

Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Heksagonal pada Kemampuan Peredaman Gelombang

Harish Wirayuhanto^{1*}, Haryo Dwito Armono²

¹Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Maritim Raja Ali Haji
Jl. Politeknik KM. 24 Senggarang Kota Tanjung Pinang 29115 Kepulauan Riau

²Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Raya Kampus ITS Sukolilo 60111 Kota Surabaya

*hwirayuhanto@umrah.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10042>

ABSTRACT

An artificial reef is a structure that is placed underwater and functions as a natural coral reef. Apart from being an artificial reef, the function of artificial reefs is also as a submerged breakwater. As a breakwater, it is necessary to know the level of effectiveness in reducing waves and the impact of scouring arising from the laying of artificial reef structures. This research was conducted to determine the correlation between the ability of wave attenuation to the depth of scouring due to variations in laying (structure gap distance) and variations in waves on artificial reefs in hexagonal shape with a scale model of 1:10. From the results of research conducted at the Marine Energy Laboratory of the Department of Marine Engineering, FTK ITS obtained, for laying structures with a gap of 1D, they have better wave attenuation capabilities with a small maximum scouring depth, namely with a Kt value of 0.844 and a scouring depth of 3 cm. For the laying of the structure with a distance of 0D, it has a greater value of transmission coefficient (Kt), which is 0.911 with a greater value of the maximum scouring depth, which is 3.5 cm.

Keyword: artificial reef, submerged breakwater, transmission coefficient, hexagonal, scouring

PENDAHULUAN

Terumbu karang adalah salah satu bagian dari ekosistem bawah laut yang memiliki keanekaragaman yang bermacam-macam dan cukup kompleks. Terumbu karang mendukung hampir ¼ dari semua kehidupan di laut, termasuk sekitar 800 jenis spesies karang pembentuk terumbu (Guntur *et al.*, 2018). Terumbu karang memiliki empat fungsi utama yaitu sebagai salah satu sumberdaya alam hayati, sebagai pendukung kehidupan ekosistem lautan, sebagai salah satu sektor pariwisata, dan pelindung kawasan pesisir dari kemungkinan bencana alam. Kegiatan eksploitasi ekosistem yang sering dilakukan saat ini menunjukkan kerusakan yang tidak hanya mengancam keberadaan terumbu karang, tetapi dampak lain dari keberadaannya ekosistem terumbu karang. Hilangnya fungsi utama dari terumbu karang sebagai tempat tinggal biota laut, namun

juga hilangnya fungsi fisik dari terumbu karang seperti untuk meredam gelombang datang dan mencegah intrusi air laut (Nikijuluw *et al.*, 2013).

Kerusakan terumbu karang berdampak pada kehidupan berbagai organisme laut, terutama di perairan tropis, dan berdampak pada berkurangnya hasil laut. Terumbu karang perlu direstorasi untuk mengembalikan fungsi dan kegunaannya. Salah satu upaya untuk mengembalikan terumbu karang ke keadaan semula adalah melalui transplantasi karang dan penggunaan teknologi terumbu karang buatan. Terumbu karang buatan adalah benda atau bangunan yang diletakkan di dasar perairan yang memiliki karakteristik yang sama dengan terumbu karang alami (Supriyono, 2019). Struktur bangunan digunakan sebagai tempat berteduh bagi hewan laut, dan pemecah gelombang yang tergenang dapat mengurangi energi gelombang datang sebelum mencapai

Article History:

Received: January 24th 2021; **Accepted:** March, 8th 2021

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

Cite this as:

Wirayuhanto, H & Armono, H.D. (2021). Pengaruh Konfigurasi Terumbu Karang Buatan Bentuk Hexagonal pada Kemampuan Peredaman Gelombang. *Rekayasa* 14 (1). 106-113.

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10042>

© 2021 Harish Wirayuhanto, Haryo Dwito Armono

pantai (Armono, 2004). Beberapa jenis terumbu buatan telah dikembangkan antara lain *Aquia Reef*, *Turtle Reef*, *Reef Ball*, *Ultra Ball*, *Bay Ball*, *Square Reef* dan *Bottle Reef*. Dari model tersebut kemudian dikembangkan lagi menjadi penampang heksagonal atau heksagonal atau bentuk baru yang dapat disebut dengan *Heksareef*.

