



PENGARUH SUDUT DATANG GELOMBANG TERHADAP KERUSAKAN UNIT LAPIS LINDUNG PEMECAH GELOMBANG

Sriyana^{*)}

ABSTRACT

Angle of wave direction is highly influence on the amount of damage in the armour layer unit breakwater. This research is aimed at knowing the influence of angle of wave direction toward damage in armour layer unit. Three kind of angle of wave direction is used in this research. There were 0° , 15° , and 30° with employing tetrapod, cubes, and rubble mound as the armour layer. This study is carried out by means of irregular breaker waves on phisical modelling with non-overtopping condition. The result of measurements indicate that increasingly angle of wave direction 0° have largest effect to determination of the amount of damage in the armour layer unit of breakwater than 15° , and 30° .

Key words : *angle of wave attack, armour layer unit,*

PENDAHULUAN

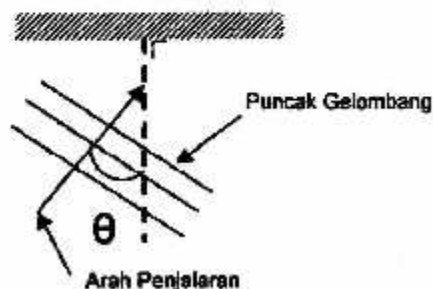
Karakteristik bentuk gelombang yang terjadi di permukaan laut bukan berbentuk sinusoidal atau konstan, tetapi bersifat tidak konstan atau acak, dimana besaran tinggi gelombang, periode gelombang dan arah gelombang datang selalu berubah ubah. Dengan adanya gelombang yang bersifat acak, maka dalam perencanaan suatu bangunan pantai perlu memperhitungkan variabel dimana variabel tersebut sangat mempengaruhi stabilitas bangunan pantai. Dalam

menganalisis stabilitas unit lapis lindung pemecah gelombang tidak hanya memperhitungkan adanya tinggi gelombang, periode gelombang, jumlah gelombang berikut tingkat kerusakan, saja tetapi perlu mempertimbangkan sudut datang gelombang. Mengingat sudut datang gelombang selalu berubah ubah maka akan mempengaruhi kestabilan dari bangunan pemecah gelombang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut datang gelombang terhadap kerusakan unit lapis lindung pemecah gelombang.

^{*)} *Teknik Sipil Fakultas Teknik Undip
Jl. Prof. H. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang*

Sudut datang gelombang didefinisikan sebagai sudut arah penjalaran gelombang yang terbentuk terhadap arah tegak lurus alinemen garis pantai, maka apabila sudut datang gelombang ($\theta=0$) maka sudut gelombang tersebut adalah tegak lurus. Pantai (*Shore Protection Manual*, 1991). Untuk lebih jelasnya sketsa sudut datang gelombang dapat dilihat pada gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1. Sketsa Sudut datang gelombang

Kestabilan suatu bangunan pantai pada struktur pemecah gelombang dipengaruhi variabel sudut datang gelombang (Hudson, 1979, dalam Steven A. Hughes 2003).

Gamot (1969), melakukan percobaan unit lapis lindung pemecah gelombang tipe tetrapod, bahwa stabilitas lapis lindung pemecah gelombang, meningkat seiring bertambahnya sudut datang gelombang pada sudut $\theta > 40^\circ$. Disamping itu akan diawali kerusakan yang lebih cepat terhadap gelombang miring dari pada gelombang normal.

