



PENELITIAN KERUSAKAN UNIT LAPIS LINDUNG PEMECAH GELOMBANG TERHADAP BERBAGAI SPEKTRUM GELOMBANG

Sriyana¹, Iwan. K. Hadihardaja²

Diterima 12 Desember 2006

ABSTRACT

Determination of the amount of damage in the armour layer unit of breakwater is highly affected by wave spectrum generated. This research is aimed at knowing the influence of many kind of wave spectrum toward the amount of damage in the armour layer unit. This study is carried out by means of irregular non-breaker waves on physical modeling. The spectrums used on irregular waves are Pierson Moskowitz, Bretschneider, Jonswap, and Darbyshire, employing tetrapod, cubes, and rubble mound as the armour layer. The result of the test model indicate that Darbyshire spectrum have largest potential to destroy the stability of armour layer more than spectrum Jonswap, Pierson Moskowitz, Bretschneider.

Key words : *Armour layer unit, breakwater, Pierson Moskowitz, Bretschneider, Jonswap, dan Darbyshire*

ABSTRAK

Penentuan jumlah kerusakan satuan lapis lindung pemecah gelombang adalah sangat tinggi diakibatkan oleh bangkitan spectrum gelombang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh beberapa spectrum gelombang terhadap jumlah kerusakan unit lapis lindung. Penelitian ini dilaksanakan dengan metode model fisik akibat gelombang tidak teratur dalam kondisi gelombang tidak pecah. Jenis Spektrum gelombang tak teratur yang bias dibangkitkan adalah Pierson Moskowitz, Bretschneider, Jonswap, dan Darbyshire, dengan struktur tumpukan batuan dengan menggunakan jenis tetrapod, kubus sebagai lapis lindung. Berdasarkan hasil model test bahwa spektrum Darbyshire lebih potensial menyebabkan kerusakan pada stabilitas lapis lindung dari pada spektrum Jonswap, Pierson Moskowitz, Bretschneider.

Kata kunci : *Satuan lapis lindung, Breakwater, Pierson Moskowitz, Bretschneider, Jonswap, dan Darbyshire*

¹ Jurusan Teknik Sipil FT. Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto SH. Tembalang, Semarang

² Departemen Teknik Sipil FTSP - ITB
Jl. Ganesha No. 10 Bandung 40132 (022-2502271)

PENDAHULUAN

Rekayasa pantai sangat diperlukan untuk mengatasi perubahan-perubahan yang terjadi di pantai. Salah satu bentuk bangunan pengamanan pantai adalah pemecah gelombang (*breakwater*). Bangunan ini biasanya digunakan untuk mengamankan daerah pantai dari gempuran ombak. Disamping itu juga digunakan untuk melindungi pelabuhan sehingga kapal-kapal dapat bersandar di pantai.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kerusakan unit lapis lindung pemecah gelombang akibat dari pelbagai bentuk spektrum gelombang.

Gelombang pada permukaan laut bukan sinusoid yang sederhana, yang terdiri dari gelombang acak dengan panjang dan periode yang bervariasi. Oleh karena itu dalam merencana bangunan pantai harus disesuaikan dengan karakteristik gelombang yang terjadi di daerah rencana.

Perkembangan ilmu yang membahas tentang fenomena gelombang sangatlah pesat dewasa ini. Hal ini ditandai dengan beragam cara untuk memprediksi gelombang yang terjadi dengan pendekatan spektrum gelombang. Macam-macam spektrum gelombang telah dikenalkan di dunia penelitian, antara lain Pierson Moskowitz, Bretschneider, Jonswap, dan Darbyshire.

Konsep tentang spektrum gelombang sebenarnya dikaitkan dengan Hukum Newton, dimana beliau menemukan bahwa sinar matahari terdiri dari spektrum warna dari warna merah sampai ungu yang membentuk sebuah

prisma. Spektrum mengindikasikan bagaimana intensitas pelbagai cahaya dihubungkan dengan panjang gelombang. Distribusi energi dari gelombang ketika diplotkan antara frekuensi dan arah gelombang disebut spektrum gelombang (Goda, 1985).