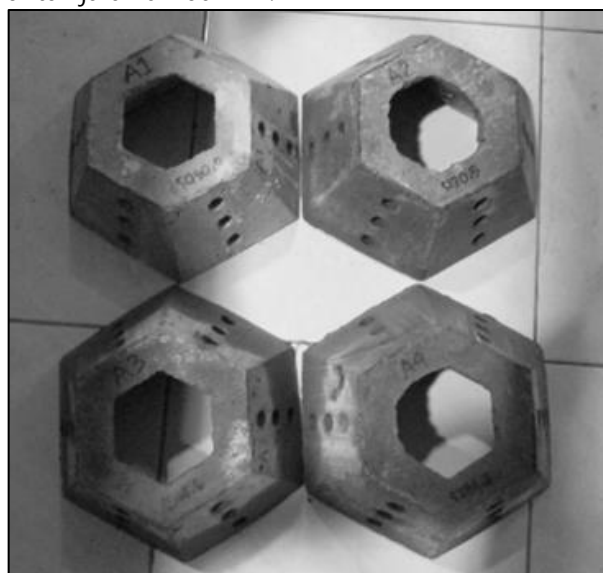
Terumbu buatan yang memiliki fungsi sebagai *submerged breakwater* memiliki kelebihan dapat memberikan pandangan estetika kawasan pantai yang lebih baik (Harris, 1995; Zulkarnain & Anwar, 2017) dan lingkungan dibandingkan dengan jenis struktur pemecah gelombang lainnya. Terumbu karang buatan dapat mereduksi dan mengubah pola arus yang terjadi di kawasan pesisir pantai, sehingga dapat mengurangi laju *longshore current* dan *sand transport*. Pengurangan kecepatan tersebut dapat menyebabkan peningkatan sedimentasi di kawasan pantai (Harris, 2009). Struktur terumbu karang mampu mereduksi tinggi dan energi gelombang datang yang akan mengenai kawasan pesisir pantai. Beberapa jenis struktur pelindung pantai yang memiliki rongga struktur mereduksi gelombang datang dengan merefleksi gelombang melalui kerapatan rongga-rongganya (Lee *et al.*, 2003). Dengan karakteristik struktur yang berongga, struktur terumbu buatan juga telah teruji dalam aplikasi dilapangan yang berhasil menurunkan energi gelombang dan mengalirkan gelombang melalui celah-celah terumbu dan rongganya (Sankarbabu *et al.*, 2008). Namun di sisi lain, *submerged breakwater* memiliki karakteristik masih dapat dilalui gelombang *overtopping* dan hanya mengurangi beberapa persen energi gelombang datang yang mengenai pantai (Bleck, 2003). Kemampuan peredaman gelombang oleh struktur juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah konfigurasi struktur (Armono & Wirayuhanto, 2018).

Submerged breakwater, dalam hal ini *Hexareef* dan jenis struktur yang lain apabila diletakkan pada lingkungan laut yang memiliki aliran air dinamis, akan menyebabkan perubahan medan aliran air akibat rongga-rongga strukturnya, sehingga membentuk aliran vortex disekitar struktur yang menyebabkan *scouring* (Hughes, 2001; Young & Testik, 2009). Apabila struktur mengalami *scouring* secara terus menerus, lapisan sedimen dasar akan tergerus dan kekuatan pondasi terganggu dan menyebabkan kegagalan

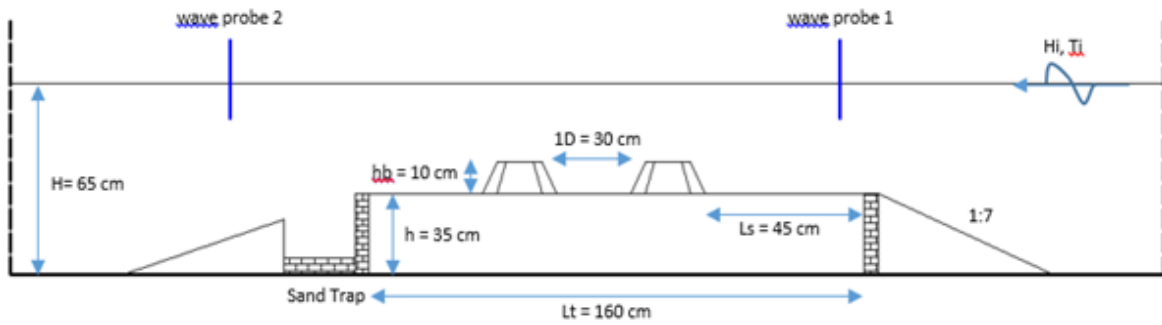
struktur. Kegagalan struktur meliputi *overturning*, *settling*, *sliding*, dan mode kegagalan struktur lain untuk *submerged breakwater* (Pratikno, 2015; Young & Testik, 2009). Dari kedua hal tersebut diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan untuk mengetahui efek dari jarak gap peletakan struktur dengan nilai koefisien transmisi. Nilai koefisien transmisi ini akan dikorelasikan terhadap kedalaman *scouring* yang terjadi di sekitar terumbu karang buatan bentuk heksagonal. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang telah dilakukan mengenai karakteristik *scouring* akibat pengaruh konfigurasi jarak gap struktur bentuk heksagonal (Armono & Wirayuhanto, 2018).