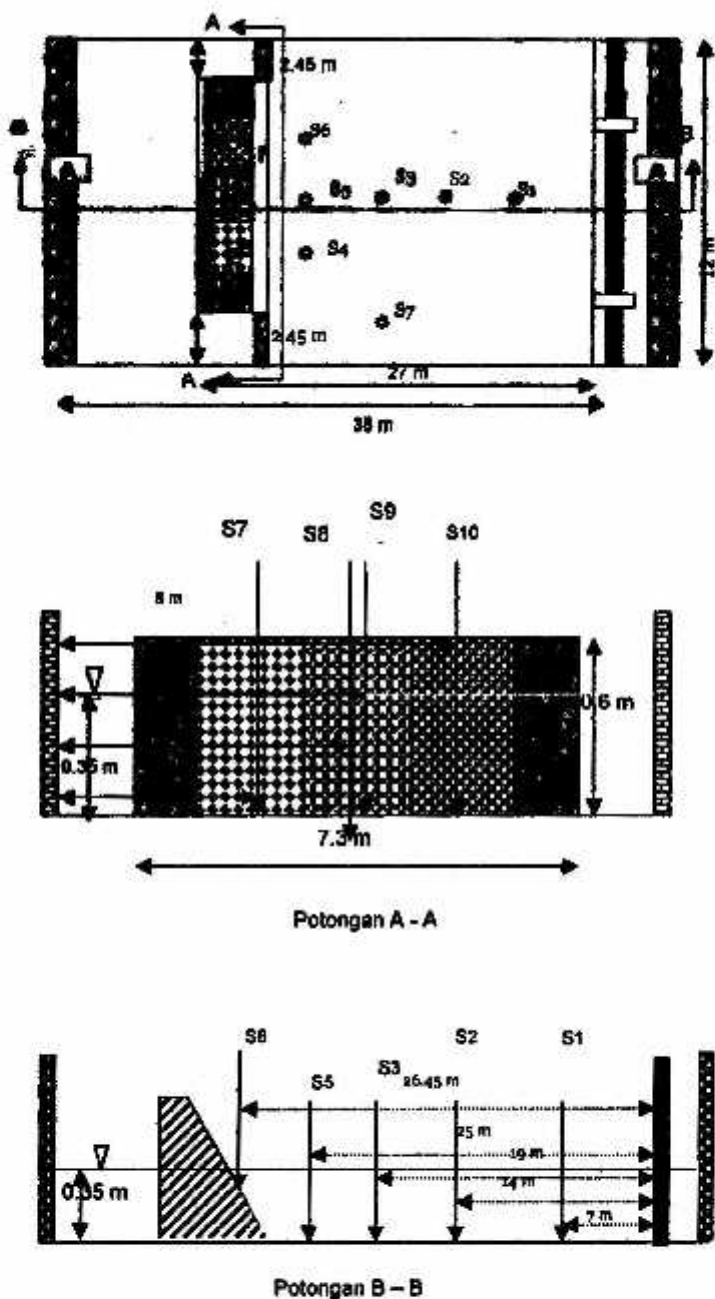
Menurut Graven dan Sorenson (1977), stabilitas unit lapis lindung dolos akibat serangan gelombang tak teratur sedikit berkurang, apabila sudut datang gelombang minimum $\theta = 45^\circ$. Sedang

untuk unit lapis lindung batu alam, stabilitas tidak banyak dipengaruhi pada interval sudut (θ) dari 0° sampai 45° , tetapi akan meningkat banyak seandainya sudutnya tinggi (Van de Kreeke, 1969).

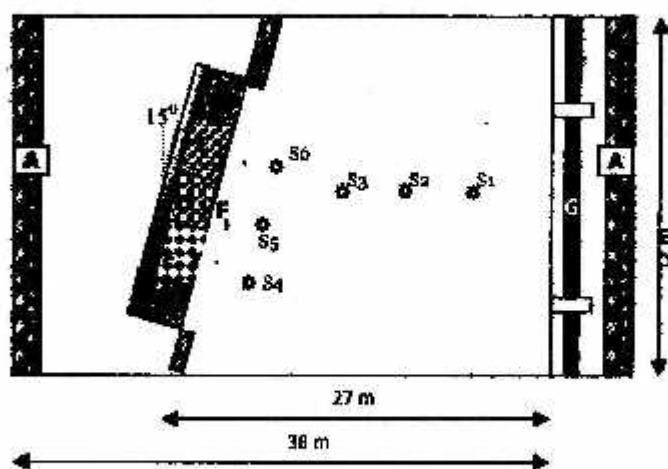
Galland (1994), telah mengadakan penelitian dengan 4 (empat) benda uji tipe uni lapis lindung yaitu batu alam, kubus, tetrapod dan accropode, dengan variasi 6 (enam) sudut serangan gelombang ($0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ dan 75°), bahwa stabilitas unit lapis lindung buatan (beton) meningkat seiring dengan meningkatnya sudut datang gelombang. Untuk stabilitas lapis lindung tipe batu alam, tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang miring pada perbandingan kerusakan kurang dari 5%. Tetapi pada perbandingan kerusakan lebih tinggi dan sudut datang lebih besar dari 15° , maka stabilitas sedikit meningkat dengan meningkatnya serangan gelombang miring.