Standar formula yang digunakan untuk memperkirakan spektrum yang dibentuk oleh gelombang hasil pembangkitan dari angin adalah (Goda, 1985) :

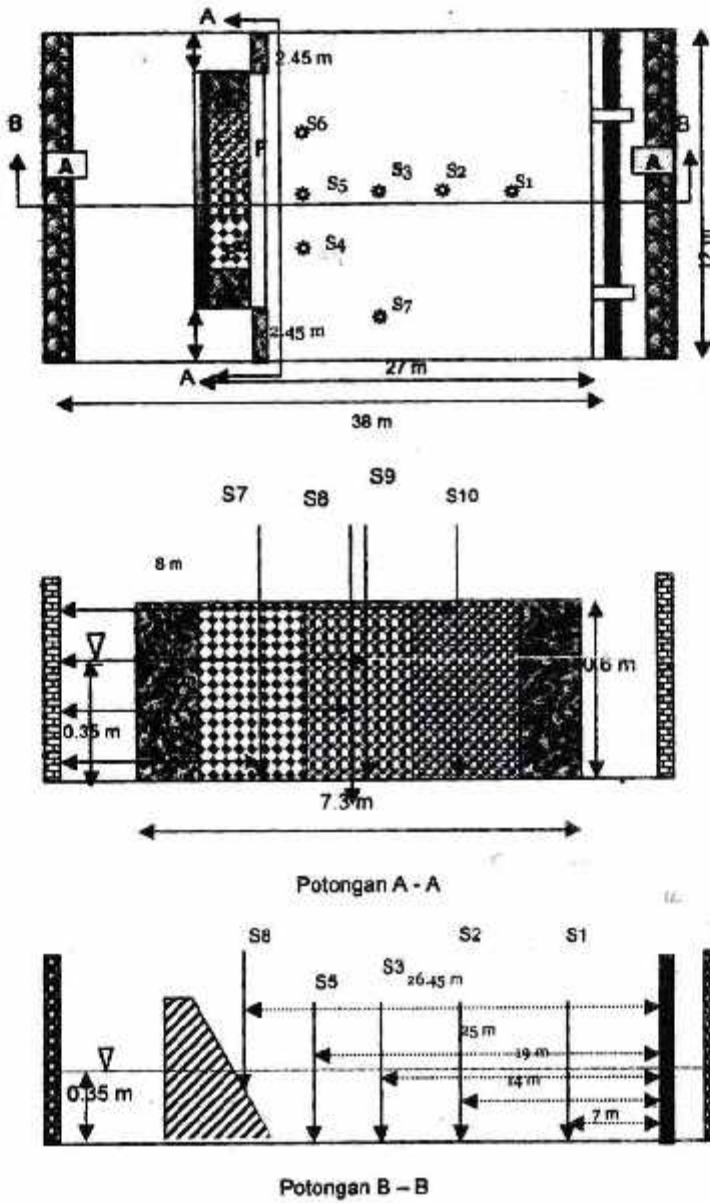
$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3} (T_{1/3} f)^{-5} \exp[-1.03 (T_{1/3} f)^{-4}] \quad (1)$$

Perencanaan pemecah gelombang hendaknya memperhatikan beberapa aspek, antara lain aspek stabilitas unit lapis lindung. Dalam menganalisis stabilitas unit lapis lindung ini ada beberapa variabel atau parameter penting yang sebaiknya diperhatikan diantaranya kedalaman air, prosentase kerusakan, percepatan gravitasi, tinggi gelombang, karakteristik dimensi unit lapis lindung, kecepatan air, sudut kemiringan struktur, sudut gelombang datang, bentuk unit lapis lindung, kemiringan dasar, panjang gelombang, viskositas dinamik, kekasaran permukaan unit lapis lindung, rapat massa unit lapis lindung, rapat masa air laut (Hudson dkk, 1979).

