

KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH SARAT RELATIF PADA HANGING SHEET PILE BREAKWATER AKIBAT GELOMBANG TIDAK BERATURAN (*IRREGULAR WAVE*)

Chairul Paotonan¹⁾, Wahyuni Hasan²⁾, dan Hasdinar Umar¹⁾

¹⁾Dosen Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

²⁾Alumni Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

Email: paotonan.ch@yahoo.com

Abstrak

Breakwater adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Pemecah gelombang yang saat ini banyak digunakan adalah tipe tumpukan batu. Kelemahan dari *breakwater* ini dimensinya yang besar sehingga harga yang dikeluarkan juga mahal. Salah satu solusi yang dapat diaplikasikan adalah *hanging sheet pile breakwater*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Kelautan Universitas Hasanuddin. Metode yang digunakan berbasis eksperimental dengan model skala yang digunakan adalah 1:25. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi pengaruh parameter gelombang (H_i/gT^2) dan struktur s/d terhadap koefisien refleksi gelombang yang dihasilkan oleh respon struktur dalam saluran gelombang (*wave flume*) yang dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang dan alat ukur. Gelombang yang dibangkitkan berupa *irreguler wave* dengan variasi spektrum gelombang JONSWAP. Variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) sebanyak 5 variasi, sedangkan variasi struktur berupa sarat (s) divariasikan sebanyak 3 variasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai K_r cenderung konstan tidak berubah terhadap H_i/gT^2 . Sehingga semakin besar nilai s/d maka nilai K_r akan semakin meningkat.

Kata Kunci: *Breakwater, sheet pile, koefisien refleksi*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan, sehingga memiliki kawasan pantai yang sangat panjang. Sebagai negara kepulauan, Indonesia menghadapi permasalahan daerah pantai yang cukup memprihatinkan. Permasalahan daerah pantai di Indonesia adalah erosi dan abrasi pantai daerah pantai. Sistem perlindungan pantai yang sering digunakan adalah dengan pembuatan *breakwater* atau pemecah gelombang. Proses perubahan yang terjadi di pantai merupakan akibat kombinasi berbagai gaya yang bekerja di pantai meliputi angin dan gelombang. (Triatmodjo, 1999).

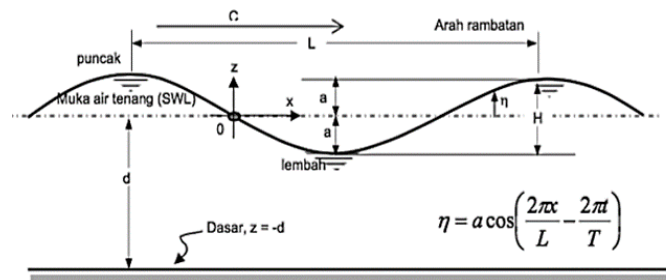
Breakwater adalah bangunan struktur pantai yang digunakan untuk mengantisipasi dan mengendalikan abrasi. Gelombang laut yang ada di alam bebas bentuknya tidak teratur (acak) dan sangat kompleks dengan masing-masing gelombang mempunyai sifat yang berbeda-beda, sesuai dengan karakteristik pembangkit gelombang dan lingkungan yang dilaluinya. Parameter gelombang laut yang penting biasa digunakan dalam analisis gelombang laut adalah tinggi gelombang laut dan waktu periode. Berdasarkan tinggi gelombang laut dapat ditentukan fungsi distribusi probabilitas gelombang laut, sedangkan berdasarkan waktu periode dapat ditentukan bentuk spektrum gelombang laut. Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian diteruskan (transmisi), dan sebagian dihancurkan (disipasi) melalui pecahnya gelombang bergantung pada karakteristik gelombang datang seperti periode, tinggi gelombang, kedalaman air serta tipe bangunan peredam gelombang (permukaan halus dan kasar, lolos air dan tidak lolos air) dan geometrik bangunan peredam (kemiringan, elevasi, dan puncak bangunan). Efektivitas dari struktur pemecah gelombang dalam melindungi pantai dari bahaya erosi dan abrasi dapat dilihat dari seberapa besar energi gelombang yang dapat diredam oleh bangunan tersebut. Dalam penelitian ini kinerja penahan gelombang akan dilihat dari besar nilai refleksi gelombang (K_r).

