarkan data angin tahun 2002-2006

Hasil olahan data angin tahun 2002-2006 menggunakan software WR-plot ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Gambar 2. Distribusi angin memperlihatkan persebaran arah angin yang bertip tersebar pada semua arah dan dominan arah Tenggara dan Timur (kolom 8). Kisaran kecepatan angin dominan pada 0.5-2.1 m/s (kolom 2) dan diikuti kisaran kecepatan 3.6-5.7 m/s (kolom 4).

Angin dikelompokkan berdasarkan arah dan kecepatan, dan diperoleh dominan arah angin Tenggara (18,13%) dan Timur (17,28%)(Tabel 1). Arah angin dominan (metode SMB (Komar, 1984, 1998; Triatmodjo, 1998; CEM, 2007)) menjadi komponen penting dalam analisa refraksi gelombang (Tabel 2), terutama untuk menentukan dan menghitung *fetch* gelombang.

Tabel 2. Pengolahan data angin tahun 2002-2006 untuk refraksi gelombang

Kecepatan Angin		Konversi angin Darat-Laut							Input Model	
Interval	Mak	Arah	UL	U	RL	UW	U1,23	UA	Ho	To
(knot)			km/jam	m/dtk					(m)	(dtk)
1-4	4	S	7.41	2.00	1.750	12.964	2.346	1.67	0.35	2.80
4-7	7	T	12.96	3.50	1.550	20.094	4.669	3.31	0.70	4.40
7-11	11		20.37	5.50	1.350	27.502	8.140	5.78	0.75	4.50
11-17	17	Tg	31.48	8.50	1.200	37.781	13.905	9.87	1.30	5.50
17-21	21		38.89	10.50	1.150	44.726	18.033	12.80	1.74	6.00
>22	22		40.74	11.00	1.125	45.837	19.095	13.56	1.80	6.10

Perhitungan refraksi gelombang hanya mempertimbangkan arah angin yang berasal dari perairan laut. Arah angin dominan (Tenggara dan Timur) dan arah Selatan dipergunakan sebagai input utama dalam model refraksi gelombang berdasarkan pada teori gelombang amplitude kecil (Triatmodjo, 1999). Input utama untuk model, sesuai dengan hasil konversi angin menjadi

gelombang, diperoleh kisaran nilai  $H_0$  dan  $T_0$  relatif kecil (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa dinamika gelombang di lokasi penelitian tidak terlalu berfluktuasi, mengingat lokasi penelitian yang berada di perairan utara pulau Jawa yang pada umumnya memiliki kontur batimetri dengan kategori perairan dangkal dan landai.

Tabel 3. Hasil perhitungan analisa refraksi gelombang

Arah angin	Sudut garis pantai	$\alpha_0$	H (m)	Hb (m)	Lb (m)	Cb (m)	db (m)
Timur	60	30	0.75	0.54	9.75	1.6	0.54
Tenggara	60	60	1.8	0.54	9.75	1.6	0.54
Selatan	60	85	0.35	0.54	9.75	1.6	0.54

Perhitungan refraksi gelombang (Tabel 3) menunjukkan bahwa gelombang pecah ( $H_b$ ) maupun parameter lainnya yang terbentuk relatif sama untuk berbagai arah angin dominan. Sudut garis pantai yang dipakai diasumsikan sama, yaitu sebesar  $60^\circ$ , yang merupakan perairan landai. Sudut datang gelombang bervariasi berkisar  $30-85^\circ$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa, untuk berbagai arah angin dominan, dengan kisaran sudut datang gelombang tidak terlalu besar dan asumsi tidak ada perubahan batimetri serta sudut garis pantai yang landai, gelombang pecah yang terbentuk relatif tidak bervariasi.

Arah dan kecepatan angin tergantung pada musim (Bird, 1984; Triatmodjo, 1999). Pada musim kemarau angin dominan kuat dan konstan bertiup dari selatan sampai tenggara, sedangkan pada musim hujan angin lebih lemah dan lebih bervariasi dengan angin dominan dari barat daya sampai barat laut. Angin dapat mempengaruhi garis pantai baik secara langsung (melalui abrasi, pengangkutan material padatan yang tersuspensi, dan pengendapan sedimen) maupun tidak langsung (angin sebagai pembangkit gelombang) (CERC, 1984;

Siwi, 2008). Energi yang terbentuk akibat gelombang akan mempengaruhi bentuk pantai. Penjalaran gelombang menuju ke arah pantai akan mengalami perubahan bentuk sebagai akibat adanya perubahan batimetri. Pada suatu kedalaman tertentu puncak gelombang sedemikian tajam sehingga tidak stabil dan pecah. Setelah pecah gelombang terus menjalar ke pantai, dan semakin dekat dengan pantai maka tinggi gelombang semakin berkurang (CEM, 2007).

#### KESIMPULAN

Karakteristik gelombang di perairan Selat Madura menunjukkan tidak signifikan berfluktuasi, memiliki tinggi dan periode gelombang yang kecil, serta parameter gelombang pecah yang relatif sama untuk semua arah mata angin dominan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bird, F. C. E, 1984, Coast: An Introduction to Coastal Geomorfology, 3<sup>rd</sup>ed, Basil Blackwell Inc, New York. 405p

[CEM], 2007. Coastal Engineering Manual, Part I-VI. Washington, U.S. Army Coastal Engineering Research Center

[CERC], 1984. Shore Protection Manual Volume I, 4<sup>th</sup> edition. Washington, U.S. Army Coastal Engineering Research Center.

Dean, RG, & RA. Dalrymple. 2004. Coastal Process with Engineering Applications. Cambridge University Press.

Komar, PD. 1984. Shoreline Changes and CERC Handbook, Prentice-Hall Inc, New Jersey. 487p

Komar, PD. 1998. Beach Processes and Sedimentation, Prentice-Hall Inc, New Jersey. 589p

Siswanto, AD. 2010. Analisa Stabilitas Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan, Tesis, Program Magister Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 115 hal.

Siwi, WER. 2008. Analisa Stabilitas Pantai di Pantai Eretan, Indramayu. (Tesis). Pascasarjana Ilmu Kelautan IPB

Suntoyo. 1995. Kajian Pengamanan dan Perlindungan Pantai Candi Dasa Bali, Skripsi, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 73hal.