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

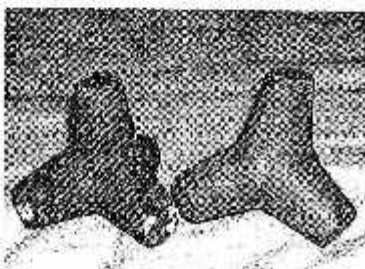
m. Model diletakkan pada posisi di perletakkan model pada kolam tengah kolam dengan jarak 27 m dari gelombang. Berikut skema



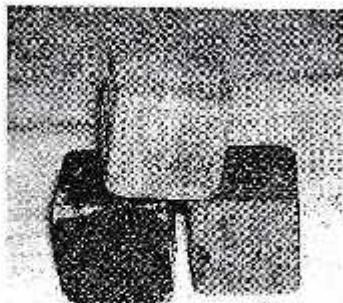
Gambar 1. Skema perletakkan model (tanpa skala)

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 untuk mengetahui berat, jumlah yang dibutuhkan dan tinggi gelombang yang direncanakan.

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 2. Tetrapod $W_{model} = 67$ gram



Gambar 3. Kubus $W_m = 234$ gram



Gambar 4. Batu pecah $W_m = 170$ gram

Kedalaman air yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,35 m dengan tinggi gelombang 0,12 m dan periode gelombang rencana 1,1 detik. Pengujian dilakukan sampai mencapai 1000 gelombang atau selama 18,5 menit.

Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang tak teratur (*irregular wave*) dengan kondisi gelombang tidak pecah. Dengan menggunakan spektrum yang direncanakan, yaitu Bretschneider, Darbyshire, Jonswap, dan Pierson Moskowitz, masing-masing dilakukan sebanyak tiga kali perulangan.

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 sebagai berikut :

Tabel 1. Rancangan penelitian

No.	H (m)	T (detik)	Spektrum	Model benda uji	Kode pengujian
1.	0,12	1,1	Bretschneider,	Tetrapod	MBU-Br-T
			Bretschneider,	Kubus	MBU-Br-K
			Bretschneider,	Batu Pecah	MBU-Br-B
2.	0,12	1,1	Darbyshire	Tetrapod	MBU-Db-T
			Darbyshire	Kubus	MBU-Db-K
			Darbyshire	Batu Pecah	MBU-Db-B
3.	0,12	1,1	Jonswap	Tetrapod	MBU-Jons-T
			Jonswap	Kubus	MBU-Jons-K
			Jonswap	Batu Pecah	MBU-Jons-B
4.	0,12	1,1	Pierson-Moskowitz	Tetrapod	MBU-PM-T
			Pierson-Moskowitz	Kubus	MBU-PM-K
			Pierson-Moskowitz	Batu Pecah	MBU-PM-B

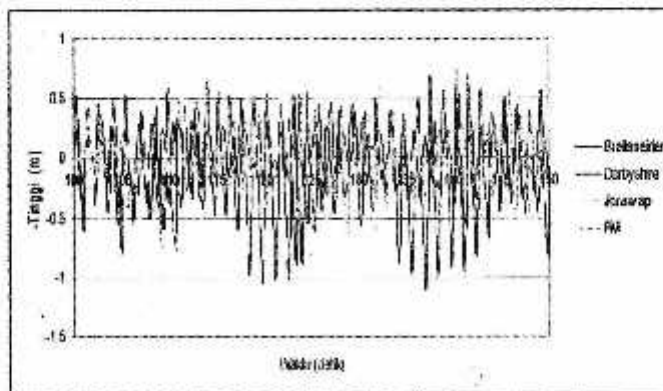
KERUSAKAN UNIT LAPIS LINDUNG PENECAH GELOMBANG

Pengamatan fenomena spektrum gelombang yang dibangkitkan dilakukan dengan menempatkan sensor-sensor gelombang pada masing-masing unit lapis lindung. Secara visual juga dilakukan pengamatan langsung.