METODE PENELITIAN

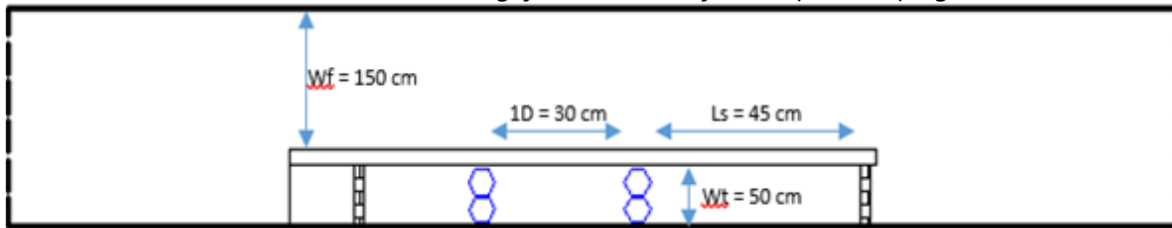
Pengujian ini serupa dengan pengujian yang dilakukan oleh Armono & Wirayuhanto (2018) dalam penelitiannya mengenai karakteristik *scouring* di sekitar terumbu buatan bentuk heksagonal. Model memiliki tinggi sebesar 10 cm dengan lebar kaki sebesar 25 cm (sisi datar) dan 30 cm (sisi lancip) serta lebar puncak sebesar 18,5 cm. Model merupakan purwarupa struktur asli dengan perbandingan 1:10. Untuk variasi dalam pengujian ini dilakukan untuk gelombang ireguler dengan spektrum JONSWAP serta jarak gap antar struktur. Variasi untuk gelombang dilakukan dengan periode gelombang 1 detik untuk ketinggian gelombang 0.03 meter, 0.05 meter, dan 0.07 meter. Variasi jarak gap antar struktur dilakukan hanya untuk jarak 0D dan 1D.



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

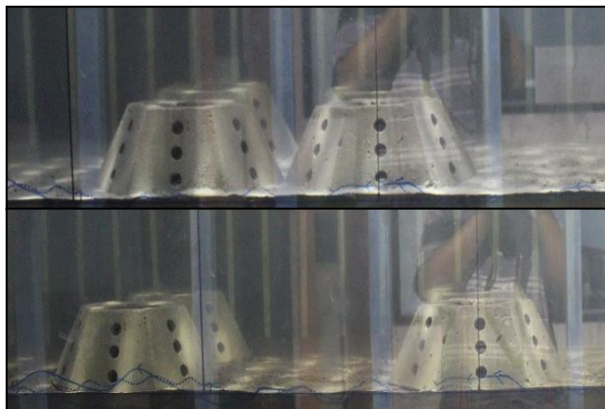


Gambar 2. Sketsa Pengujian di Kolam Uji – Tampak Samping



Gambar 2. Sketsa Pengujian di Kolam Uji – Tampak Atas

Persiapan material uji juga dilakukan untuk material pasir sebagai pondasi model struktur heksagonal ini. Percobaan ini menggunakan jenis pasir laut dengan ukuran diameter (d_{50}) sebesar 0,28 mm dengan massa jenis 2650 kg/m^3 . Lapisan sedimen uji yang digunakan setebal 35 cm. Pengujian model fisik dilakukan di kolam gelombang (*flume tank*) pada Laboratorium Energi Laut Departemen Teknik Kelautan FTK ITS. Pengujian dilakukan untuk variasi jarak gap struktur serta variasi tinggi gelombang.



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

Peletakan struktur divariasi sebanyak 2 (dua) jenis, yaitu struktur tanpa jarak atau berjajar dan struktur dengan jarak sebesar 1 struktur. Variasi peletakan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh gap antar struktur terhadap peredaman gelombang dan *scouring* yang terjadi. Untuk gelombang parameter pengujian yang dilakukan

dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini. Sebanyak 3 (tiga) jenis gelombang yang digunakan pengujian dengan rentang nilai H/gT^2 antara 0.003 hingga 0.007.

Tabel 1. Parameter Gelombang dalam pengujian

| Uji ke | Jenis gelombang | Jarak gap | Hi [m] | Ti detik | H/gT^2 |
|--------|--------------------|-----------|--------|----------|----------|
| 1 | Ireguler (JONSWAP) | 0D | 0.03 | 1 | 0.003 |
| 2 | | | 0.05 | 1 | 0.005 |
| 3 | | | 0.07 | 1 | 0.007 |
| 4 | | 1D | 0.03 | 1 | 0.003 |
| 5 | | | 0.05 | 1 | 0.005 |
| 6 | | | 0.07 | 1 | 0.007 |

Pengujian dilakukan untuk model dua baris dengan variasi jarak antar struktur (gap). Pengujian dilakukan selama 60 menit hingga tidak terjadi penambahan kedalaman *scouring*. Pencatatan data dilakukan untuk nilai besar kedalaman *scouring* setiap interval 5 menit di depan dan belakang struktur dan pencatatan kedalaman untuk keseluruhan kolam uji dalam interval 20 menit. Pengambilan data gelombang dilakukan dengan menggunakan *wave probe* dengan interval 5 menit selama 60 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pembacaan *wave probe* berupa data fluktuasi tegangan *wave probe* selanjutnya diolah dengan menggunakan bantuan software *WareLab* untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode puncak gelombang (T_p). Nilai pembacaan gelombang yang digunakan

dalam analisa yaitu dari hasil Ch1, yaitu pembacaan pada *wave probe* bagian depan struktur. Hasil pembacaan tinggi dan periode gelombang setelah diolah dengan menggunakan *Warelab* untuk setiap pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pembacaan Tinggi dan Periode Gelombang (Percobaan 1-6, Irregular Jonswap)

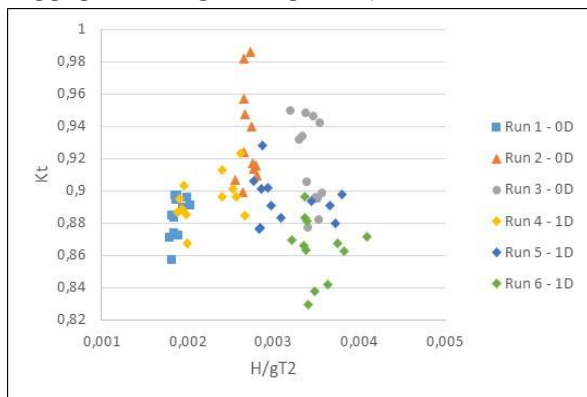
| Jarak Gap | Ch1 (depan) | | Ch2 (belakang) | |
|-----------|-------------|-----------|----------------|-----------|
| | Hm [cm] | T [detik] | Hm [cm] | T [detik] |
| 0D | 10.005 | 2.112 | 8.442 | 2.187 |
| | 13.57 | 2.162 | 12.652 | 2.184 |
| | 17.884 | 2.191 | 16.38 | 2.207 |
| 1D | 9.867 | 2.121 | 8.829 | 2.018 |
| | 14.666 | 2.169 | 13.104 | 2.068 |
| | 17.913 | 2.173 | 15.417 | 2.119 |

Perhitungan Nilai Koefisien Transmisi

Berdasarkan hasil pengolahan data gelombang di atas, maka dapat dilakukan perhitungan nilai koefisien transmisi (Kt) untuk setiap pengujian. Koefisien transmisi (Kt) diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan persamaan seperti persamaan di bawah ini.

$$Kt = \frac{Ht}{Hi} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan nilai Ht merupakan tinggi gelombang yang ditransmisikan, sedangkan nilai Hi adalah tinggi gelombang datang di depan struktur.



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

Pada penelitian ini, nilai Kt akan dikorelasikan dengan salah satu parameter non-dimensional yaitu kecuraman gelombang (*wave steepness*), dimana merupakan hubungan antara nilai tinggi gelombang dengan periode gelombang yang dipengaruhi gaya gravitasi. Hasil perhitungan berupa nilai koefisien transmisi akan di kategorikan

menjadi 2 kelompok yaitu nilai Kt akibat konfigurasi struktur dengan jarak gap 0D dan untuk konfigurasi struktur dengan jarak gap 1D.

