

KAJIAN REFLEKSI GELOMBANG PADA BREAKWATER DENGAN UNIT LAPIS LINDUNG UH-POD

Rusmawati^{1*}, Muhammad Arsyad Thaha², Riswal Karamma³

^{1,2,3} Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Gowa, Sulawesi Selatan

*Email: rusmawati0990@gmail.com

Abstrak

Pemecah gelombang (breakwater) merupakan struktur pantai yang berfungsi untuk mereduksi energi gelombang sehingga dapat melindungi kawasan pelabuhan dan wilayah pesisir dari kerusakan akibat gelombang laut. Salah satu parameter penting dalam evaluasi kinerja pemecah gelombang adalah koefisien refleksi gelombang yang menunjukkan besarnya energi gelombang yang dipantulkan kembali oleh struktur. Perkembangan teknologi struktur pantai mendorong penggunaan unit beton pracetak dengan bentuk khusus sebagai lapis lindung (armor layer), salah satunya adalah unit UH-Pod yang dirancang untuk meningkatkan stabilitas dan kemampuan disipasi energi gelombang melalui mekanisme interlocking antar unit. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik refleksi gelombang pada pemecah gelombang yang menggunakan lapis lindung UH-Pod. Pada penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan unit beton UH-Pod sebagai lapis lindung pemecah gelombang memberikan pengaruh terhadap karakteristik refleksi gelombang. Nilai koefisien refleksi yang diperoleh antara 0,07 hingga 0,50 sebesar 83% dari simulasi yang dilakukan, hal ini menunjukkan bahwa struktur pemecah gelombang dengan lapis lindung UH-Pod mampu mereduksi energi gelombang melalui mekanisme disipasi energi pada permukaan struktur. Bentuk geometri unit UH-Pod yang memiliki rongga dan sistem interlocking antar unit mampu meningkatkan disipasi energi gelombang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lapis lindung UH-Pod cukup efektif dalam mereduksi energi gelombang karena cukup kecil bagian yang direfleksikan.

Kata kunci: *armor layer, breakwater, refleksi gelombang, struktur pantai, UH-Pod.*

Abstract

Breakwaters are coastal structures that function to reduce wave energy so that they can protect port areas and coastal areas from damage caused by ocean waves. One of the important parameters in evaluating the performance of breakwaters is the wave reflection coefficient which indicates the amount of wave energy reflected back by the structure. The development of coastal structure technology encourages the use of precast concrete units with special shapes as armor layers, one of which is the UH-Pod unit designed to increase stability and wave energy dissipation capabilities through interlocking mechanisms between units. This study aims to examine the characteristics of wave reflection on breakwaters that use UH-Pod armor layers. This study uses an experimental approach in the laboratory. The results show that the use of UH-Pod concrete units as armor layers has an effect on wave reflection characteristics. The reflection coefficient values obtained between 0.07 and 0.50 amounting to 83% of the simulations carried out, this indicates that breakwater structures with UH-Pod armor layers are able to reduce wave energy through energy dissipation mechanisms on the surface of the structure. The UH-Pod unit's geometric shape, which features cavities and an interlocking system between units, enhances wave energy dissipation. Therefore, it can be concluded that the UH-Pod protective layer is quite effective in reducing wave energy due to the relatively small amount of reflected energy.

Keywords: *armor layer, breakwater, coastal structure, UH-Pod, wave reflection.*

1. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan sistem yang dinamis dan kompleks akibat interaksi antara gelombang laut, arus, dan pasang surut yang berlangsung secara kontinu. Energi gelombang yang tinggi seringkali menjadi penyebab utama terjadinya erosi dan abrasi pantai yang berdampak pada perubahan garis pantai serta kerusakan infrastruktur pesisir seperti pelabuhan dan dermaga [Kahiking dkk., 2022]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah membuat bangunan pantai untuk melindungi pantai terhadap kerusakan akibat serangan gelombang dan arus [Triatmodjo, 1999]. Intensitas kerusakan yang terus meningkat menunjukkan bahwa kawasan pesisir memerlukan sistem perlindungan yang tidak hanya stabil secara struktur, tetapi juga efektif dalam mereduksi energi gelombang secara optimal.