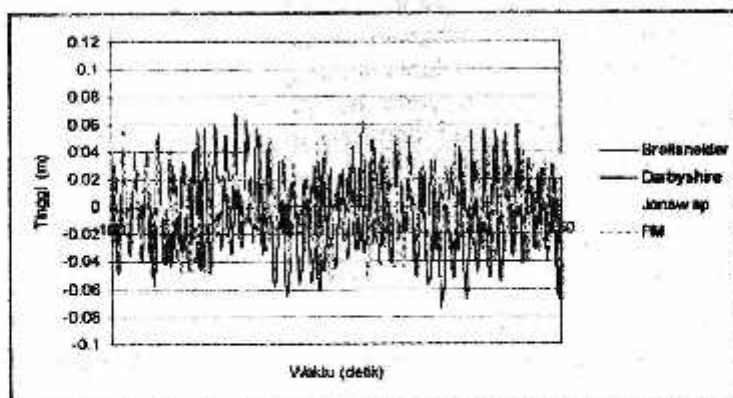
Berdasarkan pengamatan langsung (secara visual), spektrum Darbyshire sangat sesuai untuk kondisi badai. Hal ini ditandai dengan munculnya gelombang yang lebih tinggi dan terus menerus pada saat-saat tertentu.

Sedangkan setelah itu tinggi gelombang yang terjadi relatif kecil.

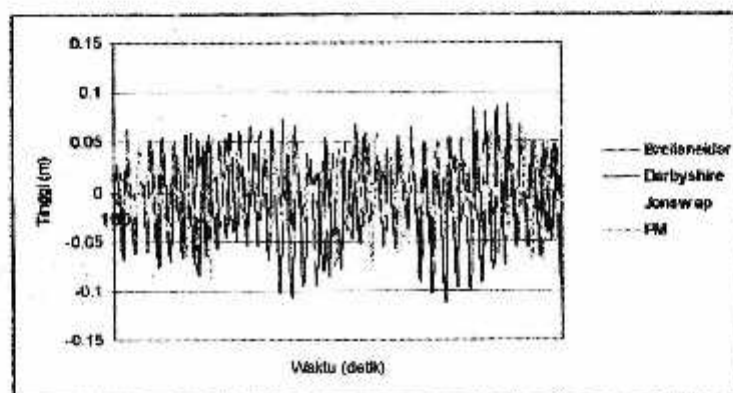
Begitu juga dengan spektrum Pierson-Moskowitz yang menghasilkan tinggi gelombang cukup tinggi. Sedangkan Spektrum Bretschneider, dan Jonswap mempunyai karakteristik yang hampir sama. Kedua spektrum tersebut menghasilkan tinggi gelombang yang hampir merata tingginya. Hasil pencatatan sensor pada masing-masing spektrum dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 5. Perbandingan spektrum pada sensor yang diletakkan di tetrapod



Gambar 6. Perbandingan spektrum pada sensor yang diletakkan di kubus



Gambar 7. Perbandingan spektrum pada sensor yang diletakkan di batu pecah

Tabel 2. Perbandingan tinggi gelombang pada berbagai pengujian

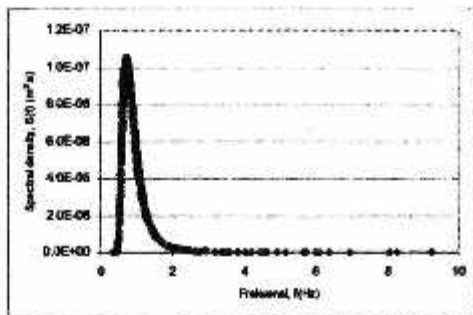
Kode Pengujian	Perulangan 1			Perulangan 2			Perulangan 3		
	Hmax	H33	Hrata	Hmax	H33	Hrata	Hmax	H33	Hrata
MBU-PM-T	0.2144	0.0977	0.0596	0.206	0.0975	0.0604	0.1887	0.0982	0.0605
MBU-Db-T	0.1948	0.1151	0.0735	0.1858	0.1195	0.0774	0.189	0.1186	0.0764
MBU-Jons-T	0.1809	0.1015	0.0666	0.1931	0.102	0.065	0.1914	0.1064	0.0672
MBU-Br-T	0.1924	0.0923	0.0502	0.1946	0.0992	0.0617	0.1768	0.0942	0.0581
MBU-PM-K	0.1445	0.0842	0.0538	0.1548	0.0837	0.0532	0.1414	0.0831	0.0533
MBU-Db-K	0.1658	0.092	0.0649	0.1499	0.0923	0.0635	0.1855	0.0932	0.0626
MBU-Jons-K	0.1624	0.0942	0.0612	0.1724	0.0919	0.06	0.1553	0.0872	0.0563
MBU-Br-K	0.209	0.0859	0.0471	0.1777	0.0776	0.0491	0.154	0.0756	0.0472
MBU-PM-B	0.1941	0.1089	0.0688	0.1846	0.1078	0.0673	0.187	0.108	0.0664
MBU-Db-B	0.1970	0.1350	0.0904	0.1877	0.1293	0.0864	0.154	0.1018	0.067
MBU-Jons-B	0.2104	0.1249	0.0818	0.2048	0.1265	0.0821	0.2043	0.1263	0.0811
MBU-Br-B	0.189	0.0771	0.0415	0.1953	0.1004	0.0625	0.1909	0.1066	0.0667

