

Efek Koefisien Transmisi akibat Variasi Wave Steepness pada Hexagonal Artificial Reef

Harish Wirayuhanto^{1*}, Haryo Dwito Armono², Asfatur Ridlwan³, Try Febrianto¹

¹Universitas Maritim Raja Ali Haji

Jl. Raya Dompok Bukit Bestari Kota Tanjung Pinang 29115 Kepulauan Riau

²Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Jl. Raya ITS Keputih Sukolilo Kota Surabaya 60111 Jawa Timur

³Institut Teknologi Sumatera

Jl. Terusan Ryacudu Way Huwi Jati Agung 35365 Lampung

*armono@oe.its.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.12585>

ABSTRACT

Waves that move towards the coast have an energy level that corresponds to the magnitude of the generating force. Waves with high energy intensity are dominantly destructive when they hit the coastal area. In order to reduce the destructive effect of waves, coastal protection structures are needed to dampen the wave energy. Artificial coral reef (artificial reef) is one type of structure that can reduce wave energy. Besides functioning as an artificial reef for marine ecosystem biota, but also as a submerged breakwater structure. This study was conducted to determine the relationship between wave steepness and the transmission coefficient produced by hexagonal artificial reefs with a model scale of 1:10. The test is carried out using regular waves with a range of H/gT^2 values between 0.0007 – 0.006. The results of research conducted at the Marine Energy Laboratory of the Department of Marine Engineering, FTK ITS, show that an increase in the value of wave steepness correlates with an increase in the value of the transmission coefficient (K_t) for all tests and configurations. The 1D structure configuration has a lower transmission coefficient (K_t) than the 0D structure configuration for each variation of the test wave.

Key words : artificial coral reef, submerged breakwater, wave steepness, transmission coefficient, hexagonal

PENDAHULUAN

Keberadaan terumbu karang di ekosistem lautan memiliki peran penting bagi keberlangsungan biota laut. Selain mendukung potensi pariwisata keindahan bawah laut, terumbu karang juga memiliki fungsi fisika sebagai *naturally submerged structure* yang dapat meredam energi gelombang datang menuju pantai. Kondisi saat ini kerusakan terumbu karang banyak terjadi terutama akibat terjadinya kenaikan suhu muka air laut dan pencemaran limbah mikroplastik. Salah satu metode untuk mengembalikan ekosistem terumbu karang ke kondisi semula adalah dengan transplantasi karang dan mengaplikasikan teknologi struktur terumbu karang buatan.

Terumbu karang buatan adalah struktur

bangunan ambang benam (*submerged breakwater*) yang memiliki karakteristik menyerupai terumbu karang alami baik dari sisi fisik maupun ekologi. Struktur terumbu karang buatan selain sebagai tempat berlindung hewan laut, juga sebagai struktur peredam gelombang datang yang mengenai kawasan pantai (Armono, 2004). Berbagai jenis bentuk struktur terumbu buatan telah dikembangkan dan diaplikasikan antara lain *Aquia Reef, Bottle Reef, Ultra Ball, Bay Ball, Square Reef, Turtle Reef*. Dari berbagai model tersebut kemudian dikembangkan membentuk struktur terumbu buatan bentuk heksagonal atau yang disebut juga sebagai *Hexareef*. Terumbu karang buatan memiliki karakteristik sebagai struktur

Cite this as:

Wirayuhanto, H., Armono, H.D., Asfatur Ridlwan & Febrianto, T. (2021). *Effect Koefisien Transmisi akibat Variasi Wave Steepnes pada Hexagonal Artificial Reef*. *Rekayasa* 14 (3). 367-372

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.12485>.

Article History:

Received: August, 30th 2021; **Accepted:** November, 27th 2021
Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

peredam gelombang ambang benam (*submerged breakwater*), harus memiliki kemampuan peredaman gelombang yang baik. Di sisi lain, struktur *submerged breakwater* memiliki karakter yang masih dapat dilalui oleh gelombang diatas puncak struktur (*overtopping*) (Rathnayaka, Rathnayaka, & Pathirana, 2016). Fenomena tersebut hanya berpengaruh beberapa persen energi gelombang yang dapat tereduksi. Kemampuan peredaman gelombang oleh struktur selain dipengaruhi oleh konfigurasi struktur (Dwito Armono & Wirayuhanto, 2018), bentuk struktur (Ridlwani, Armono, Rahmawati, & Tuswan, 2021), namun juga dipengaruhi oleh kondisi gelombang datang yang melalui struktur (Carevic, Loncar, & Prsic, 2013).

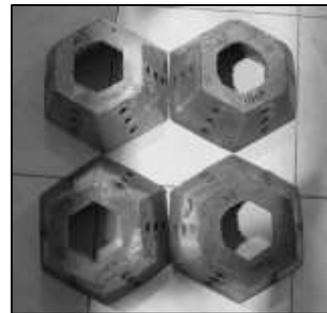
Submerged breakwater memiliki kemampuan meredam energi gelombang dengan mengubah karakteristik gelombang datang serta pola aliran setelah mengenai struktur dengan membentuk aliran *high-frequency turbulence* dan *low-frequency waves* (Hamm & Peronnard, 1997). Aliran turbulen tersebut dapat menyebabkan *vortex* di sekitar struktur dan dapat menyebabkan terjadinya gerusan sedimen atau *scouring* (Hughes, 2001). Peletakan struktur peredam gelombang juga memiliki pengaruh gelombang yang diharapkan di belakang struktur (Carevic et al., 2013). Hal ini mempengaruhi desain gelombang yang dapat diredam oleh struktur sehingga tidak merusak kawasan pantai. Desain gelombang datang juga mempengaruhi efektifitas struktur dalam mereduksi energi gelombang (Iwasaki & Numata, 1970). Karakteristik atau desain gelombang dapat digambarkan dalam bentuk korelasi antara tinggi gelombang dengan panjang gelombang yang disebut sebagai kecuraman gelombang (*wave steepness*) (Xia & Wan, 2017).

Dari kedua hal tersebut di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara parameter gelombang datang (*wave steepness*) dalam setiap variasi peletakan struktur dengan nilai koefisien transmisi (K_t). Dengan memperhatikan nilai koefisien transmisi (K_t) yang dihasilkan akan dikorelasikan dengan variasi peletakan struktur terumbu buatan bentuk heksagonal (Armono & Wirayuhanto, 2018).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian dengan menggunakan *Flume tank* yang memiliki konfigurasi penelitian serupa dengan yang

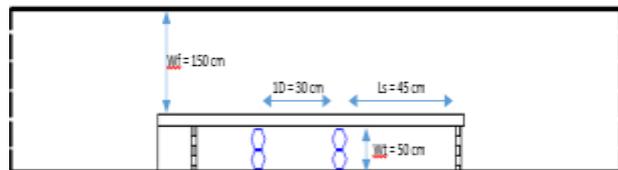
dilakukan oleh (Armono & Wirayuhanto, 2018). Model merupakan purwarupa dengan skala 1:10 dengan tinggi 10 cm dengan lebar kaki struktur sisi datar sebesar 25 cm dan 30 cm untuk sisi lancip. Struktur memiliki lebar puncak sebesar 18.5 cm. Jenis gelombang yang digunakan dalam pengujian ini adalah gelombang reguler dengan periode gelombang 1 detik dan 2 detik dengan tinggi gelombang 0,1 m dan 0,2 m. Dari kombinasi tersebut, nilai H/gT^2 yang terbentuk memiliki rentang nilai antara 0,0007 – 0,006. Nilai H/gT^2 tersebut memiliki kesesuaian dengan karakteristik perairan di kawasan Indonesia (Akhwady et al., 2012). Variasi peletakan struktur dilakukan untuk gap struktur dengan jarak 0D dan 1D.



Gambar 1. Struktur Terumbu Karang Buatan Bentuk Heksagonal (*Hexareef*)



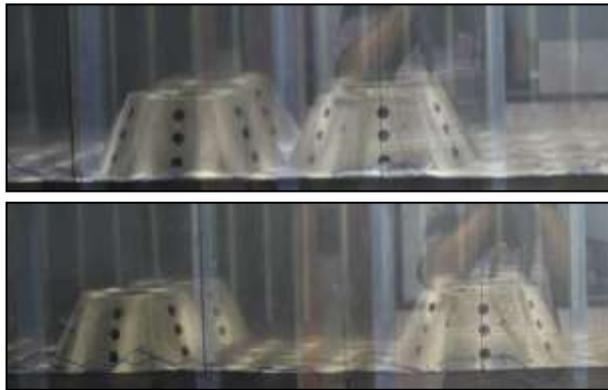
Gambar 2. Sketsa Pengujian di Kolam Uji – Tampak Samping



Gambar 3. Sketsa Pengujian Di Kolam Uji – Tampak Atas

Dasar kolam uji disesuaikan seperti pada rencana lokasi pemasangan struktur. Dasar kolam sebagai pondasi struktur *Hexareef* menggunakan material pasir laut dengan ukuran diameter (d_{50}) sebesar 0.28 mm dengan massa jenis 2650 kg/m^3 . Tebal lapisan pasir yang digunakan dalam pengujian ini sebesar 35 cm. Pengujian model fisik dilakukan di kolam gelombang (*Flume Tank*) yang berada di

Laboratorium Energi Laut Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Pengujian dilakukan selama 600 detik untuk setiap variasi jarak gap dan karakteristik gelombang.



Gambar 4. Peletakan Model Terumbu Buatan di dalam Wave Flume Untuk Variasi Gap 0D dan 1D

Tabel 1. Parameter Gelombang dalam Pengujian

No	Uji ke -	Jenis gelombang	Jarak gap	Hi [m]	Ti [detik]
1	1	Reguler	0D	0.1	2
2	2			0.2	2
3	3			0.1	1
4	4			0.2	1
5	5		1D	0.1	2
6	6			0.2	2
7	7			0.1	1
8	8			0.2	1

Pencatatan data gelombang dilakukan dengan menganalisa nilai fluktuasi tegangan pada wave probe yang di letakkan di bagian depan dan belakang struktur. Nilai fluktuasi tersebut di korelasikan dengan hasil kalibrasi yang dilakukan di awal pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Gelombang

Data gelombang yang diperoleh dari hasil pengujian merupakan hasil bacaan dari wave probe yang merekam data fluktuasi muka air pada flume tank berupa fluktuasi tegangan wave probe. Data tegangan wave probe dan data kalibrasi probe kemudian di analisa dengan menggunakan software WareLab. Dari analisa tersebut akan diperoleh nilai tinggi gelombang signifikan (Hs) dan Periode puncak gelombang (Tp). Pada gelombang reguler, tinggi gelombang signifikan

(Hs) adalah sama dengan nilai tinggi gelombang rata-rata (Havg). Nilai pembacaan gelombang yang digunakan dalam analisa adalah probe Ch₁ untuk pembacaan gelombang di depan struktur dan Ch₂ untuk pembacaan gelombang di belakang struktur.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Tinggi dan Periode Gelombang

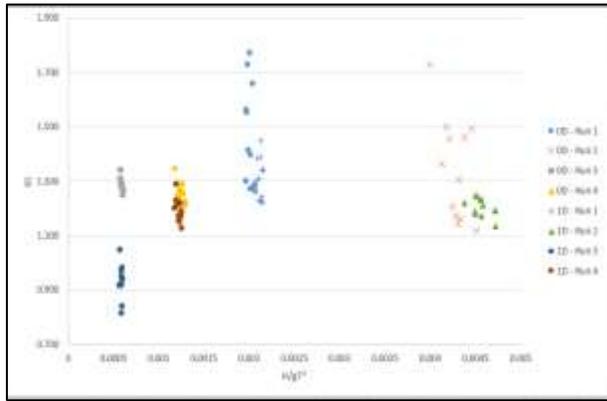
Percobaan ke -	Jenis Gelombang	Jarak Gap	Ch1 (depan)		Ch2 (belakang)	
			Hs [m]	T [dtk]	Hs [m]	T [dtk]
1	Reguler	0D	0.114	4	0.111	4
2			0.173	4	0.218	4
3			0.083	2	0.121	2
4			0.172	2	0.231	2
5		1D	0.113	4	0.105	4
6			0.182	4	0.217	4
7			0.097	2	0.127	2
8			0.195	2	0.235	2

Perhitungan nilai Koefisien Transmisi (Kt)

Data gelombang pada Ch₁ dan Ch₂ digunakan untuk menghitung nilai koefisien transmisi (Kt) untuk setiap variasi gap struktur. Koefisien transmisi (Kt) diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$Kt = \frac{Ht}{Hi} \tag{1}$$

Dengan nilai Ht merupakan nilai tinggi gelombang yang dibelakang struktur atau yang ditransmisikan, sedangkan nilai Hi adalah tinggi gelombang datang yang tercatat di bagian depan struktur. Dalam pengujian dan penelitian ini akan dikorelasikan dengan nilai kecuraman gelombang atau wave steepness. Wave steepness merupakan korelasi antara nilai tinggi gelombang (H) dengan periode gelombang (T) yang dipengaruhi gravitasi (g) (Wirayuhanto & Armono, 2021). Wave steepness dapat disebut juga sebagai perbandingan antara tinggi (H) dengan panjang gelombang datang (λ). Hasil analisa untuk korelasi nilai Kt dengan wave steepness akan dikategorikan menjadi dua kelompok, yaitu untuk struktur dengan gap 0D dan struktur dengan gap 1D.



Gambar 5. Grafik Korelasi Antara Wave Steepness dengan Koefisien Transmisi (Kt) untuk Tiap Konfigurasi

Pada gambar 5 menunjukkan grafik korelasi antara nilai Kt dengan H/gT^2 untuk setiap variasi pengujian struktur. Pada tren penyebaran data menunjukkan bahwa secara dominan lebih besar nilai Kt pada hasil pengujian akibat struktur dengan jarak gap 0D. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan peredaman energi gelombang oleh struktur dengan gap 0D lebih rendah dibandingkan dengan struktur untuk gap 1D. Hal ini disebabkan karena lebar puncak efektif dari struktur yang lebih pendek sehingga perubahan profil panjang gelombang yang memendek akibat proses shoaling karena menurunnya *freeboard* akibat adanya struktur menjadi *run-up* dengan peningkatan tinggi gelombang tidak tercapai (Carevic et al., 2013).

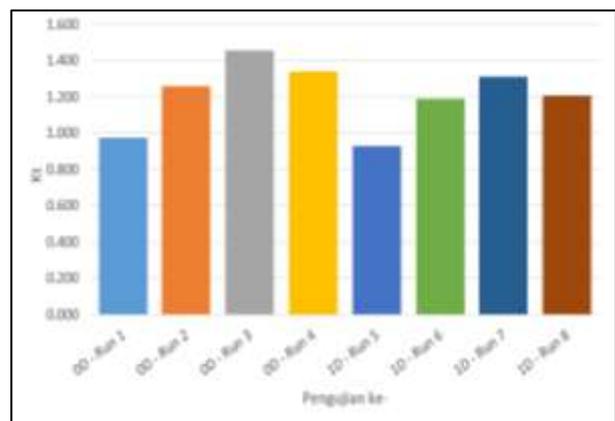
Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Kt untuk tiap Konfigurasi

Pengujian ke -	Havg (m)	T (detik)	H/gT^2	Kt	Jarak Gap	H/gT^2	Kt	persentase redaman (%)
1	0.111	4	0.000707	0.974	0D	0.00277	1.259	125.64
2	0.215	4	0.001389	1.260				
3	0.121	2	0.003084	1.458				
4	0.231	2	0.005887	1.343				
5	0.105	4	0.000669	0.929	1D	0.00282	1.159	116.52
6	0.217	4	0.001382	1.192				
7	0.127	2	0.003236	1.309				
8	0.235	2	0.005989	1.203				

Bentuk susunan struktur juga dapat menyebabkan amplifikasi gelombang ketika berpropagasi melalui *submerged structure* (Beji & Battjes, 1993). Hal ini juga terlihat dalam pengujian yang dilakukan untuk struktur dengan gap 0D dan 1D, pada pengujian dengan jenis gelombang dengan nilai H/gT^2 tinggi, menghasilkan nilai Kt yang lebih dari 1. Seperti pada pengujian yang dilakukan (Iwasaki & Numata, 1970), nilai tersebut menunjukkan bahwa gelombang yang terbentuk di belakang struktur lebih tinggi dibandingkan

gelombang datang akibat proses amplifikasi saat shoaling terjadi. Untuk keseluruhan data pengujian dan dilakukan analisa per kategori jarak gap struktur dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari pengolahan data pengujian yang dilakukan, pengujian dengan konfigurasi gap 0D menghasilkan nilai Kt yang lebih besar dibandingkan pada konfigurasi gap 1D. Nilai Kt untuk gap 0D sebesar 1,259 dan untuk gap 1D sebesar 1,159. Secara keseluruhan, rata-rata nilai Kt pada pengujian dengan menggunakan gelombang reguler menghasilkan nilai Kt yang lebih dari 1, sehingga gelombang di belakang struktur teramplifikasi lebih besar dibandingkan di depan struktur. Jika dibandingkan, nilai Kt pada pengujian struktur dengan gap 1D lebih kecil dengan meminimalisir amplifikasi gelombang di belakang struktur. Hal ini terlihat dari persentase redaman untuk gap 1D sebesar 116,52% yang lebih kecil dibandingkan persentase redaman pada gap 0D sebesar 125,64%. Dari data tersebut dapat disimpulkan peredaman gelombang cukup efektif terjadi pada struktur dengan gap 1D dibandingkan pada struktur 0D walaupun secara rata-rata mengalami amplifikasi gelombang di belakang struktur. Untuk struktur dengan tinggi 1 lapis memiliki kemampuan peredaman yang cukup baik untuk jenis gelombang dengan H/gT^2 rendah. Untuk gelombang dengan H/gT^2 tinggi, struktur akan cenderung mengaplifikasi tinggi gelombang datang.

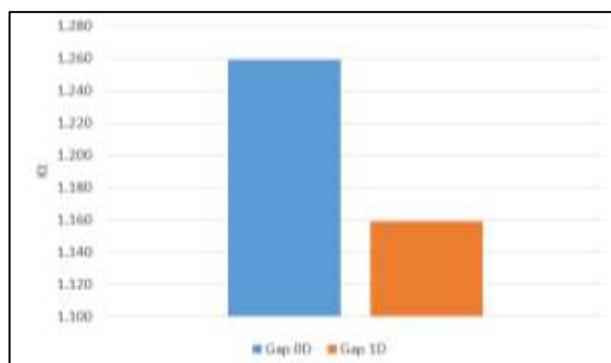


Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Kt Setiap Pengujian dengan Variasi Peletakan Struktur

Terlihat dalam gambar diatas, grafik tersebut menunjukkan nilai Kt yang dihasilkan setiap pengujian dengan variasi peletakan struktur dan gelombang. Pengujian yang dilakukan baik pada

struktur dengan gap 0D atau 1D pada gelombang dengan nilai H/gT^2 rendah memiliki kemampuan peredaman gelombang yang baik. Hal ini terlihat pada nilai K_t yang berada di bawah 1. Pengujian dilakukan dengan variasi nilai H/gT^2 besar akan terjadi peningkatan tinggi gelombang di belakang struktur. Hal ini sesuai dengan hasil korelasi beberapa penelitian untuk struktur terendam (Akhwady et al., 2012; H. D. Armono & Hall, 2003; van der Meer & Daemen, 1994; Wirayuhanto, 2019; Seelig, 1980; Yuniardo, 2008).

Pengaruh besar kecilnya nilai K_t pada pengujian ini didominasi dikarenakan adanya gap susunan struktur. Struktur menyebabkan timbulnya gesekan *orbital velocity* gelombang terhadap lebar puncak efektif struktur. Gesekan partikel fluida dominan terjadi terhadap struktur terendam. Hal tersebut menyebabkan penurunan kecepatan orbital gelombang sehingga energi gelombang tereduksi dan menyebabkan penurunan ketinggian gelombang (Bleck, 2003). Amplifikasi tinggi gelombang pada beberapa variasi gelombang dengan nilai H/gT^2 dipengaruhi juga akibat struktur yang tidak mempengaruhi kecepatan orbital gelombang yang memiliki panjang gelombang yang besar. Sehingga struktur tidak dapat memberikan pengaruh gaya gesekan untuk pengurangan energi gelombang.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai K_t untuk Pengujian dengan Jarak Gap 0D dan 1D

Perbandingan pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui keterkaitan antara gap struktur dengan nilai K_t dapat dilihat pada grafik dibawah ini. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa nilai K_t yang dihasilkan pada pengujian struktur 0D memiliki nilai K_t yang lebih besar dibandingkan pada pengujian dengan struktur 1D. Dengan nilai K_t pada kedua pengujian lebih dari 1 yang menunjukkan gelombang transmisi lebih besar dibandingkan gelombang datang, struktur dengan gap 1D mampu sedikit mereduksi pengaruh

amplifikasi gelombang terbentuk di belakang struktur. Struktur dengan gap 1D memiliki kemampuan peredaman 8.6% lebih baik dibandingkan struktur dengan gap 0D untuk gelombang reguler. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Wirayuhanto & Armono, 2021), pada pengujian gelombang ireguler diperoleh struktur dengan gap 1D memiliki kemampuan peredaman yang lebih baik sebesar 11% dibandingkan struktur dengan gap 0D.

KESIMPULAN

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antara nilai koefisien transmisi (K_t) dengan *wave steepness* akibat pengaruh variasi peletakan struktur dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai K_t lebih besar pada hasil pengujian dengan seluruh variasi gelombang pada struktur dengan gap 0D dibandingkan pada struktur 1D yang memiliki nilai K_t lebih rendah. Pada jenis gelombang dengan nilai H/gT^2 rendah dihasilkan nilai K_t yang rendah, berlaku sebaliknya pada jenis gelombang dengan nilai H/gT^2 tinggi dihasilkan nilai K_t yang tinggi. Struktur dengan gap 1D memiliki kemampuan 8.6% lebih baik dalam mereduksi gelombang dibandingkan struktur dengan gap 0D.
2. Dengan nilai H/gT^2 rendah, baik pada struktur 0D dan 1D mampu meredam energi gelombang datang dengan ditunjukkan nilai K_t yang lebih kecil dari 1. Ditunjukkan untuk nilai $H/gT^2 < 0.0008$, nilai K_t yang dihasilkan oleh struktur 0D sebesar 0.974 dan struktur 1D sebesar 0.929. Amplifikasi gelombang transmisi terjadi pada jenis gelombang uji dengan nilai H/gT^2 tinggi baik di struktur dengan gap 0D maupun 1D.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhwady, R., Mukhtasor, Armono, H. D., & Musta'in, M. (2012). (Bottle Reef TM) Sebagai Submerged Breakwater Terhadap Kinerja Peredaman Gelombang. *Ilmu Kelautan*, 17(2), 74–80.
- Armono, H. D., & Hall, K. R. (2003). Wave transmission on submerged breakwaters made of hollow hemispherical shape artificial reefs. *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*, 2003(January 2003), 313–322.

- Armono, Haryo Dwito. (2004). Artificial Reefs as Shoreline Protection Structures. *Seminar Teori Dan Aplikasi Teknologi Kelautan IV*, (iii), 1–14.
- Beji, S., & Battjes, J. A. (1993). Experimental investigation of wave propagation over a bar. *Coastal Engineering*, 19(1–2), 151–162. [https://doi.org/10.1016/0378-3839\(93\)90022-Z](https://doi.org/10.1016/0378-3839(93)90022-Z)
- Bleck, M. (2003). *Hydraulic Performance of Artificial Reefs Exemplarily for a Rectangular Structure*. (November 2003). Retrieved from <http://www.biblio.tu-bs.de>
- Carevic, D., Loncar, G., & Prsic, M. (2013). Wave parameters after smooth submerged breakwater. *Coastal Engineering*, 79, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.04.004>
- Dwito Armono, H., & Wirayuhanto, H. (2018). Experimental study of scouring characteristic around hexagonal artificial reef. *MATEC Web of Conferences*, 177, 1–10. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817701009>
- Hamm, L., & Peronnard, C. (1997). Wave parameters in the nearshore: A clarification. *Coastal Engineering*, 32(2–3), 119–135. [https://doi.org/10.1016/S0378-3839\(97\)81746-2](https://doi.org/10.1016/S0378-3839(97)81746-2)
- Iwasaki, T., & Numata, A. (1970). Experimental Studies on Wave Transmission of a Permeable Breakwater Constructed by Artificial Blocks. *Coastal Engineering in Japan*, 13(1), 25–29. <https://doi.org/10.1080/05785634.1970.11924107>
- Rathnayaka, R. M. D. B., Rathnayaka, R. M. J. R., & Pathirana, K. P. P. (2016). Experimental Investigation of Transmission Coefficient of Reef Breakwaters. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 49(1), 31. <https://doi.org/10.4038/engineer.v49i1.6916>
- Ridwan, A., Armono, H. D., Rahmawati, S., & Tuswan, T. (2021). Transmission Coefficient Analysis of Notched Shape Floating Breakwater Using Volume of Fluid Method: A Numerical Study. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 18(1), 41–50. <https://doi.org/10.14710/kapal.v18i1.34964>
- van der Meer, J. W., & Daemen, I. F. R. (1994). Stability and Wave Transmission at Low-Crested Rubble-Mound Structures. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 120(1), 1–19. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-950X\(1994\)120:1\(1\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-950X(1994)120:1(1))
- Wirayuhanto, H., & Armono, H. D. (2021). Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Heksagonal pada Kemampuan Peredaman Gelombang. *Rekayasa*, 14(1), 106–113. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10042>
- Xia, K., & Wan, D. (2017). The effect of Wave Steepness on Wave Breaking Properties over Submerged Reef. *Proceedings, the 8th International Conference on Computational Methods*, 952–961.