Pemecah gelombang (breakwater) merupakan salah satu solusi bangunan pantai yang paling umum digunakan untuk melindungi kawasan pesisir dengan cara meredam energi gelombang sebelum mencapai pantai [Rachmanda dkk., 2022]. Struktur ini berfungsi untuk menciptakan kondisi perairan yang lebih tenang dan mengurangi potensi abrasi [Azis, 2022; Nur dkk., 2022]. Melihat fungsi breakwater sebagai struktur pelindung pantai, penting suatu inovasi untuk merancang model breakwater yang mampu menjalankan fungsi ganda sebagai penangkap energi gelombang [Sugianto dkk., 2023].

Dalam evaluasi kinerjanya, parameter hidrodinamika seperti koefisien refleksi, transmisi, dan disipasi energi menjadi indikator utama yang menunjukkan efektivitas struktur dalam berinteraksi dengan gelombang. Di antara parameter tersebut, koefisien refleksi memiliki peran penting karena mencerminkan seberapa besar energi gelombang yang dipantulkan kembali ke laut, yang secara langsung mempengaruhi stabilitas hidrodinamika di sekitar struktur.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji karakteristik refleksi gelombang pada berbagai tipe pemecah gelombang, seperti breakwater batu pecah didapatkan nilai koefisien refleksi gelombang rata-rata 0,10 [Rachmanda dkk., 2022]. Selain itu, penelitian oleh Kuswadi dkk. (2022) mengkaji refleksi gelombang pada model breakwater tipe dinding berpori dengan nilai koefisien refleksi berada pada rentang 0,2373 – 0,3436. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Hatta dkk. (2019) mengkaji tentang karakteristik gelombang pada breakwater model *overtopping cache*, dimana hasil penelitian didapatkan bahwa nilai koefisien refleksi antara rentang 0,1 – 0,9 pada kemiringan 1:2, nilai koefisien refleksi antara rentang 0,1 – 0,7 pada kemiringan 1:2,5 dan nilai koefisien refleksi antara rentang 0,1 – 0,6 pada kemiringan 1:3. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dan Ginting. (2018) menyatakan bahwa refleksi gelombang dipengaruhi oleh dimensi pemecah gelombang ambang rendah blok beton berkaitan dengan nilai koefisien refleksi berkisar antara 0,0 – 0,50. Penelitian oleh Khasanah dkk. (2022), didapat nilai koefisien refleksi berkisar antara 0,636 – 0,85 dan koefisien transmisi berkisar antara 0,058 – 0,556, hasil menunjukkan bahwa breakwater tetrapod maupun dolos mampu meredam energi gelombang lebih efektif dengan persentase redaman rata-rata sebesar 86,7%.

Studi-studi tersebut umumnya menunjukkan bahwa nilai koefisien refleksi dipengaruhi oleh parameter gelombang, kedalaman air, kemiringan, serta tipe dan konfigurasi struktur. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada penggunaan material dan geometri konvensional, sehingga mekanisme disipasi energi yang dihasilkan cenderung terbatas pada interaksi permukaan luar struktur tanpa eksplorasi lebih lanjut terhadap efek geometri kompleks.

Perkembangan teknologi rekayasa pantai mendorong munculnya inovasi unit beton pracetak dengan bentuk geometris khusus yang dirancang untuk meningkatkan stabilitas dan kemampuan disipasi energi gelombang melalui mekanisme interlocking dan pembentukan turbulensi. Unit-unit seperti tetrapod dan dolos telah banyak digunakan dan diteliti, namun pengembangan unit dengan konfigurasi geometris yang lebih kompleks masih terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi hidrodinamika struktur. Salah satu inovasi tersebut adalah unit UH-Pod yang memiliki karakteristik bentuk berongga dan sistem interlocking yang berbeda dibandingkan unit konvensional.

Secara teoritis, geometri berongga pada UH-Pod memungkinkan terjadinya peningkatan disipasi energi melalui kombinasi mekanisme turbulensi internal, gesekan aliran, serta distribusi ulang energi gelombang di dalam struktur. Meskipun demikian, kajian eksperimental yang secara khusus mengevaluasi kinerja hidrodinamika unit UH-Pod masih sangat terbatas, terutama dalam hal karakteristik refleksi gelombang. Penelitian yang ada belum secara komprehensif mengkaji hubungan antara parameter gelombang dan respons refleksi yang dihasilkan oleh struktur dengan lapis lindung UH-Pod.

Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang signifikan, yaitu belum tersedianya pemahaman yang mendalam mengenai mekanisme refleksi gelombang pada pemecah gelombang dengan lapis lindung UH-Pod serta bagaimana parameter hidrodinamika mempengaruhi kinerja unit tersebut. Selain itu, belum adanya studi yang secara eksplisit membandingkan potensi efektivitas UH-Pod sebagai alternatif lapis lindung dalam mereduksi energi gelombang melalui parameter refleksi menjadi celah ilmiah yang penting untuk dikaji lebih lanjut.

Dengan demikian, kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini terletak pada kajian eksperimental terhadap karakteristik refleksi gelombang pada pemecah gelombang yang menggunakan unit lapis lindung UH-Pod dengan mempertimbangkan variasi parameter gelombang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai koefisien refleksi yang dihasilkan serta mengidentifikasi mekanisme disipasi energi yang terjadi, sehingga dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan desain struktur pemecah gelombang yang lebih efektif dan inovatif.

2. METODOLOGI

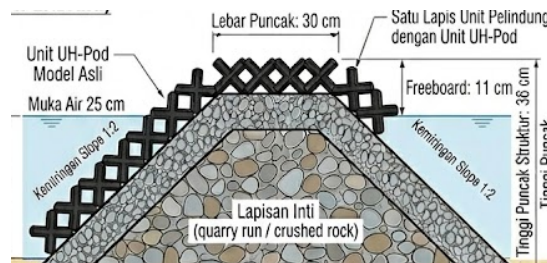
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menganalisis karakteristik refleksi gelombang pada struktur pemecah gelombang dengan lapis lindung UH-Pod. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin menggunakan saluran gelombang (wave flume).

2.1. Model Fisik Penelitian

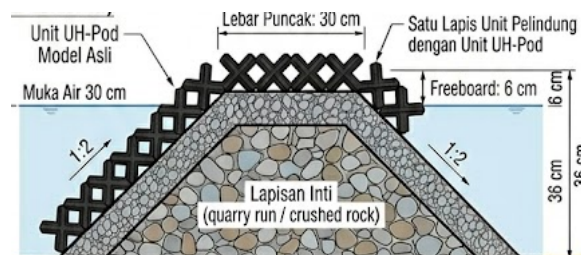
Model pemecah gelombang dibuat dalam skala laboratorium yang terdiri dari lapisan inti (core layer), lapisan filter, dan lapisan pelindung (armor layer) menggunakan unit UH-Pod 1 (satu) lapis dengan konfigurasi tersusun baring dan kemiringan struktur 1:2. Gelombang dibangkitkan menggunakan wave generator dengan variasi kedalaman air 25 cm dan 30 cm, variasi frekuensi gelombang 0,63, 0,71, 0,83, serta variasi amplitudo gelombang 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 0,10. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan menggunakan wave probe yang ditempatkan pada titik di depan struktur.



Gambar 1. Saluran gelombang (wave flume).



Gambar 2. Model struktur pemecah gelombang dengan lapis lindung UH-Pod kedalam 25 cm



Gambar 3. Model struktur pemecah gelombang dengan lapis lindung UH-Pod kedalam 30 cm

2.2. Koefisien Refleksi Gelombang

Data yang diperoleh kemudian diolah untuk menentukan nilai tinggi gelombang datang (H_i) dan tinggi gelombang pantul (H_r). Selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien refleksi (K_r) sebagai perbandingan antara tinggi gelombang pantul terhadap tinggi gelombang datang.