Ternyata hasil pengamatan secara visual maupun hasil pencatatan sensor pada masing-masing unit lapis lindung, menghasilkan gambaran yang hampir sama. Dimana Darbyshire menghasilkan tinggi gelombang yang tertinggi.

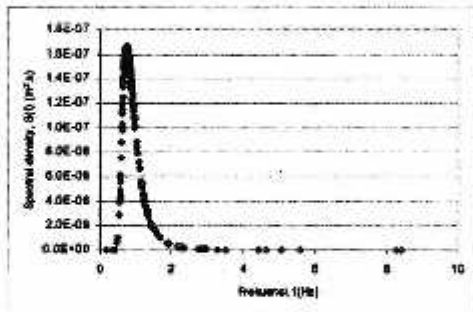
Berikutnya akan meninjau spektrum dari frekuensi gelombang yang dihasilkan. Dimana $f = 1 / T$ dalam Hz.

Dengan menggunakan persamaan di bawah ini, maka dapat digambarkan hubungan $f(\text{Hz})$ dengan spectral density, $S(f) (\text{m}^2.\text{s})$.

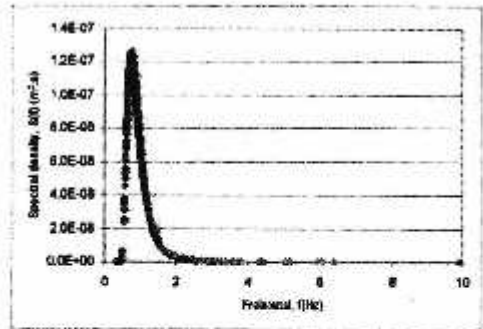
$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 T_{1/3}^2 (T_{1/3} f)^{-5} \exp[-1.03(T_{1/3} f)^{-4}] \quad (2)$$



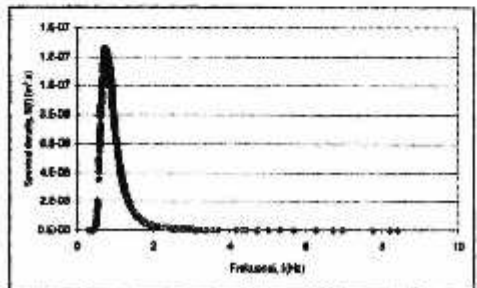
Gambar 8. Spektrum Breitsneider hasil pengujian



Gambar 9. Spektrum Darbyshire hasil pengujian



Gambar 10. Spektrum Jonswap hasil pengujian



Gambar 11. Spektrum Pierson-Moskowitz hasil pengujian

Berdasarkan Gambar 8 sampai dengan Gambar 11 dihasilkan nilai Spectral density max untuk tiap-tiap spektrum sebagai berikut :

Tabel 3. Spectral density dari berbagai spektrum gelombang.

No.	Spektrum	$S(f) (\text{m}^2.\text{s})$ Max
1.	Breitneider	1.05177E-07
2.	Darbyshire	1.66799E-07
3.	Jonswap	1.25617E-07
4.	Pierson-Moskowitz	1.25617E-07

Spektrum Darbyshire memiliki spectral density terbesar dibandingkan dengan yang lain. Hal ini mengindikasikan

bahwa spektrum jenis ini akan menghasilkan daya rusak dan energi gelombang yang besar.