Terdapat beberapa penelitian yang mengkaji tentang *breakwater* tipe *pile* diantaranya adalah Paotonan (2015) melakukan penelitian terkait pemecah gelombang tipe *pilecap* melalui pendekatan analitik untuk mendapatkan besarnya tinggi gelombang yang melewati pemecah gelombang yang direpresentasikan oleh nilai koefisien transmisi. Dalam penelitian ini pula disampaikan bahwa biaya pembangunan pemecah gelombang tipe *pilecap* jauh lebih murah dibandingkan pemecah gelombang konvensional. Penghematan biaya investasi dapat mencapai 72% lebih

dibandingkan pemecah gelombang tipe konvensional. Paotonan dan Suyatno (2017) melakukan penelitian tentang tegangan dan deformasi pada pemecah gelombang *sheet pile* dengan cara memvariasikan lebar celah antar *sheet pile* dan parameter gelombang konstan dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS. Paotonan dan Suyatno melaporkan bahwa semakin besar lebar celah antar *sheet pile* maka gaya, tegangan dan deformasi yang terjadi semakin kecil. Semakin besar tegangan maka deformasi yang terjadi semakin besar pula dengan hubungan yang tidak linier. Penelitian sebelumnya belum secara spesifik mengkaji transmisi gelombang pada pemecah gelombang tipe *hanging sheet pile*. Oleh sebab itu dalam penelitian ini difokuskan untuk meneliti pengaruh kecuraman gelombang (H_i/gT^2) dan lebar celah relatif (b/D) pemecah gelombang tipe *sheet pile* terhadap koefisien transmisi gelombang (K_t).

LANDASAN TEORI

Gelombang selalu menimbulkan sebuah ayunan air yang bergerak tanpa henti-hentinya pada lapisan permukaan laut dan jarang dalam keadaan sama sekali diam. Gelombang laut yang ada di alam bebas bentuknya tidak teratur (acak) dan sangat kompleks dengan masing-masing gelombang mempunyai sifat yang berbeda-beda, sesuai dengan karakteristik pembangkit gelombang dan lingkungan yang dilaluinya. Sketsa gelombang dapat dilihat seperti Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa definisi parameter gelombang (Yuwono, 1982)

Namun pendekatan model dengan menggunakan spektrum adalah berlakunya beberapa definisi spektrum gelombang seperti JONSWAP yang memiliki beberapa parameter pembangkitnya. JONSWAP sendiri memiliki lima parameter, hanya dua saja yang umum didapatkan dalam menggunakan metode ini yaitu frekuensi awal serta tinggi gelombang signifikan. Formulasinya dapat ditulis sebagai berikut.

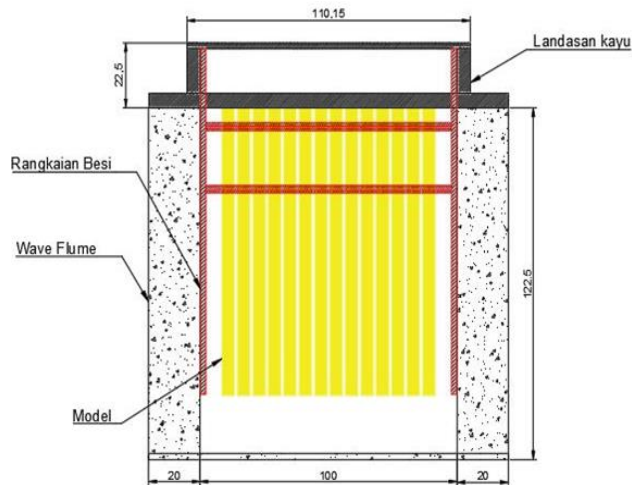
$$S^+_w = \frac{ag^2}{w^5} e^{-\frac{5}{4}(\frac{wm}{w})^4} \gamma^\delta \quad (1)$$

Dalam analisa spektrum energi gelombang diperlukan data pencatatan gelombang selama 15-20 menit. Prinsip analisa spektrum gelombang adalah menguraikan suatu gelombang *irregular* menjadi susunan dari gelombang teratur dari berbagai frekuensi dan tinggi gelombang (Yuwono, 1982). Selain itu transmisi gelombang merupakan sisa energi gelombang setelah melewati struktur penahan gelombang (CERC, 1984). Parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (H_r) dengan tinggi gelombang datang (H_i). Semakin kecil reduksi gelombang yang dihasilkan maka makin besar koefisien transmisi yang terjadi.