2.2.1. Gelombang datanng (H_i)

Dalam Rachmanda dkk. (2022) gelombang datang dirumuskan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H_i = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \tag{1}$$

2.2.2. Gelombang refleksi (H_r)

Tinggi gelombang refleksi (H_r) dalam [Rachmanda dkk., 2022] dapat rumuskan dengan persamaan berikut:

$$H_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \quad (2)$$

2.2.3. Koefisien refleksi (Kr)

Besarnya refleksi gelombang dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (Kr) yang dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (3)$$

dengan:

Kr = koefisien refleksi

Hr = tinggi gelombang pantul (m)

Hi = tinggi gelombang datang (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Tabel hasil penelitian

| Kedalaman (m) | Frekuensi | Amplitudo | Hmax (m) | Hmin (m) | Hi (m) | Hr (m) | Kr |
|---------------|-----------|-----------|----------|----------|---------|---------|---------|
| 0.25 | 0.63 | 0.06 | 0.22557 | 0.14958 | 0.18758 | 0.03799 | 0.20255 |
| | | 0.07 | 0.26075 | 0.15708 | 0.20892 | 0.05184 | 0.24813 |
| | | 0.08 | 0.23966 | 0.13047 | 0.18506 | 0.05459 | 0.29498 |
| | | 0.09 | 0.22687 | 0.09709 | 0.16198 | 0.06489 | 0.40061 |
| | | 0.10 | 0.21235 | 0.11408 | 0.16322 | 0.04913 | 0.30103 |
| | 0.71 | 0.06 | 0.24506 | 0.18157 | 0.21331 | 0.03174 | 0.14882 |
| | | 0.07 | 0.25255 | 0.05770 | 0.15513 | 0.09743 | 0.62804 |
| | | 0.08 | 0.25898 | 0.07234 | 0.16566 | 0.09332 | 0.56332 |
| | | 0.09 | 0.23249 | 0.00391 | 0.11820 | 0.11429 | 0.96691 |
| | | 0.10 | 0.21590 | 0.00398 | 0.10994 | 0.10596 | 0.96379 |
| 0.3 | 0.83 | 0.06 | 0.19421 | 0.09059 | 0.14240 | 0.05181 | 0.36382 |
| | | 0.07 | 0.23278 | 0.09412 | 0.16345 | 0.06933 | 0.42415 |
| | | 0.08 | 0.23626 | 0.10474 | 0.17050 | 0.06576 | 0.38568 |
| | | 0.09 | 0.19904 | 0.04102 | 0.12003 | 0.07901 | 0.65826 |
| | | 0.10 | 0.17169 | 0.07215 | 0.12192 | 0.04977 | 0.40822 |
| | 0.63 | 0.06 | 0.19991 | 0.15371 | 0.17681 | 0.02310 | 0.13064 |
| | | 0.07 | 0.23201 | 0.15508 | 0.19355 | 0.03847 | 0.19875 |
| | | 0.08 | 0.22694 | 0.13497 | 0.18095 | 0.04599 | 0.25414 |
| | | 0.09 | 0.21074 | 0.07140 | 0.14107 | 0.06967 | 0.49390 |
| | | 0.10 | 0.19557 | 0.12599 | 0.16078 | 0.03479 | 0.21638 |
| 0.71 | 0.63 | 0.06 | 0.14908 | 0.12930 | 0.13919 | 0.00989 | 0.07104 |
| | | 0.07 | 0.19308 | 0.15536 | 0.17422 | 0.01886 | 0.10826 |
| | | 0.08 | 0.21753 | 0.17029 | 0.19391 | 0.02362 | 0.12182 |
| | | 0.09 | 0.23675 | 0.14733 | 0.19204 | 0.04471 | 0.23281 |
| | | 0.10 | 0.20163 | 0.13312 | 0.16737 | 0.03426 | 0.20466 |
| | 0.83 | 0.06 | 0.17001 | 0.12159 | 0.14580 | 0.02421 | 0.16605 |
| | | 0.07 | 0.19292 | 0.14167 | 0.16729 | 0.02563 | 0.15318 |
| | | 0.08 | 0.21950 | 0.13460 | 0.17705 | 0.04245 | 0.23975 |
| | | 0.09 | 0.17340 | 0.12098 | 0.14719 | 0.02621 | 0.17810 |
| | | 0.10 | 0.16524 | 0.11475 | 0.14000 | 0.02524 | 0.18031 |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan unit beton UH-Pod sebagai lapis lindung pemecah gelombang memberikan pengaruh terhadap karakteristik refleksi gelombang. Dimana dari hasil pengujian didapat nilai koefisien refleksi antara rentang 0,07 hingga 0,50 sebesar 83 % dari simulasi yang dilakukan, tergantung pada kondisi tinggi gelombang dan periode gelombang yang digunakan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa struktur pemecah gelombang dengan lapis lindung UH-Pod mampu mereduksi energi gelombang karena cukup kecil bagian yang direfleksikan.