Salah satu yang mempengaruhi stabilitas unit lapis lindung pemecah gelombang adalah kondisi gelombang yaitu pecah dan tidak pecah, kemudian jenis gelombang teratur dan tidak teratur, tidak lupa tinggi gelombang dan periodenya.

Berikut ini disajikan tabel kerusakan unit lapis lindung hasil dari pengujian dengan menggunakan berbagai spektrum.

Tabel 4. Perbandingan % kerusakan

Kode Pengujian	% kerusakan benda uji			Rerata
	Running ke			
	1	2	3	
MBU-Br-T	3.12	2.86	1.19	2.39
MBU-Br-K	1.43	2.01	6.92	3.45
MBU-Br-B	3.67	3.44	6.39	4.50
MBU-Ds-T	4.77	4.92	4.48	4.72
MBU-Ds-K	3.57	4.46	5.80	4.61
MBU-Ds-B	9.44	10.00	6.94	8.79
MBU-Js-T	6.58	8.33	4.70	6.54
MBU-Js-K	1.90	1.40	2.01	1.77
MBU-Js-B	3.06	5.33	3.02	3.80
MBU-PM-T	3.69	4.08	3.40	3.72
MBU-PM-K	2.32	2.08	2.46	2.29
MBU-PM-B	3.33	7.78	4.11	5.07

Berdasarkan Tabel 4 kerusakan yang ditimbulkan akibat gelombang tak teratur dengan spektrum Darbyshire sangat signifikan dibandingkan dengan spektrum yang lain. Kerusakan merata terjadi pada tetrapod, kubus, dan batu pecah.

Kerusakan pada stabilitas unit lapis lindung diakibatkan oleh besarnya energi yang dihasilkan oleh suatu

spektrum. Tiap-tiap spektrum mempunyai karakteristik yang berbeda.

Pada Bretschneider, terjadi kerusakan stabilitas tetrapod sebesar 2.39 %, kubus 3.45 % dan batu pecah 4.50 %. Spektrum Darbyshire mengakibatkan rusaknya stabilitas tetrapod sebesar 4.72 %, kubus, 4.61 %, dan batu pecah 8.79 %. Begitu juga dengan spektrum Jonswap mengakibatkan rusaknya stabilitas tetrapod sebesar 6.54 %, kubus 1.77 %, batu pecah 3.80 %. Yang terakhir spektrum Pierson-Moskowitz mengakibatkan kerusakan pada tetrapod sebesar 3.72%, kubus 2.29 % dan batu pecah 5.07%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada gelombang tak teratur ternyata mampu menghasilkan berbagai spektrum. Masing-masing spektrum mempunyai karakteristik yang berbeda. Hal ini sangat dipengaruhi oleh tinggi gelombang dan periode gelombang yang terjadi.
2. Spektrum Darbyshire mempunyai daya rusak yang paling besar dibandingkan dengan spektrum yang lain. Kerusakan tersebut merata sepanjang benda uji, baik tetrapod, kubus, maupun batu pecah.

DAFTAR PUSTAKA

Wiegel, R.L., *Directional Wave Spectra Applications*, ASCE, 1982.

Goda, Y., *Random Seas and Design of Maritime Structures*, University of Tokyo Press, 1985.

Rogan, A. J., "*Comportment des Jetées en Enrochements Vis-à-vis de la Houle (Behavior of Rubble-Mound Breakwaters Subjected to Wave Action)*," Translation No. 74 - 1, jan 1974, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, Miss.

Langhaar, H. L., *Dimensional Analysis and Theory of Models*, Wiley, New York, 1951.

U.S. Army Coastal Engineering Research Center, *Shore Protection Manual*, U.S. Govt. Printing Office, 1977.

Carstens, T., Torum, A., and Traetteberg, A., "*The Stability of Rubble-Mound Breakwaters Against Irregular Waves*," Proceedings, 10th Conference on Coastal Engineering, American Society of Civil Engineers, Vol II. Sep 1966, pp 858 - 971.

Rogan, A. J., "*Comportment des Jetées en Enrochements Vis-à-vis de la Houle (Behavior of Rubble-Mound Breakwaters Subjected to Wave Action)*," Translation No. 74 - 1, jan 1974, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE, Vicksburg, Miss.