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (2)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Teknologi Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin melalui eksperimen laboratorium. Pembangkit gelombang yang digunakan adalah *piston type wave maker* yang terdiri dari aktuator dan penggerak elektrik. *Wave flume* memiliki panjang 24 meter, lebar dan tinggi saluran gelombang masing-masing adalah 1 meter dan 1,22 meter. Model diletakkan di dalam *wave flume* dan diperkuat dengan landasan kayu dan besi. Sketsa dan peletakan model di dalam *wave flume* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa penempatan di dalam *flume*



Gambar 2. Model yang telah diletakkan di dalam *flume*

Kedalaman air yang digunakan adalah $d = 0,6$ m. Periode gelombang (T) divariasikan sebanyak 5 kali yaitu 0,8 detik, 1,2 detik, 1,6 detik, 2 detik dan 2,4 detik. Sedangkan tinggi gelombang (H) divariasikan sebanyak 5 kali tiap perubahan periode (T) di atas, yaitu 0,032 m, 0,064 m, 0,096 m, 0,128 m dan 0,160 m. Variasi sarat *hanging sheet pile* ditetapkan $b_1 = 0,60$ m, $b_2 = 0,45$ dan $b_3 = 0,30$ atau sarat relatif (b/d) terdiri dari 1; 0,75 dan 0,50. Besar lebar celah model dalam pengujian ditetapkan sebesar 0,005 m.

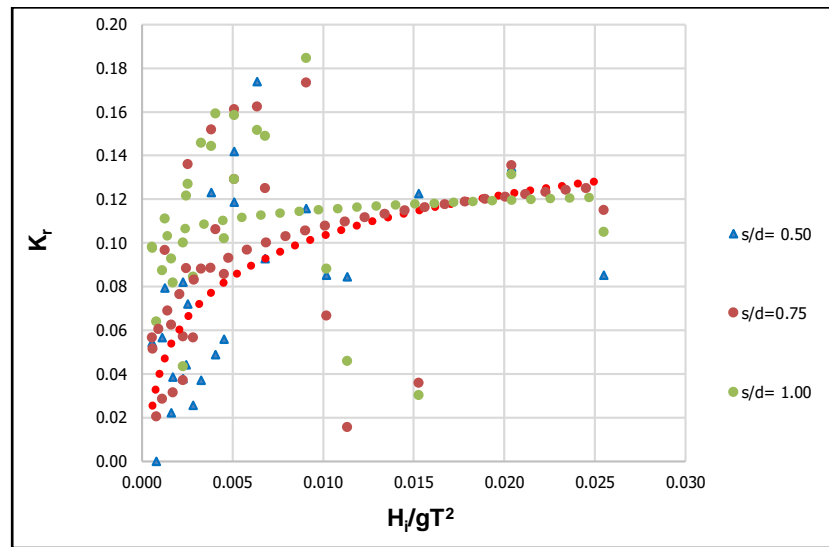
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan memvariasikan tinggi gelombang H , periode gelombang T pada kedalaman air 0,60 m, dan memvariasikan lebar celah relatif struktur (b) yang tercelup ke dalam air dan menetapkan besar sarat struktur yang terendam di dalam air, $s = 0,45$ m, selanjutnya mengukur tinggi gelombang di depan dan belakang model pemecah gelombang *sheet pile*, maka tinggi gelombang datang H_i , dan tinggi gelombang transmisi H_t dapat dihitung. Jumlah *probe* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 *probe* di depan model dan 4 *probe* di belakang model. Tinggi gelombang datang di depan model, H_i dihitung dengan menggunakan data pada *probe* yang diletakkan di depan model. Sedangkan tinggi gelombang transmisi H_t dihitung dengan menggunakan data pada *probe* yang diletakkan di belakang model. Adapun rumus untuk menghitung H_i dan H_t adalah sebagai berikut.

$$H_i = \left[\frac{H_{max} + H_{min}}{2} \right]_{Depan} \quad (3)$$

$$H_r = \left[\frac{H_{max} - H_{min}}{2} \right]_{Depan} \quad (4)$$

Dengan diketahuinya H_i dan H_r , maka nilai K_r dapat dihitung. Berdasarkan data tinggi gelombang datang, tinggi gelombang transmisi, periode gelombang dan lebar celah struktur serta kedalaman air maka kecuraman gelombang, H_i/gT^2 dan sarat relatif (s/d) dapat dihitung. Dengan menggunakan kedua nilai parameter non-dimensional tersebut maka nilai K_r disajikan dalam bentuk grafik. Adapun pengaruh H_i/gT^2 terhadap nilai K_r dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik pengaruh H_i/gT^2 terhadap K_r dengan perubahan sarat relatif (s/d)

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya pengaruh kecuraman gelombang H_i/gT^2 maka nilai K_r akan semakin meningkat, hal ini konsisten terjadi di setiap pengujian perubahan sarat (s). Nilai kecuraman gelombang H_i/gT^2 yang berkisar antara 0–0,025 dengan rentang nilai K_r antara 0,021–0,13, nilai kecuraman gelombang H_i/gT^2 yang berkisar antara 0–0,025 dengan rentang nilai K_r antara 0,05–0,13, dan untuk nilai kecuraman gelombang H_i/gT^2 yang berkisar antara 0–0,025 dengan rentang nilai K_r antara 0,10–0,13. Artinya semakin curam gelombang maka semakin besar gelombang refleksi yang dipantulkan oleh model. Refleksi yang terjadi secara signifikan berada pada rentang $H_i/gT^2 < 0,005$, dengan kata lain kecuraman gelombang mempunyai pengaruh yang besar pada rentang H_i/gT^2 tersebut. Namun untuk $H_i/gT^2 > 0,005$ kecuraman gelombang berpengaruh tidak terlalu signifikan dapat dilihat dengan naiknya trend grafik nilai K_r secara bertahap sesuai dengan kenaikan nilai kecuraman gelombang H_i/gT^2 . Berdasarkan gambar grafik dapat disimpulkan bahwa untuk H_i/gT^2 tertentu semakin besar nilai s/d maka akan semakin besar pula nilai K_r . Artinya semakin besar sarat yang tercelup di dalam air maka semakin besar tinggi gelombang refleksi yang dihasilkan oleh model. Namun dari percobaan di atas terdapat beberapa hal yang membuat nilai s/d terhadap K_r tidak selalu bernilai konstan dengan meningkatnya nilai H_i/gT^2 . Hal ini dapat dilihat dari trend s/d yang saling berpotongan untuk rentang nilai $0,015 < H_i/gT^2 < 0,020$. Ada beberapa hal yang menyebabkan terjadinya trend tersebut, diantaranya:

1. Beberapa simulasi pengujian (tinggi gelombang dan periode yang besar) menyebabkan model menjadi tidak stabil dan bergerak mengikuti pergerakan gelombang. Sehingga di setiap periode tersebut nilai K_r akan membesar akibat efek resonansi gelombang di depan model;
2. Perubahan kedalaman sarat dapat berubah dan tidak mengikuti bentuk kontrol yang diinginkan akibat adanya pengaruh gaya luar sehingga ketelitian model dalam simulasi menjadi semakin berkurang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Peredaman energi gelombang melalui struktur *hanging sheet pile breakwater* dipengaruhi oleh lebar celah struktur (b), sarat struktur (s), tinggi gelombang datang (H), dan periode gelombang (T).
2. Semakin besar nilai kecuraman gelombang (H_i/gT^2) dan lebar celah relatif (s/d) maka semakin besar nilai koefisien refleksi gelombang (K_r) dimana pengaruh kecuraman gelombang (H_i/gT^2) terhadap K_r signifikan pada $H_i/gT^2 < 0,005$.

DAFTAR PUSTAKA

- CERC, 1984, Shore Protection Manual Volume I. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- Paotonan, C., dan Suyatno, 2017, Stress and Deformation of Sheet Pile Breakwater, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Unhas ke-3.
- Paotonan, C., 2015, Pendekatan Analitis Gelombang Melalui Pemecah Gelombang Tipe Pilecap, Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Triatmodjo, B., 1999, Teknik Pantai, Beta Offset: Yogyakarta.
- Yuwono, N., 1982, Teknik Pantai, Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.