Pada kondisi gelombang tinggi yang lebih besar, nilai koefisien refleksi cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya energi gelombang yang berinteraksi dengan permukaan struktur pemecah gelombang. Namun demikian, bentuk geometri unit UH-Pod yang memiliki rongga dan sistem interlocking antar unit mampu meningkatkan disipasi energi gelombang melalui turbulensi dan gesekan antar unit. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan unit UH-Pod menjadi alternatif material lapis lindung yang efektif pada konstruksi pemecah gelombang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan unit beton UH-Pod sebagai lapis lindung pemecah gelombang memberikan pengaruh terhadap karakteristik refleksi gelombang. Nilai koefisien refleksi yang diperoleh antara rentang 0,07 hingga 0,50 sebesar 83% dari simulasi yang dilakukan, hal ini menunjukkan bahwa struktur pemecah gelombang dengan lapis lindung UH-Pod mampu mereduksi energi gelombang melalui mekanisme disipasi energi pada permukaan struktur. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lapis lindung UH-Pod cukup efektif dalam mereduksi energi gelombang karena cukup kecil bagian yang direfleksikan.

Bentuk geometri unit UH-Pod memiliki rongga pada struktur serta interlocking antar unit mampu meningkatkan kemampuan disipasi energi gelombang. Dengan demikian, penggunaan unit UH-Pod menjadi alternatif lapis lindung yang efektif dalam perencanaan struktur pemecah gelombang.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada skala model laboratorium dan variasi parameter yang terbatas, sehingga hasil yang diperoleh belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi lapangan yang kompleks. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji pengaruh parameter tambahan seperti variasi kemiringan struktur, ukuran unit, konfigurasi, serta kondisi gelombang acak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada promotor dan copromotor yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan ilmiah selama proses penelitian dan penyusunan naskah ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengumpulan data, pelaksanaan pengujian, serta penyusunan penelitian ini. Dukungan dan kontribusi yang diberikan sangat berarti dalam kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azis, A. (2022). *Kajian Eksperimental Pengaruh Parameter Gelombang Terhadap Transmisi, Refleksi Dan Disipasi Gelombang Pada Hanging Breakwater Di Kolam Gelombang*.
- Hatta, M. P., Puspita, A. I. D., Thaha, M. A., Kamma, R., Pongmandal, S., S, A., & Mustari, and M. I. (2019). *Experimental Study of Wave Reflection in Breakwater Overtopping Catcher Model Experimental Study of Wave Reflection in Breakwater Overtopping Catcher Model*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012026>
- Kahiking, F., Jansen, T., & Jasin, M. I. (2022). *Studi Kerusakan Pantai Di Pantai Buloh Kecamatan Mandolang Minahasa*. 20, 1123–1133.
- Khasanah, M., Sugeng, H., & Rikha, W. (2022). *Simulasi Model Fisik Efektivitas Pemecah Gelombang Tetrapod Dan Dolos*. 17–26.
- Kuswadi, D., Tugiono, S., Wahono, E. P., & Zakaria, A. (2022). *Study Refleksi Gelombang Menggunakan Model Breakwater Tipe Dinding Berpori Dengan Pemodelan Fisik 2-D*. 10(2), 257–266.
- Nur, W., Sari, L., Umam, K., & Hidayati, N. (2022). *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai (Breakwater) TPI Ujung Batu Jepara*. 02, 35–43.
- Rachmanda, F., Tugiono, S., Zakaria, A., & Herison, A. (2022). *Analisis Stabilitas Breakwater Tenggelam*

- Tipe Batu Pecah*. 10(2), 385–394.
- Setiawan, K. D., & Ginting, J. W. R. (2018). *WAVE REFLECTION ON INTERLOCKING CONCRETE BLOCK SUBMERGED BREAKWATER*. 33–42.
- Sugianto, Lopa, R. T., Kamma, R., & Paotonan, C. (2023). *Refleksi Gelombang pada Pemecah Gelombang Tipe Owc (Oscillating Water Column)*. 4(3), 344–352.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset.