

KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH LEBAR CELAH RELATIF PADA *HANGING SHEET PILE BREAKWATER* AKIBAT GELOMBANG BERATURAN (*REGULAR WAVE*)

Chairul Paotonan¹⁾, Alif Hidayat Kasim²⁾, dan Sabaruddin Rahman¹⁾

¹⁾Dosen Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

²⁾Alumni Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

Email: paotonan.ch@yahoo.com

Abstrak

Breakwater adalah bangunan pantai yang didesain untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang. Pemecah gelombang yang saat ini banyak digunakan adalah tipe tumpukan batu, baik batu alam maupun buatan. Kelemahan *breakwater* tipe tumbukan batu adalah dimensinya yang besar sehingga harga yang dikeluarkan juga sangat mahal. Oleh sebab itu diperlukan alternatif tipe pemecah gelombang baru yang dimensinya lebih kecil dan biaya pembangunannya menjadi lebih sedikit. Salah satu solusi yang dapat diaplikasikan adalah *hanging sheet pile breakwater*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Teknologi Kelautan Universitas Hasanuddin dimana parameter penting kaitannya dengan kinerja struktur *sheet pile* sebagai pemecah gelombang adalah besarnya gelombang transmisi. Hal inilah yang menjadi pokok kajian dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh parameter gelombang (H_i/gT^2) dan struktur (b/D) terhadap gelombang transmisi yang dihasilkan oleh respon struktur dalam saluran gelombang (*wave flume*) yang dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang dan alat ukur gelombang. Dalam penelitian ini dilakukan variasi tinggi gelombang (H) sebanyak 5 variasi, periode gelombang (T) sebanyak 5 variasi, dan jarak antar *sheet pile* (b) sebanyak 3 variasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai K_t akan semakin menurun dengan bertambahnya nilai H_i/gT^2 . Sehingga semakin kecil nilai b/D maka nilai K_t akan semakin meningkat.

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

PENDAHULUAN

Tipe pemecah gelombang yang banyak diaplikasikan selama ini untuk melindungi pantai dan kolam pelabuhan adalah pemecah gelombang tumpukan batu, baik batu alam maupun batu buatan. Pemecah gelombang ini memiliki kelemahan berupa dimensi dan biaya pembangunan yang besar. Salah satu jenis pemecah gelombang yang potensial untuk dikembangkan guna mereduksi dimensi bangunan dan biaya pembangunan yang besar adalah pemecah gelombang *hanging sheet pile*. Pemecah gelombang ini mirip dengan pemecah gelombang tiang vertikal. Penelitian terkait pemecah gelombang tiang pertama kali dilakukan oleh Wiegel (1960) dan melaporkan bahwa koefisien transmisi hanya dipengaruhi oleh jarak antar tiang silinder dan diameter silinder. Hayashi dan Kano (1966) melakukan penelitian terhadap pemecah gelombang tiang silinder yang difokuskan pada distribusi momen pada tiang silinder dan transmisi gelombang melalui pemecah gelombang. Hayasi dan Kano melakukan pengembangan teori tentang efek kontraksi akibat semprotan air melalui pemecah gelombang tiang silinder. Selanjutnya Hayasi dan Kano melakukan eksperimen untuk memverifikasi solusi yang dikembangkan sebelumnya. Hayasi dan Kano melaporkan bahwa terdapat perbedaan antara solusi analitik yang dikembangkan dengan hasil eksperimen. Hayashi dan Kano beralasan bahwa hal ini dapat terjadi karena adanya pengabaian disipasi energi di depan tiang-tiang silinder. Selanjutnya Hayashi et.al melakukan revisi atas hasil penelitiannya tahun 1966 dengan menerapkan asumsi gelombang di laut dangkal dan membandingkannya dengan hasil eksperimen. Hayashi et.al melaporkan bahwa terdapat kesesuaian antara teori dengan hasil eksperimen serta melaporkan pula bahwa semakin besar jarak antar tiang silinder semakin besar pula gelombang yang ditransmisikan. Truit dan Herbich (1987) melakukan pengujian model untuk mengetahui transmisi gelombang pada tiang silinder vertikal serta dengan memvariasikan jarak antar tiang silinder dan diameter silinder dan menggunakan gelombang *irreguler*. Truit dan Herbich membandingkan hasil penelitiannya dengan teori yang dikembangkan oleh Hayashi et.al (1968) dan melaporkan bahwa antara eksperimen dengan solusi analitis memiliki