METODE PENELITIAN

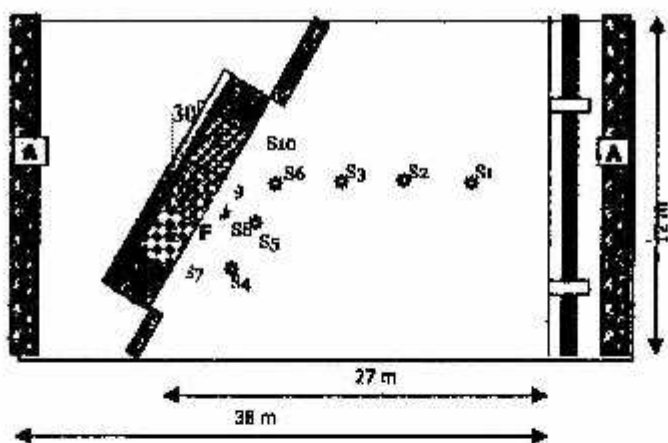
Penelitian dilakukan di Laboratorium kolam gelombang Balai pengkajian Dinamika Pantai Yogyakarta. Dalam penelitian ini digunakan pembangkit gelombang dengan dilengkapi beberapa sensor pada titik-titik yang ditinjau. Kolam gelombang yang digunakan berukuran lebar 12 m dan panjang 38 m. Model diletakkan pada posisi di tengah kolam dengan jarak 27 m dari wave generator. Pengujian dilakukan dalam tiga bentuk sudut arah datang gelombang, yaitu sudut $0^\circ, 15^\circ$, dan 30° . Berikut skema perletakan model pada kolam gelombang.



Gambar 2. Skema perletakan model pada kondisi sudut datang gelombang 0° (tanpa skala)



Gambar 3. Skema perletakan model pada kondisi sudut datang gelombang 15° (tanpa skala)



Gambar 4. Skema perletakan model pada kondisi sudut datang gelombang 30° (tanpa skala)

Model unit lapis lindung yang digunakan dalam penelitian ini adalah tetrapod, kubus, dan batu pecah yang permukaannya tumpul. Masing-masing sebelumnya dihitung dengan

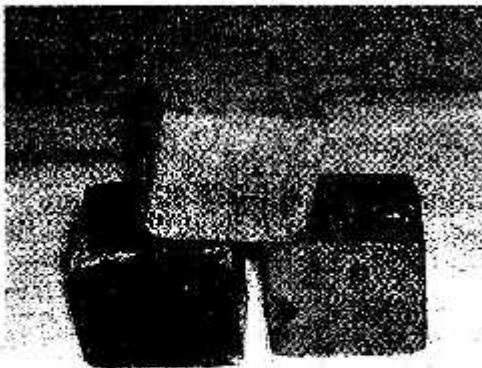
menggunakan formula Hudson, dengan mengambil nilai koefisien stabilitas lapis lindung (K_d) untuk tetrapod, kubus, dan batu pecah. Hal tersebut dimaksudkan

untuk mengetahui berat, jumlah yang dibutuhkan.

Berdasarkan hasil perhitungan ditetapkan berat tetrapod adalah 67 gram, kubus 234 gram dan batu pecah 170 gram. Ketiga unit lapis lindung ini diuji bersamaan dengan menatanya, masing-masing selebar 1,7 m dan batu biasa di pinggir kiri kanannya selebar 1,5 m.



Gambar 5. Tetrapod $W_{model} = 67$ gram



Gambar 6. Kubus $W_m = 234$ gram



Gambar 7. Batu pecah $W_m = 170$ gram

Kedalaman air yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,35 m dengan tinggi gelombang 0,14 m dan periode gelombang rencana 1,1 detik dan 1,4 detik. Pengujian dilakukan sampai mencapai 1000 gelombang atau selama 18,5 menit. Kemiringan struktur 1 : 1.

Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang tak teratur (*irregular wave*) dengan kondisi gelombang pecah. Dengan menggunakan spektrum yang direncanakan, yaitu Bretschneider. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali perulangan untuk masing-masing sudut arah datang gelombang.

Tiap perulangan dilakukan pengamatan fenomena gelombang secara visual, pencatatan tinggi gelombang dengan menggunakan sensor gelombang dan pencatatan unit lapis lindung yang berpindah warna.

Kerusakan unit lapis lindung diwakili oleh unit lapis lindung yang berpindah warna. Dalam penelitian ini digunakan sepuluh macam warna untuk memudahkan pengamatan.

Rancangan penelitian disusun untuk memudahkan proses pengujian, sehingga pengujian dapat terkontrol. Dalam riset ini telah disusun rancangan penelitian yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rancangan penelitian

No.	Sudut datang gelombang (α)	H (m)	T (detik)	Kode pengujian
1.	0°	0,14	1,1	MBU-01-T1-T
				MBU-01-T1-K
				MBU-01-T1-B
			1,4	MBU-01-T2-T
				MBU-01-T2-K
				MBU-01-T2-B
2.	15°	0,14	1,1	MBU-02-T1-T
				MBU-02-T1-K
				MBU-02-T1-B
			1,4	MBU-02-T2-T
				MBU-02-T2-K
				MBU-02-T2-B
3.	30°	0,14	1,1	MBU-03-T1-T
				MBU-03-T1-K
				MBU-03-T1-B
			1,4	MBU-03-T2-T
				MBU-03-T2-K
				MBU-03-T2-B

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi dan Periode Gelombang

Pengamatan tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dilakukan dengan menempatkan sensor-sensor gelombang pada masing-masing unit lapis lindung.

Berdasarkan pengamatan langsung (secara visual), diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. Sudut datang gelombang 0°
Pada batu pecah, kubus dan tetrapod terjadi tinggi gelombang yang hampir sama.
- b. Sudut datang gelombang 15°
Pada batu pecah tinggi gelombang yang terjadi paling tinggi diantara yang lain. Pada kubus dan tetrapod tinggi gelombang yang terjadi hampir sama.

- c. Sudut datang gelombang 30°

Pada batu pecah tinggi gelombang yang terjadi paling tinggi diantara yang lain. Pada kubus dan tetrapod tinggi gelombang yang terjadi hampir sama.

Hal ini terjadi pada kedalaman 0.14 m baik pada periode 1.1 detik maupun 1.4 detik. Energi gelombang per meter panjang puncak gelombang dinyatakan dalam:

$$P = \frac{n\bar{E}L}{T} \quad (\text{N.m/detik}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

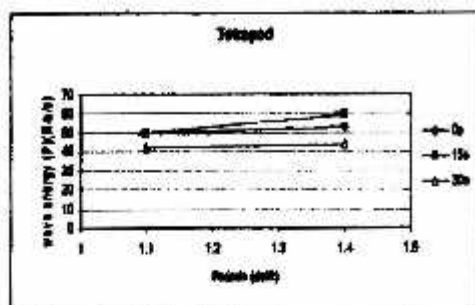
dengan :

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) \quad \dots\dots\dots(2)$$

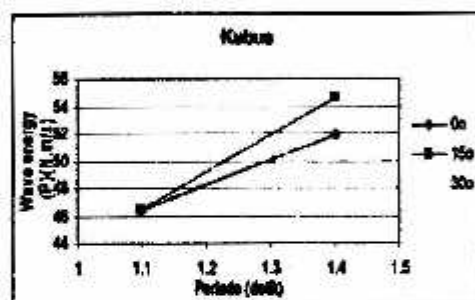
$$\bar{E} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad \dots\dots\dots(3)$$

L = panjang gelombang (m)

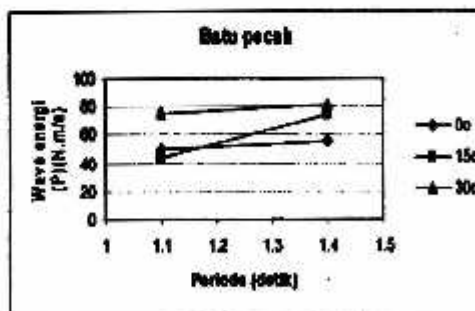
T = periode gelombang (detik)



Gambar 8. Grafik hubungan antara Periode gelombang dengan Energi gelombang per meter panjang puncak gelombang pada tetrapod



Gambar 9. Grafik hubungan antara Periode gelombang dengan Energi gelombang per meter panjang puncak gelombang pada kubus



Gambar 10. Grafik hubungan antara Periode gelombang dengan Energi gelombang per meter panjang puncak gelombang pada batu pecah

Tabel 2. Energi gelombang yang terjadi pada masing-masing unit lapis lindung.

Sudut datang gelombang (α)	Periode (detik)	Energi gelombang P (N.m/detik)		
		Tetrapod	Kubus	Batu pecah
0	1.1	50.10	46.38	50.35
	1.4	52.93	51.94	55.43
15	1.1	49.75	46.41	44.67
	1.4	58.27	54.58	74.75
30	1.1	42.56	48.47	75.06
	1.4	43.56	51.22	81.90

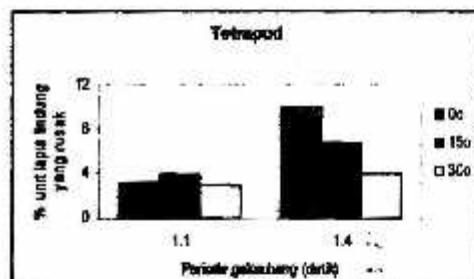
Berdasarkan grafik dan tabel di atas dapat digambarkan bahwa tiap-tiap unit lapis lindung mempunyai karakteristik yang berbeda. Pada tetrapod, arah sudut datang gelombang yang semakin besar (dari 0° , 15° , dan 30°) menyebabkan energi gelombang yang semakin menurun. Sedangkan pada kubus, arah sudut datang gelombang sudut 0° dan 15° , menyebabkan kenaikan energi gelombang, lain halnya dengan sudut 30° yang justru mengakibatkan kenaikan pada periode 1.1 detik dan menurun pada periode 1.4 detik. Pada batu pecah, dari sudut arah datang gelombang 0° , 15° , 30° , didapatkan harga energi gelombang yang cenderung naik. Dan energi gelombang yang terbesar pada batu pecah terjadi pada periode 1.1 detik dengan sudut arah datang gelombang 30° .

Kerusakan Unit Lapis Lindung Pemecah Gelombang

Kerusakan unit lapis lindung pada pemecah gelombang ditandai dengan mengamati dan menghitung unit lapis lindung yang berpindah warna. Hasil pengamatan tersebut diolah sehingga

menghasilkan prosentase unit lapis lindung yang pindah tempat atau dalam hal ini dikatakan rusak.

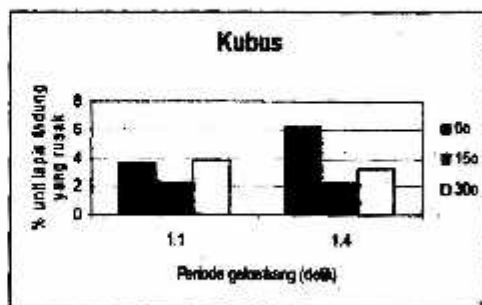
Hasil pengolahan data kerusakan unit lapis lindung disajikan dalam Gambar 11, 12, dan 13. Masing-masing berdasarkan sudut arah datang gelombang.



Gambar 11. Grafik hubungan antara periode gelombang pada tetrapod dengan prosentase unit lapis lindung yang rusak

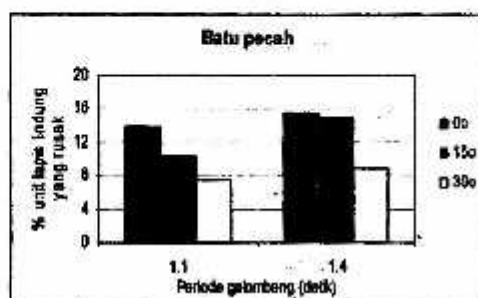
Berdasarkan Gambar 11 tetrapod dapat ulas sebagai berikut, dengan bertambahnya periode jumlah kerusakan yang terjadi semakin besar. Bila ditinjau dari sudut datang gelombang, ada perbedaan sedikit antara sudut 0° dengan 15° , yaitu 3.25% dan 3.85% pada periode gelombang 1.1 detik. Namun bila dibandingkan dengan periode 1.4 detik semua hasilnya cenderung turun dengan bertambahnya sudut arah datang gelombang.