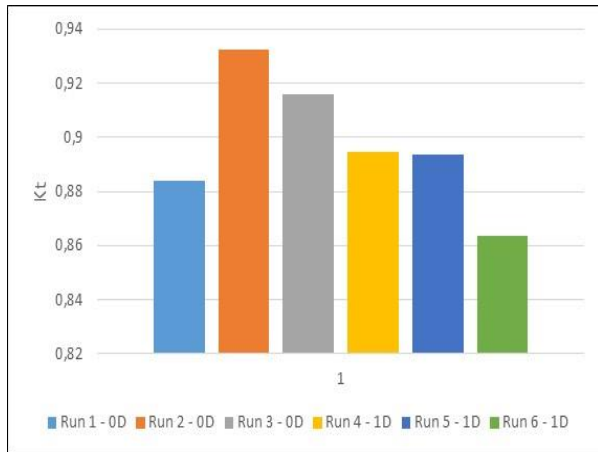
Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai koefisien transmisi secara umum lebih besar terjadi pada pengujian struktur dengan jarak gap 0D. Terlihat pada tren penyebaran data yang secara dominan lebih besar pada hasil pengujian akibat struktur dengan jarak gap 0D. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan peredaman struktur dengan jarak gap 0D lebih rendah dibandingkan dengan struktur untuk jarak gap 1D. Untuk struktur dengan jarak gap 1D, memiliki nilai koefisien terendah pada pengujian ke-6. Keseluruhan data diolah kembali dan dilakukan analisa per kategori, dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Kt untuk tiap Konfigurasi

| Pengujian ke - | Hs [cm] | Tp [detik] | H/gT ² | Kt | Jarak Gap | H/gT ² | Kt | persentase redaman (%) |
|----------------|---------|------------|-------------------|---------|-----------|-------------------|-------|------------------------|
| 1 | 10.005 | 2.112 | 0.00188 | 0.88374 | 0D | 0.00267 | 0.911 | 8.9 |
| 2 | 13.57 | 2.162 | 0.00271 | 0.93236 | | | | |
| 3 | 17.884 | 2.191 | 0.00343 | 0.91590 | | | | |
| 4 | 9.867 | 2.121 | 0.00221 | 0.89479 | 1D | 0.00295 | 0.884 | 11.6 |
| 5 | 14.666 | 2.169 | 0.00312 | 0.89350 | | | | |
| 6 | 17.913 | 2.173 | 0.00351 | 0.86368 | | | | |

Dari pengolahan data di atas, dapat terlihat bahwa untuk konfigurasi jarak gap 0D, memiliki nilai Kt yang lebih besar dibandingkan dengan konfigurasi jarak gap 1D. Nilai Kt untuk jarak gap 0D sebesar 0.911. Hal ini menyatakan bahwa hanya sekitar 8.9% energi gelombang yang mampu tereduksi oleh adanya struktur terumbu buatan bentuk heksagonal ini. Berbeda dengan kondisi pada konfigurasi dengan jarak gap 1D. Nilai Kt bernilai lebih kecil, yaitu sebesar 0.884. Hal ini menyatakan bahwa sebesar 11.6% energi gelombang mampu tereduksi dengan adanya struktur tersebut. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa konfigurasi 1D memiliki kemampuan reduksi energi gelombang yang lebih baik bila dibandingkan dengan konfigurasi 0D.

Nilai koefisien transmisi untuk pengujian dengan jarak gap 0D, memiliki dominasi nilai yang cukup tinggi. Nilai maksimum koefisien transmisi diperoleh pada pengujian ke 2 dengan nilai sebesar 0.93. Nilai terendah koefisien transmisi diperoleh pada pengujian ke-6 dengan nilai Kt sebesar 0.86.



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

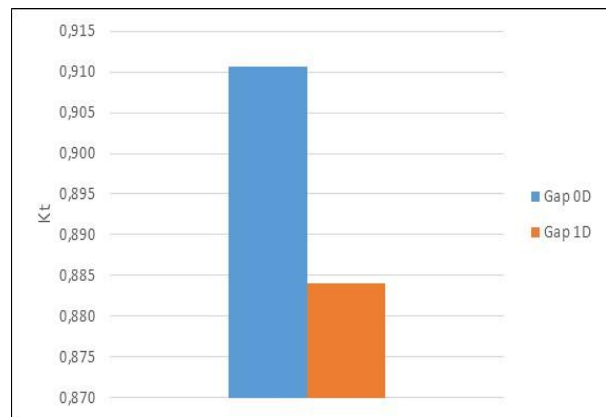
Besar kecilnya nilai Kt pada pengujian ini dikarenakan beberapa faktor, salah satunya adalah akibat adanya jarak gap antar struktur. Dengan adanya struktur ini, maka kecepatan orbital gelombang tereduksi akibat gaya gesek yang terjadi dengan struktur. Penurunan kecepatan orbital gelombang diiringi dengan kenaikan elevasi permukaan air, sehingga timbul gelombang pecah di sekitar struktur. Pecahnya gelombang mengakibatkan berkurangnya energi gelombang dan elevasi gelombang di belakang struktur. Faktor jarak gap mempengaruhi pola kecepatan orbital gelombang. Dengan adanya jarak gap maka gelombang datang yang mengenai struktur memungkinkan timbulnya gelombang pecah lebih dari satu kali. Oleh karena itu, gelombang yang timbul di belakang struktur memiliki ketinggian yang lebih kecil dibandingkan dengan gelombang datang.

Pecahnya gelombang mengakibatkan berkurangnya energi gelombang dan elevasi gelombang di belakang struktur. Faktor jarak gap mempengaruhi pola kecepatan orbital gelombang. Dengan adanya jarak gap maka gelombang datang yang mengenai struktur memungkinkan timbulnya gelombang pecah lebih dari satu kali. Oleh karena itu, gelombang yang timbul di belakang struktur memiliki ketinggian yang lebih kecil dibandingkan dengan gelombang datang.

Perbandingan hasil pengujian untuk mengetahui korelasi antara jarak gap struktur dengan nilai koefisien transmisi (Kt) juga dapat dilihat pada Gambar 7. Pada gambar berikut terlihat bahwa terjadi perbedaan nilai Kt yang cukup besar untuk konfigurasi jarak 0D dengan jarak 1D. Perbedaan nilai koefisien transmisi (Kt)

antara jarak gap 0D dengan 1D mencapai 0.11 atau sekitar 11% dari energi yang tereduksi.

Semakin besar nilai koefisien transmisi (Kt) maka semakin rendah pula kemampuan struktur dalam mereduksi energi gelombang datang. Berlaku sebaliknya, semakin kecil nilai koefisien transmisi, maka semakin baik pula kemampuan struktur dalam mereduksi gelombang. Maka dari grafik di bawah, dapat disimpulkan bahwa posisi peletakan struktur dengan jarak gap 1D memiliki kemampuan mereduksi gelombang yang lebih baik dari pada struktur dengan peletakan jarak gap 0D.



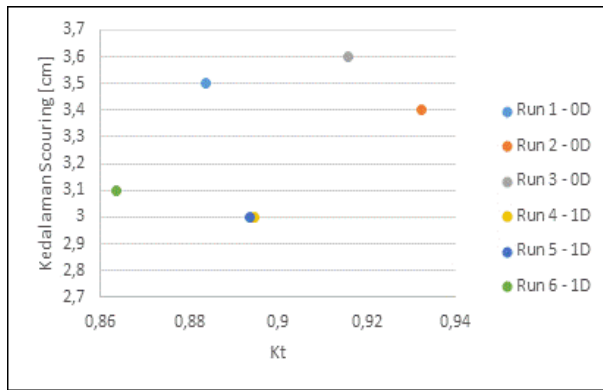
Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Kt untuk Pengujian dengan Jarak Gap 0D dan 1D

Korelasi dengan Kedalaman Scouring Maksimum

Kemampuan peredaman gelombang suatu struktur dapat berdampak pada kedalaman *scouring* maksimum di sekitar struktur. Dalam penelitian ini, akan melakukan analisa dalam mengetahui korelasi antara nilai koefisien transmisi (Kt) terhadap kedalaman *scouring* maksimum di belakang struktur *hexareef*.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kedalaman Scouring di Bagian Belakang Struktur

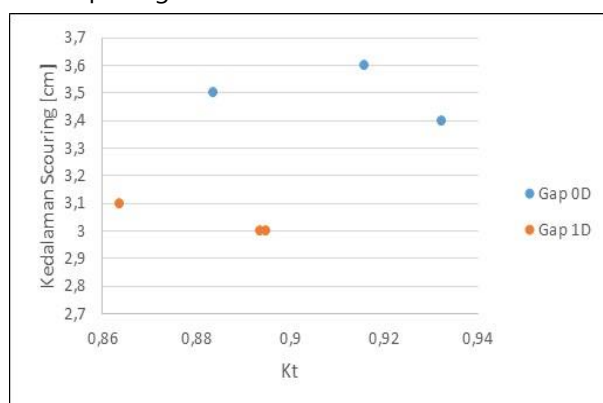
| Jenis Gelombang | Jarak Gap | Uji ke - | Kedalaman Scouring [cm] |
|-----------------|-----------|----------|-------------------------|
| Irregular | 0D | 1 | 3.5 |
| | | 2 | 3.4 |
| | | 3 | 3.6 |
| | 1D | 4 | 3 |
| | | 5 | 3.1 |
| | | 6 | 3.1 |



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Kt dengan Kedalaman Scouring Maksimum Tiap Pengujian

Dari sebaran data dalam grafik di atas terlihat bahwa untuk pengujian yang dilakukan untuk jarak gap 1D, memiliki nilai kedalaman *scouring* maksimum yang cukup rendah. Nilai terbesar kedalaman *scouring* maksimum terletak pada pengujian ke-6 dengan kedalaman 3.1 cm. Hal ini berkorelasi dengan nilai koefisien transmisi yang terjadi. Dengan nilai koefisien transmisi yang lebih kecil maka semakin kecil pula kedalaman *scouring* maksimum yang terjadi di belakang struktur.

Hal yang berbeda terjadi pada pengujian untuk struktur dengan jarak gap 0D. Sebaran data kedalaman *scouring* maksimum berada pada rentang nilai yang cukup besar. Nilai terbesar kedalaman *scouring* maksimum terletak pada pengujian ke-3 dengan nilai 3.6 cm. Secara umum, sebaran data korelasi antara kedalaman *scouring* maksimum dengan nilai koefisien transmisi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Korelasi antara Jarak Gap dengan Nilai Koefisien Transmisi Tiap Pengujian

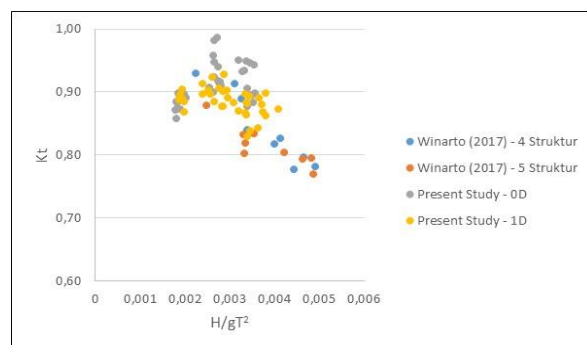
Pada grafik di atas terlihat bahwa semakin besar nilai koefisien transmisi, maka semakin besar

pula kedalaman *scouring* maksimum yang terjadi. Berlaku juga sebaliknya, semakin kecil nilai koefisien transmisi, maka semakin kecil pula kedalaman *scouring* yang terjadi. Hal ini dikarenakan ketinggian gelombang yang terbentuk di belakang struktur semakin kecil. Gelombang yang kecil memiliki energi yang kecil pula, sehingga energi yang ada tidak mampu sepenuhnya menggerakkan sedimen yang berada di belakang struktur untuk bergerak. Pergerakan sedimen dapat ditentukan dari kecepatan orbital kritis sedimen sebelum terjadi pergerakan sedimen (U_{max}) (Hales, 1980). U_{max} dapat ditentukan dengan persamaan :

$$U_{max} = \frac{\pi H}{T \sinh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan H merupakan tinggi gelombang, T adalah periode gelombang, h adalah kedalaman air, dan L adalah panjang gelombang. Berdasarkan nilai U_{max} , apabila kecepatan orbital partikel U lebih kecil dari U_{max} ($U < U_{max}$), maka sedimen tidak mengalami pergerakan. Sedangkan bila nilai U lebih besar dari U_{max} ($U > U_{max}$), maka sedimen akan mengalami pergerakan. Besar nilai U_{max} juga dapat diperoleh dengan memperhatikan korelasi antara ukuran partikel butiran sedimen dengan periode gelombang yang terbentuk (Hales, 1980).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Winarto (2017), dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan peredaman gelombang pada struktur *hexareef* akibat pengaruh lebar struktur. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin lebar struktur *hexareef*, maka semakin baik pula kemampuan dalam meredam gelombang. Bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Winarto (2017), maka diperoleh grafik sebaran data sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik Perbandingan dengan Penelitian Winarto (2017)

Berdasarkan grafik sebaran data di atas, terlihat bahwa besar nilai K_t antara penelitian yang dilakukan oleh Winarto (2017) dengan penelitian saat ini memiliki rentang nilai yang serupa. Sebaran data berada di kisaran nilai K_t antara 0.80 hingga 0.98. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan redaman struktur dengan variasi jarak gap bila dibandingkan dengan variasi lebar struktur memiliki kemampuan redaman yang terbilang sama untuk rentang nilai gelombang tertentu. Pada rentang nilai gelombang yang cukup besar ($H/gT^2 > 0.003$), kemampuan redaman terbaik diperoleh pada struktur pada pengujian yang dilakukan oleh Winarto (2015). Untuk rentang gelombang dengan nilai $0.002 < H/gT^2 < 0.004$, kemampuan redaman antara hasil uji oleh Winarto (2015) dengan penelitian saat ini memiliki kemampuan yang sama dalam meredam gelombang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari penelitian mengenai korelasi antara nilai koefisien transmisi dengan kedalaman *scouring* maksimum akibat pengaruh peletakan struktur bentuk heksagonal, dapat ditarik kesimpulan berupa :