kedekatan nilai. Oleh sebab itu Truit dan Herbich berkesimpulan bahwa formula yang dikembangkan Hayashi et.al (1968) memberikan hasil yang sesuai untuk gelombang *irreguler*. Lebih jauh, Truit dan Herbich melakukan investigasi pengaruh tinggi gelombang dan kedalaman air terhadap transmisi gelombang dan melaporkan bahwa parameter gelombang merupakan parameter penting yang mempengaruhi transmisi gelombang, namun geometri pemecah gelombang juga memegang peranan penting dalam hal fenomena transmisi gelombang. 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 *sheetpile* 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 yang menjalar dari laut dalam menuju ke pantai yang melewati daerah kedalaman yang berubah tiba-tiba menjadi dangkal, maka sebagian energi gelombang akan dipantulkan, sebagian akan ditransmisikan dan sebagian lain akan terhancurkan. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi) dan yang diteruskan (transmisi) tergantung dari: karakteristik gelombang datang (periode, tinggi, dan kedalaman air), tipe bangunan pantai (permukaan halus atau kasar, lurus air atau kedap air) dan geometri bangunan (kemiringan, elevasi dan lebar puncak bangunan).

Transmisi gelombang merupakan sisa energi gelombang setelah melewati struktur penahan gelombang (CERC, 1984). Parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i). Semakin kecil reduksi gelombang yang dihasilkan maka makin besar koefisien transmisi yang terjadi.

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (1)$$

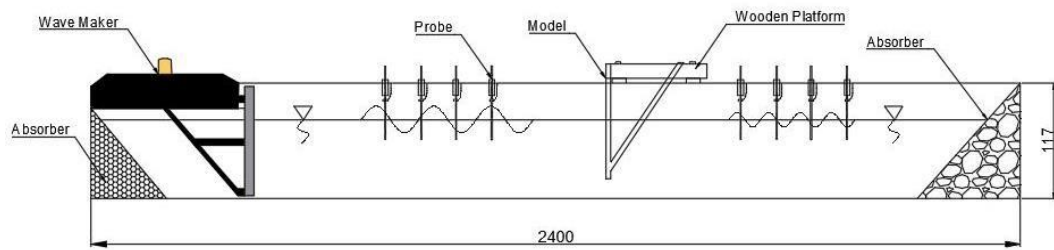
Ditambahkan oleh (Bleck & Oumeraci, 2001) bahwa koefisien transmisi adalah perbandingan antara tinggi gelombang transmisi dengan tinggi gelombang datang. Dari fungsi energi, energi transmisi merupakan akar fungsi perbandingan energi gelombang spektral transmisi dengan energi gelombang spektral yang datang. Semakin kecil reduksi gelombang yang dihasilkan maka makin besar koefisien transmisinya.

$$KE_t = f\left(\frac{H_t}{gT^2}; \frac{s}{d}\right) \quad (2)$$

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. Spesifikasi *wave flume* sebagai berikut: 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 1.

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 $b_1 = 0,005$ m, $b_2 = 0,003$ dan $b_3 = 0,001$ atau lebar celah relatif (s/d) terdiri dari 0,1; 0,06; dan 0,02. Besar sarat model terhadap dasar kolam pengujian ditetapkan sebesar 0,45 m.



Gambar 1. Sketsa model di dalam flume



Gambar 2. Penempatan model di dalam flume

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 di 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.