Gambar 12 menunjukkan bahwa pada kondisi periode 1.1 detik, terjadi kerusakan sebesar 3.64 % pada sudut 0° , 2.28% pada sudut 15° , dan 3.85 % pada sudut 30° . Berarti pada kubus dengan sudut 0° dan 30° mengakibatkan kerusakan yang hampir sama. Dan pada sudut 15° menimbulkan kerusakan yang kecil.



Gambar 12. Grafik hubungan antara periode gelombang pada kubus dengan prosentase unit lapis lindung yang rusak

Lain halnya pada periode 1.4 detik. Pada kondisi ini sudut 0° menimbulkan kerusakan yang terbesar dengan jarak yang signifikan (6.21%), kemudian diikuti oleh sudut 30° (3.32%) dan sudut 15° (3.32%).



Gambar 13. Grafik hubungan antara periode gelombang pada batu pecah dengan prosentase unit lapis lindung yang rusak

Gambar 13 menggambarkan bahwa pada periode 1.1 detik maupun 1.4 detik terjadi kecenderungan yang sama baik pada sudut 0° , 15° , dan 30° . Pada ketiga sudut tersebut mengakibatkan tingkat kerusakan yang makin berkurang dengan bertambah besarnya sudut (0° , 15° , dan 30°).

Hasil selengkapnya disajikan dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Prosentase kerusakan unit lapis lindung akibat perubahan sudut datang gelombang.

Sudut datang gelombang (α)	Periode (detik)	% kerusakan unit lapis lindung		
		Tetrapod	Kubus	Batu pecah
0	1.1	3.25	3.64	13.79
	1.4	9.97	6.21	15.54
15	1.1	3.85	2.28	10.20
	1.4	6.75	2.24	14.97
30	1.1	2.91	3.65	7.45
	1.4	4.06	3.32	8.71

SIMPULAN

1. Perubahan sudut datang gelombang mengakibatkan perbedaan terjadinya tinggi gelombang
2. Perbedaan kerusakan pada unit lapis lindung diakibatkan pengaruh dari sudut arah gelombang datang. Kerusakan unit lapis lindung mempunyai karakteristik yang berbeda. Pada tetrapod dan batu pecah ada kecenderungan menurun dengan bertambahnya sudut datang gelombang. Pada kubus cenderung turun pada sudut 15° . Sedangkan pada sudut 0° dan 30° cenderung turun.

SARAN

1. Perlu diadakan penelitian dengan menambah berbagai variasi sudut datang gelombang.
2. Model yang dibuat dengan berbagai variasi bentuk tetapi beratnya dibuat sama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ergin, A. and Pora, S., "Irregular Wave Action on Rubble-Mound Breakwaters," Journal, Waterways, Harbors, and Coastal Engineering Division, American Society of Civil Engineers, Vol 97, No. WW2, May 1971, pp 279 – 293.
2. Hudson, R. Y. and Jackson, R. A., "Stability of Rubble-Mound Breakwaters," Technical Report 2-365, Jun 1953, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, Miss.
3. Goda, Y., *Random Seas and Design of Maritime Structures*, University of Tokyo Press, 1985.
4. Ouellet, Y., "Effects of Irregular Wave Trains on Rubble-Mound Breakwaters," Journal, Waterways, Harbors, and Coastal Engineering Division, American Society of Civil Engineers, Vol 98, No. WW1, Feb 1972, pp 1 – 14.
5. Wiegel, R.L., *Directional Wave Spectra Applications*, ASCE, 1982
6. U.S. Army Coastal Engineering Research Center, *Shore Protection Manual*, U.S. Govt. Printing Office, 1991.