1. Nilai koefisien transmisi lebih besar terjadi pada pengujian struktur dengan jarak gap 0D. Untuk struktur dengan jarak gap 1D, memiliki nilai koefisien terendah pada pengujian ke-6. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan peredaman struktur dengan jarak gap 0D lebih rendah dibandingkan dengan struktur untuk jarak gap 1D.
2. Kemampuan redaman struktur dengan variasi jarak gap bila dibandingkan dengan penelitian oleh Winarto (2017) memiliki kemampuan redaman yang terbilang sama untuk rentang nilai gelombang tertentu. Pada rentang nilai gelombang yang cukup besar ($H/gT^2 > 0.003$), kemampuan redaman terbaik diperoleh pada struktur pada pengujian yang dilakukan oleh Winarto (2017). Untuk rentang gelombang dengan nilai $0.002 < H/gT^2 < 0.004$, kemampuan redaman antara hasil uji oleh Winarto (2017) dengan penelitian saat ini memiliki kemampuan yang sama dalam meredam gelombang.
3. Semakin besar nilai koefisien transmisi, maka semakin besar pula kedalaman *scouring* maksimum yang terjadi. Berlaku juga sebaliknya, semakin kecil nilai koefisien

transmisi, maka semakin kecil pula kedalaman *scouring* yang terjadi. Pada jarak gap 1D, memiliki nilai kedalaman *scouring* maksimum pada pengujian ke-6 dengan kedalaman 3.1 cm dengan nilai $K_t = 0.884$. Pada jarak gap 0D. Nilai terbesar kedalaman *scouring* maksimum pada pengujian ke-3 dengan nilai 3.6 cm dengan $K_t = 0.911$.

DAFTAR PUSTAKA

- Armono, H. D. (2004). Artificial Reefs as Shoreline Protection Structures. *Seminar Teori Dan Aplikasi Teknologi Kelautan IV, iii*, 1–14.
- Bleck, M. (2003). *Hydraulic Performance of Artificial Reefs Exemplarily for a Rectangular Structure. November 2003*. <http://www.biblio.tu-bs.de>
- 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/20181770109>
- Hales, L. Z. (1980). Erosion Control of Scour During Construction. *Technical Report - US Army Engineer Waterways Experiment Station, HL-80-3*.
- Harris. (2009). Artificial reefs for ecosystem restoration and coastal erosion protection with aquaculture and recreational amenities. *Reef Journal*, 1(1), 1–12. [http://www.artificialreef.com/reefball.org/album/=\) Non-Geographic defined Photos/artificialreefscientificpapers/2006JulyLE HRBpaper.pdf](http://www.artificialreef.com/reefball.org/album/=) Non-Geographic defined Photos/artificialreefscientificpapers/2006JulyLE HRBpaper.pdf)
- Harris, L. E. (1995). Engineering design of artificial reefs. *Oceans Conference Record (IEEE)*, 1, 1139–1148. <https://doi.org/10.1109/oceans.1995.528585>
- Hughes, S. A. (2001). Design of Maritime Structures: Scour and Scour Protection. *U.S. Army, Corps of Engineers Coastal Engineering Research Centre*. <http://link.springer.com/10.1007/s40808-016-0188-5>
- Lee, C. P., Ker, W. K., & You, J. R. (2003). Wave field with a submerged porous breakwater. *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series A/Chung-Kuo Kung Ch'eng*

- Hsueh K'an, 26(3), 333–342.
<https://doi.org/10.1080/02533839.2003.9670785>
- Sankarbabu, K., Sannasiraj, S. A., & Sundar, V. (2008). Hydrodynamic performance of a dual cylindrical caisson breakwater. *Coastal Engineering*, 55(6), 431–446.
<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2007.12.007>
- Young, D. M., & Testik, F. Y. (2009). Onshore scour characteristics around submerged vertical and semicircular breakwaters. *Coastal Engineering*, 56(8), 868–875.
<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2009.04.003>
- Zulkarnain, Z., & Anwar, N. (2017). Kajian Model Fisik Pengaruh Freeboard dan Susunan Buis Beton Sebagai Pemecah Gelombang Tenggelam Ambang Rendah (Pegar) Dalam Mereduksi Gelombang. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 34.
<https://doi.org/10.35334/be.v1i2.600>