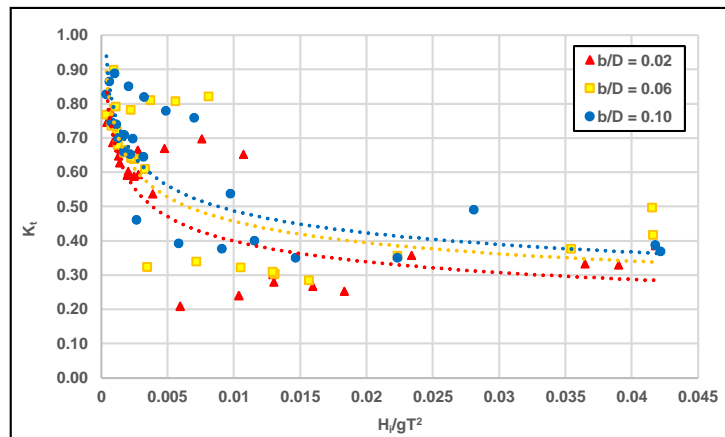
$$H_i = \left[\frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \right]_{\text{Depan}} \quad (3)$$

$$H_t = \left[\frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \right]_{\text{Belakang}} \quad (4)$$

Dengan diketahuinya H_i dan H_t , maka nilai K_t 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 lebar celah relatif (b/d) dapat dihitung. Dengan menggunakan kedua nilai parameter nondimensional tersebut maka nilai K_t disajikan dalam bentuk grafik. Adapun pengaruh H_i/gT^2 terhadap nilai K_t dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 dapat disimpulkan hubungan lebar celah relatif (b) dan lebar model (D) sebagai bilangan tak berdimensi b/D terhadap nilai K_t . Dimana semakin kecil nilai lebar relatif *sheetpile* (b/D) maka semakin kecil nilai K_t dan peningkatan nilai kecuraman gelombang (H_i/gT^2) akan menyebabkan terjadinya penurunan nilai koefisien transmisi gelombang (K_t). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin curam gelombang datang di depan model pemecah gelombang *hanging sheet pile* menyebabkan rasio antara tinggi gelombang di belakang dan di depan model mengecil. Fenomena ini terjadi dikarenakan gelombang dengan nilai kecuraman yang besar terjadi turbulensi yang signifikan di depan model sehingga menyebabkan penurunan tinggi gelombang yang melewati model relatif terhadap tinggi gelombang datang. Namun sebagai catatan bahwa sebaran data untuk semua relatif besar. Untuk

rentang $H_i/gT^2 < 0,015$ kecuraman gelombang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kejadian transmisi gelombang. Nilai kecuraman gelombang pada periode pengujian 1,6; 2 dan 2,4 seluruhnya berada pada rentang ini. Sedangkan untuk rentang $0,015 < H_i/gT^2 < 0,030$ dengan periode yang relatif kecil (0,8 dan 1,2 detik) maka frekuensi gelombang yang dibangkitkan besar, sehingga gelombang yang mengenai model menjadi semakin banyak. Kejadian ini menyebabkan peluang terjadinya turbulensi gelombang menjadi semakin besar, sehingga tinggi gelombang yang datang ditransmisikan menjadi semakin kecil. Hal ini dapat dengan mudah dilihat dari berkurangnya setengah tinggi gelombang datang setelah mengenai model.



Gambar 3. Grafik pengaruh H_i/gT^2 terhadap K_t dengan perubahan lebar celah relatif (b/D)

KESIMPULAN

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

1. Peredaman energi gelombang melalui struktur *hanging sheet pile breaker* 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 (b/D) semakin kecil nilai koefisien transmisi gelombang (K_t) dimana pengaruh kecuraman gelombang (H_i/gT^2) terhadap K_t signifikan pada $H_i/gT^2 < 0,005$.

DAFTAR PUSTAKA

- Bleck, M., & Oumeraci, H., 2001, Wave Dampening and Spectral Evolution at Artificial Reefs, The International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis (WAVES, 2001), pp. 1062-1071. ASCE.
- CERC, 1984, Shore Protection Manual Volume I. US Army Coastal Engineering Research Center: Washington.
- Hayashi, T., and Kano, T., 1966, Hydraulic Research on The Closely Spaced Pile Breakwater. Coastal Engineering Proceedings, p. 10.
- Hayashi, T., Hattori, M., and Shirai, M., 1968, Closely Spaced Pile Breakwater as a Protection Structure Against Beach Erosion, Coastal Engineering Proceedings, p. 1(11).
- 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.
- Truit, C., and Herbich, J., 1987, Transmission of Random Waves Through Pile Breakwaters. Coastal Engineering Proceedings, p.1 (20).
- Wiegel, 1960, Transmission of Waves A Rigid Vertical Thin Barrier, Coastal Engineering.